



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA
LA MAQUINARIA EN LA LÍNEA PINTURA DE LA EMPRESA
CARROCERÍAS VARMA DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

Autor: Edison Fernando Caguana Chuquiama

Tutor: Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa

AMBATO - ECUADOR

Enero - 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA LA MAQUINARIA EN LA LÍNEA PINTURA DE LA EMPRESA CARROCERÍAS VARMA DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, elaborado por el Sr. Edison Fernando Caguana Chuquiana, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804771119, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2022

Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa


C.I: 1802039485

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Edison Fernando Caguana Chuquiana, con C.I. 1804771119 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA LA MAQUINARIA EN LA LÍNEA PINTURA DE LA EMPRESA CARROCERÍAS VARMA DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, así como también los gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2022



Edison Fernando Caguana Chuquiana

C.I: 1804771119

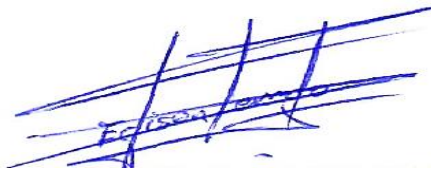
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2022



Edison Fernando Caguana Chuquiana

C.I: 1804771119

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Edison Fernando Caguana Chuquiana. de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA LA MAQUINARIA EN LA LÍNEA PINTURA DE LA EMPRESA CARROCERÍAS VARMA DE LA CIUDAD DE AMBATO”**.

Ambato, enero 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. María Belén Paredes Robalino
Miembro Calificador

Ing. Mg. Francisco Agustín Peña Jordán
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado con infinito amor a mis padres que, por medio de su trabajo arduo, valores y sabiduría, me han encaminado para poder concluir con mis estudios y convertirme en un profesional.

A mis hermanos por el apoyo incondicional el cual me ha impulsado a culminar mi carrera.

A mis amigos de carrera los cuales me permitieron compartir momentos especiales durante los días de clases.

Edison Caguana.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios por brindarme la sabiduría necesaria para el desarrollo del proyecto técnico y así culminar la carrera.

A mis padres y hermanos por el apoyo brindado a lo largo de la carrera universitaria, el cual fue mi motivación para persistir y superarme cada día.

A mi tutor Ing. Jorge Guamanquispe, por los conocimientos brindados en la realización del proyecto técnico.

Un agradecimiento especial al Ing. José Alarcón y a la empresa carrocerías Varma S.A. por permitirme desarrollar el proyecto técnico, el cual me ha proporcionado conocimientos importantes que me servirán en mi vida profesional.

Edison Caguana.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix

B. CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.3.1. Mantenimiento	5

1.3.2.	Tipos de mantenimiento	6
1.3.3.	La Ingeniería de Mantenimiento	8
1.3.4.	Plan de Mantenimiento	8
1.3.5.	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	9
1.3.6.	Las “5S” en el Mantenimiento Productivo Total (TPM)	15
1.3.7.	Implantación del TPM.....	19
1.3.8.	Análisis modal de fallos y efectos (AMFE).....	23
1.3.9.	Análisis de criticidad.....	27
1.4.	JUSTIFICACIÓN.....	30
CAPÍTULO II		32
METODOLOGÍA		32
2.1.	MATERIALES Y RECURSOS	32
2.1.1.	Recursos Humanos.....	32
2.1.2.	Recursos Institucionales.....	32
2.1.3.	Recursos Materiales	32
2.1.4.	Recursos Económicos	33
2.2.	MÉTODOS.....	33
2.2.1.	Investigación Descriptiva.....	33
2.2.2.	Investigación Bibliográfica	34
2.2.3.	Investigación de Campo.....	34
2.2.4.	Flujograma del proyecto	34
CAPÍTULO III.....		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
3.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	35

3.1.1.	Descripción de la empresa	35
3.1.2.	Flujograma de la construcción de la carrocería.....	38
3.1.3.	Descripción de los procesos de la línea de pintura	39
3.1.4.	Estructura orgánica de la empresa.....	43
3.1.5.	Inventario	44
3.1.6.	Desarrollo del mantenimiento productivo total (TPM).....	47
3.1.7.	Plan del TPM	48
3.1.8.	Mantenimiento autónomo	58
3.1.9.	Elaboración de fichas técnicas	62
3.1.10.	Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)	75
3.1.11.	Análisis de criticidad	88
3.1.12.	Gamas de mantenimiento	101
3.1.13.	Plan anual de mantenimiento preventivo	122
CAPÍTULO IV.....		134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		134
4.1.	CONCLUSIONES.....	134
4.2.	RECOMENDACIONES	135
C. MATERIALES DE REFERENCIA		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		136
ANEXOS		141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los diferentes tipos de mantenimiento. [22]	10
Tabla 2: Etapas comprendidas en cada fase de implantación del TPM. [28]	19
Tabla 3: Índice de la gravedad del modo de fallo. [31]	24
Tabla 4: Índice de frecuencia o probabilidad del modo de fallo. [31]	25
Tabla 5: Índice de la facilidad de detección del modo de fallo. [31]	26
Tabla 6: Valoración de la frecuencia de fallos en un periodo de tiempo. [32]	28
Tabla 7: Valoración del factor de impacto operacional. [32]	28
Tabla 8: Valoración del factor de flexibilidad operacional. [32]	28
Tabla 9: Valoración del factor de costes de mantenimiento. [32]	29
Tabla 10: Valoración del factor de seguridad, higiene y ambiente. [32]	29
Tabla 11: Matriz para la jerarquización. [32]	30
Tabla 12: Materiales empleados en el proyecto técnico.	32
Tabla 13: Recursos económicos.....	33
Tabla 14: Ubicación de la empresa.	35
Tabla 15: Información de la empresa.....	36
Tabla 16: Inventario de máquinas y herramientas de la línea de pintura.....	44
Tabla 17: Valores para seleccionar el equipo piloto.	49
Tabla 18: Matriz para la selección del equipo piloto.	49
Tabla 19: Elementos innecesarios.....	52
Tabla 20: Equipo de protección en la línea de pintura.....	56

Tabla 21: Materiales para la limpieza.	59
Tabla 22: Inconformidades durante la limpieza.	60
Tabla 23: Formato para el registro de actividades de lubricación.	61
Tabla 24: Modelo de ficha técnica.	62
Tabla 25: Ficha técnica del horno de pintura.	63
Tabla 26: Ficha técnica del quemador automático de gas-oil.	64
Tabla 27: Ficha técnica de la cabina de preparación de pintura.	65
Tabla 28: Ficha técnica del compresor de tornillo rotativo.	66
Tabla 29: Ficha técnica del compresor de aire de paleta rotativa.	67
Tabla 30: Ficha técnica del secador de aire comprimido.	68
Tabla 31: Ficha técnica de la lijadora orbital 3M.	69
Tabla 32: Ficha técnica de la lijadora orbital RL.	70
Tabla 33: Ficha técnica de la pulidora angular.	71
Tabla 34: Ficha técnica del soplete para pintura de acabado.	72
Tabla 35: Ficha técnica del soplete para pintura de fondo.	73
Tabla 36: Ficha técnica del soplete para calafateo.	74
Tabla 37: Índices de ponderación para el análisis AMFE.	75
Tabla 38: AMFE del horno de pintura.	76
Tabla 39: AMFE del quemador automático de gas-oil.	77
Tabla 40: AMFE de la cabina de preparación de pintura.	78
Tabla 41: AMFE del compresor de tornillo rotativo.	79

Tabla 42: AMFE del compresor de aire de paleta rotativa.	80
Tabla 43: AMFE de la secadora de aire comprimido.	81
Tabla 44: AMFE de la lijadora orbital 3M.	82
Tabla 45: AMFE de la lijadora orbital RL.	83
Tabla 46: AMFE de la pulidora angular.	84
Tabla 47: AMFE del soplete para pintura de acabado.	85
Tabla 48: AMFE del soplete para pintura de fondo.	86
Tabla 49: AMFE del soplete para calafateo.	87
Tabla 50: Valores obtenidos de IPR de las matrices AMFE.	88
Tabla 51: Análisis de criticidad del horno de pintura.	89
Tabla 52: Análisis de criticidad del quemador automático de gas-oil.	90
Tabla 53: Análisis de criticidad de la cabina de preparación de pintura.	91
Tabla 54: Análisis de criticidad del compresor de tornillo rotativo.	92
Tabla 55: Análisis de criticidad del compresor de aire de paleta rotativa.	93
Tabla 56: Análisis de criticidad del secador de aire comprimido.	94
Tabla 57: Análisis de criticidad de la lijadora orbital 3M.	95
Tabla 58: Análisis de criticidad de la lijadora orbital RL.	96
Tabla 59: Análisis de criticidad de la pulidora angular.	97
Tabla 60: Análisis de criticidad del soplete para pintura de acabado.	98
Tabla 61: Análisis de criticidad del soplete para pintura de fondo.	99
Tabla 62: Análisis de criticidad del soplete para calafateo.	100

Tabla 63: Frecuencia de acción de las gamas de mantenimiento.	101
Tabla 64: Gama de mantenimiento del horno de pintura.....	102
Tabla 65: Gama de mantenimiento del quemador automático de gas-oil.....	103
Tabla 66: Gama de mantenimiento de la cabina de preparación de pintura.	104
Tabla 67: Gama de mantenimiento del compresor de tornillo rotativo.	106
Tabla 68: Gama de mantenimiento del compresor de aire de paleta rotativa.	108
Tabla 69: Gama de mantenimiento del secador de aire comprimido.....	110
Tabla 70: Gama de mantenimiento de la lijadora orbital 3M.	112
Tabla 71: Gama de mantenimiento de la lijadora orbital RL.....	113
Tabla 72: Gama de mantenimiento de la pulidora angular.	115
Tabla 73: Gama de mantenimiento del soplete para pintura de acabado.....	117
Tabla 74: Gama de mantenimiento del soplete para pintura de fondo.....	119
Tabla 75: Gama de mantenimiento del soplete para calafateo.....	121
Tabla 76: Plan anual de mantenimiento preventivo.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de mantenimiento. [15]	6
Figura 2: Características básicas del TPM. [22]	11
Figura 3: Pilares básico del TPM. [23]	11
Figura 4: Las seis grandes pérdidas. [22]	13
Figura 5: Orden de materiales y herramientas. [26]	17
Figura 6: Limpieza de los lugares de trabajo. [27]	18
Figura 7: Flujograma del proyecto.	34
Figura 8: Fachada de la empresa.....	36
Figura 9: Productos que elaboran.	37
Figura 10: Flujograma de la construcción de las carrocerías.....	38
Figura 11: Flujograma del proceso de pintura.	39
Figura 12: Aplicación de masilla en diferentes superficies.	40
Figura 13: Carrocería lista para pintar.	40
Figura 14: Pintado y secado de la carrocería.	41
Figura 15: Pintura de partes y piezas.	41
Figura 16: Calafateo de la parte inferior de la carrocería.	42
Figura 17: Calafateo en el interior de la mascarilla.	42
Figura 18: Estructura orgánica de la empresa Varma S.A.....	43
Figura 19: Análisis FODA.....	48
Figura 20: Identificación de elementos innecesarios.....	51

Figura 21: Modelo de tarjeta roja.	53
Figura 22: Ubicación de elementos en sus lugares respectivos.	54
Figura 23: Limpieza de la sección de pintura.	54
Figura 24: Manipulación de herramientas.	55
Figura 25: Señalización de seguridad en la sección de pintura.	57
Figura 26: Salidas de emergencia.	57
Figura 27: Recipiente para la recolección de desechos comunes.	58
Figura 28: Tarjeta de inconformidades.	60
Figura 29: Carta compromiso.	142
Figura 30: Identificación de elementos innecesarios con la tarjeta roja.	143
Figura 31: Placa de identificación del compresor de tornillo rotativo.	145
Figura 32: Placa de identificación del secador de aire comprimido.	145
Figura 33: Placa de identificación, motor del compresor de aire.	145
Figura 34: Placa de identificación, motor de los ventiladores.	145
Figura 35: Placa de identificación del quemador automático.	146
Figura 36: Placa de identificación, motor del extractor.	146
Figura 37: Placa de identificación de la pulidora angular.	146
Figura 38: Placa de identificación de la lijadora orbital.	146
Figura 39: Manual de usuario del compresor de tornillo rotativo.	147
Figura 40: Manual de usuario del compresor de aire de paleta rotativa.	148
Figura 41: Manual de usuario del secador de aire.	149

Figura 42: Manual de usuario del quemador automático.	150
Figura 43: Manual de usuario de la lijadora orbital.....	151
Figura 44: Manual de usuario de la pulidora angular.	152
Figura 45: Manual de usuario del soplete para pintura.....	153
Figura 46: Manual de usuario del soplete para pintura de fondo.....	154
Figura 47: Nota técnica de prevención NTP 679.....	155

RESUMEN

El presente proyecto técnico se desarrolló con la finalidad de establecer un plan de mantenimiento preventivo, aplicando la filosofía del mantenimiento productivo total de manera que, contribuya a extender la vida útil de las máquinas y herramientas presentes en la línea de pintura.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un inventario con el propósito de conocer la codificación, cantidad y estado de funcionamiento de las máquinas y herramientas, posteriormente se aplicó la filosofía del TPM en la cual se ejecutaron actividades como la selección del equipo piloto, aplicación de las “5S” y mantenimiento autónomo; además se realizó el análisis de criticidad y con la ayuda de la nota técnica de prevención NTP 679, se procedió al análisis modal de fallos y efectos con el propósito de identificar las posibles averías y la criticidad de los componentes, mediante las gamas de mantenimiento se determinó las acciones preventivas para cada uno de ellos considerando la frecuencia de acción y tiempo de duración.

Para completar con el proyecto se realizó un plan anual de mantenimiento preventivo con la finalidad de facilitar las tareas que se organizaron de manera que sean aplicadas durante un año considerando su frecuencia y duración respectivamente.

PALABRAS CLAVES: TPM, NTP 679, AMFE, Criticidad, Mantenimiento preventivo.

ABSTRACT

This technical project was developed with the purpose of establishing a preventive maintenance plan, applying the philosophy of total productive maintenance in such a way that it contributes to extending the useful life of the machines and tools present in the painting line.

For the development of this project, an inventory was carried out in order to know the coding, quantity and operating status of the machines and tools, later the TPM philosophy was applied in which activities such as the selection of the pilot equipment, application of the "5S" and autonomous maintenance; In addition, the criticality analysis was carried out and with the help of the technical note on prevention NTP 679, a modal analysis of failures and effects was carried out in order to identify possible breakdowns and the criticality of the components, through the maintenance ranges determined the preventive actions for each one of them considering the frequency of action and duration.

To complete the project, an annual preventive maintenance plan was carried out in order to facilitate the tasks that were organized so that they are applied for a year considering their frequency and duration respectively.

KEY WORDS: TPM, NTP 679, AMFE, Criticality, Preventive maintenance.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La moderna gestión del mantenimiento ha ido incluyendo todas aquellas actividades destinadas a establecer objetivos y responsabilidades de mantenimiento buscando siempre la mejora continua para la empresa. Para una adecuada gestión del mantenimiento se tiene que fortalecer la planificación y el control en la ejecución de las actividades de mantenimiento, de manera que se reduzcan los costos globales de producción, costos de mantenimiento y tiempos improductivos [1].

La fabricación de carrocerías en el país se ha constituido como un sector estratégico para el cambio de la matriz productiva, por lo cual varias empresas se han consolidado con la finalidad de impulsar el desarrollo económico en la región. En la provincia de Tungurahua se localizan veintisiete empresas de fabricación de carrocerías que representan el 57,45% del total de empresas en el país de tal forma que, para satisfacer la gran demanda, las empresas han ido perfeccionado sus procesos productivos mediante la modernización de equipos, maquinaria, instalaciones, planes de mantenimiento e implementación de sistemas de gestión de calidad [2].

Para que una empresa se posicione en los mercados internacionales debe aplicar nuevas filosofías de trabajo que conlleven a reducir los costos de mantenimiento y posibles fallos en la maquinaria. El precursor del mantenimiento productivo total (TPM), Seiichi Nakajima manifestó que la principal innovación que se aplica en esta filosofía de trabajo es el mantenimiento básico del equipo que se realiza por el mismo operario de tal forma que se identifiquen posibles averías [3].

Uno de los beneficios del TPM se relaciona con los gastos correspondientes al mantenimiento ya que se reducen gracias a la planificación y supervisión [4]. Actualmente

gracias al TPM se puede alcanzar eficiencia total en los procesos de tal forma que la empresa incremente su productividad [5].

La incorrecta implementación del TPM puede conllevar a que se incurra en las seis grandes pérdidas que se presenta en tres puntos de vista como son los tiempos muertos causados por paro del proceso productivo, mal funcionamiento de equipos y lote de productos defectuosos. Estas seis grandes pérdidas se describen como las frecuentes averías de la maquinaria, tiempos excesivos entre lotes, paradas mínimas, baja velocidad en ejecución de los procesos, limitada calidad del producto terminado y tiempos elevados de arranque del sistema productivo [6].

La aplicación de la filosofía del TPM en Latinoamérica es relativamente nueva ya que las empresas prefieren aplicar el mantenimiento tradicional, pero existen empresas que han aplicado esta filosofía de trabajo con la finalidad de mejorar su productividad, a continuación, se detallan diferentes investigaciones para la realización del proyecto técnico.

Según la tesis de grado denominado: “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CARROCERÍA DE LOS AUTOBUSES INTERPROVINCIALES BASADO EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA LA EMPRESA CARROCERÍAS PÉREZ”, se describe un plan de mantenimiento preventivo dirigido a los componentes de la carrocería de un autobús en fase de terminado. Se establece una codificación para todos los elementos de la carrocería seguido de la elaboración de la matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMFE), continuando con el análisis de criticidad de los componentes para que se determine cuál posee mayor o menor riesgo; y para finalizar con la investigación se realiza las gamas de mantenimiento y el plan de mantenimiento de los componentes de la carrocería del autobús, de manera que se facilite su conservación [7].

Como se indica en el proyecto técnico denominado: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA LA LÍNEA DE ENVASADO Y PASTEURIZACIÓN DE LECHE Y YOGURT DE LA EMPRESA EL RANCHITO”, se

describe la implementación del TPM en las líneas de pasteurización y envasado de leche y yogurt, la cual consistió en elaborar fichas técnicas para determinar características de los equipos, seguido se identificó el equipo piloto el cual permitió la implementación de las 5S, además se realizó el análisis de modo de fallo y efectos con lo cual se determinó tareas preventivas para cada equipo y finalmente mediante las gamas de mantenimiento se procedió a designar tiempos y recursos para la realización de las tareas de mantenimiento [8].

Según el proyecto técnico bajo el tema: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA EL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y CASA DE MÁQUINAS EN LA EMPRESA HIDROELÉCTRICA RÍO VERDE CHICO”, se estableció un plan de mantenimiento para los componentes del sistema de captación, conducción y casa de máquinas; la cual consistió en la recolección de información para la realización de fichas técnicas de los principales componentes, se implementó cinco de los doce pasos que comprende la aplicación del TPM, se realizó el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) con el propósito de identificar posibles modos de fallo de los componentes, se determinó las gamas de mantenimiento preventivo y para finalizar se estableció un plan de mantenimiento anual, el cual se encuentra organizada con sus actividades respectivas [9].

Como se indica en el proyecto técnico bajo el tema: “DESARROLLAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE LA EMPRESA IMPRENTA “MORALES” DE LA CIUDAD DE AMBATO”, se desarrolló este proyecto mediante el levantamiento de información, el cual permitió establecer una codificación de las máquinas para las fichas técnicas, se aplicó matrices AMFE para determinar los posibles modos de fallo de los elementos, se determinó la criticidad de los elementos propensos a fallos y para finalizar se desarrolló un software para facilitar las tareas de mantenimiento [10].

Según la tesis de grado bajo el tema: “APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA BHM

INDUSTRIAL”, se describe los resultados de la implementación de la filosofía TPM, en la cual se destacó el incremento de 1,5 unidades/hora máquina a 1,65 unidades /hora máquina con relación a la fabricación de transformadores, lo que permitió evidenciar un incremento en la productividad de la empresa gracias a la aplicación del mantenimiento productivo total [11].

Según la tesis de grado bajo el tema “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA FÁBRICA DE TORNILLOS, PERNOS Y TUERCAS TOPESA S.A.”, se analizó el sistema de mantenimiento de la empresa el cual se encontraba mal organizado, lo que provocó paros inesperados y una deficiente disponibilidad de la maquinaria. El inventario que se realizó arrojó un total de 83 equipos, los cuales fueron categorizados según el riesgo en el que se encontraban; de manera que con la ayuda de los manuales del fabricante, operadores de maquinaria y la experiencia del departamento de mantenimiento se estableció las acciones destinadas al mantenimiento autónomo de manera organizada, y para finalizar se evaluó el sistema de mantenimiento productivo total mediante el cálculo de índices de utilización, disponibilidad, aprovechamiento y rendimiento [12].

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria en la línea de pintura de la empresa Carrocerías Varma de la ciudad de Ambato.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un inventario y evaluación del funcionamiento de la maquinaria, equipos y herramientas disponibles en la línea de pintura.
- Desarrollar matrices AMFE de la maquinaria en la línea de pintura basándose en la nota técnica de prevención 679.

- Elaborar el plan de mantenimiento preventivo con la filosofía del TPM de la maquinaria en la línea de pintura.

1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.3.1. Mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como una serie de actividades dirigidas a conservar las características físicas de una empresa, con el fin de operar en condiciones óptimas de manera eficiente y a un razonable costo [13].

Para la toma de decisiones en algún tipo de mantenimiento se debe tener buena comunicación entre los departamentos existentes en la empresa, de tal forma que se involucren de manera conjunta en la programación de las actividades conforme surgen cambios en los proyectos de la planta, ya sea por parte de los mismos clientes que necesitan sus productos un en menor tiempo; para lo cual, los directivos realizan reuniones de trabajo en busca de optimizar todos los recursos disponibles ya sean humanos, materiales e incluyendo las actividades de mantenimiento [13].

Objetivos del mantenimiento

La principal responsabilidad del mantenimiento es aportar al cumplimiento de los diferentes objetivos propuestos por la empresa a continuación, se describen los objetivos de mantenimiento primordiales:

- Incrementar la disponibilidad de máquinas, herramientas y equipos importantes para el proceso productivo de la empresa.
- Mantener la vida útil de las máquinas, herramientas y equipos de la planta, disminuyendo el desgaste.
- Reducir los fallos críticos que puedan existir en los componentes de las máquinas y herramientas.
- Maximizar el sistema productivo de la empresa.
- Optimizar los costos de mantenimiento [14].

Finalidad del mantenimiento

Alcanzar un alto nivel de eficiencia en el funcionamiento del sistema productivo es la finalidad del mantenimiento, de manera que la periodicidad de fallas se elimine por medio de la aplicación de normas técnicas, seguridad e higiene del trabajo para minimizar el impacto que se pueda producir al medio ambiente a un costo mínimo [14].

1.3.2. Tipos de mantenimiento

Existen varios tipos de mantenimiento que se caracterizan según la forma de intervención dentro del sistema productivo (instalaciones, máquinas, equipos y herramientas), para cualquier producto o servicio [15].

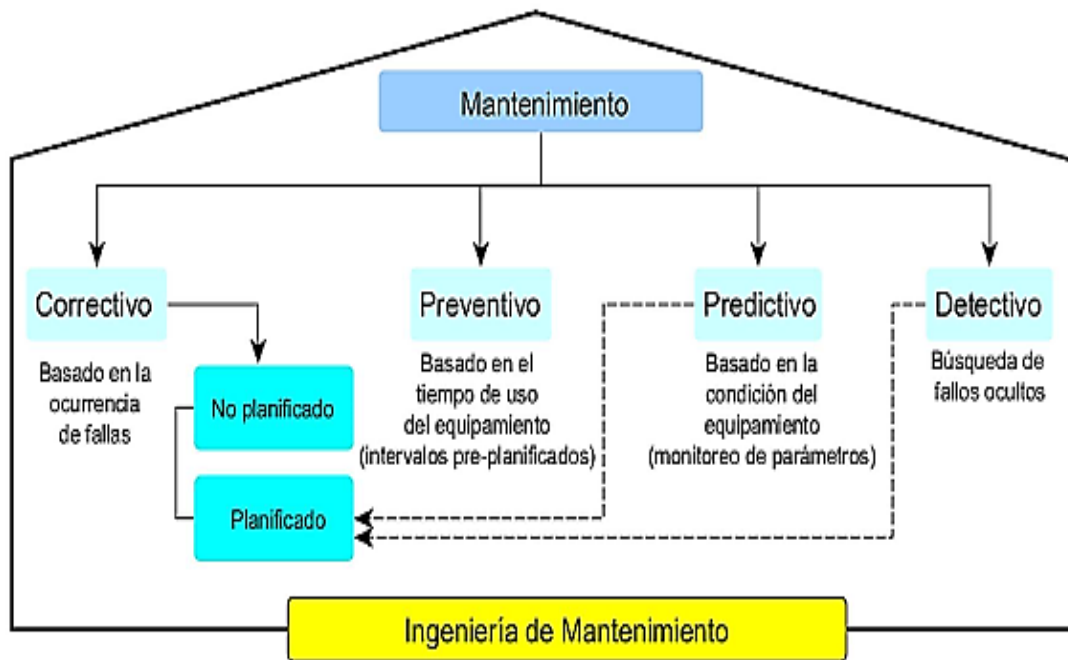


Figura 1: Tipos de mantenimiento. [15]

A continuación, se detalla los principales tipos de mantenimiento industrial más empleados en los sistemas productivos:

Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento es conocido como mantenimiento basado en fallas, ya que como su nombre lo indica debe realizar acciones correctivas sólo después de ocurrido las

fallas o pérdidas en el rendimiento de una máquina, equipo o sistema productivo. La ventaja que se resalta de otros tipos de mantenimiento es el aprovechamiento al máximo de la vida útil de los componentes de las máquinas, considerando que los componentes no fallarán al mismo tiempo [15].

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se puede definir como una planificación destinada a preservar la maquinaria y equipos involucrados en el sistema productivo, de modo que se consiga reducir los tiempos de parada innecesarios que afecten el normal funcionamiento de los procesos [16].

En este tipo de mantenimiento se programan actividades de reparación de las máquinas con el tiempo necesario, de manera que evitemos posibles averías durante su periodo de trabajo. La finalidad de este tipo de mantenimiento es detectar y corregir los daños menores en la maquinaria, de modo que se lleve a cabo por medio de los trabajadores o personal técnico de mantenimiento.

Mediante el estado y el nivel de funcionamiento en el que operan los equipos se podrá identificar posibles fallos, de manera que podamos prevenir y corregir a tiempo estas posibles averías [17].

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Incrementa la productividad de la empresa.
- Aumenta la vida útil de la maquinaria y equipos.
- Establece un inventario exacto de repuestos para utilizarlos de manera anticipada.
- Optimiza el costo de mantenimiento.
- Disminuye los tiempos muertos.

Mantenimiento predictivo

Se conoce como el mantenimiento basado principalmente en indicios o síntomas que pueden ser parámetros físicos como la temperatura y vibración. Principalmente se analiza

el estado del sistema por medio de ciertas características de degradación que se presenta en los equipos.

Mediante la realización de mediciones por medio de instrumentos se determina el estado de funcionamiento de los equipos, de manera que se registre la información para establecer bases estadísticas que facilitarán el análisis de posibles indicios de fallas. Es aplicable a componentes de costo elevado ya que se maximiza la vida útil del componente por medio del análisis continuo, de modo que se justifique la inversión realizada en este tipo de mantenimiento [16].

1.3.3. La Ingeniería de Mantenimiento

La ingeniería de mantenimiento desarrolla y gestiona los diferentes programas de preservación de la maquinaria, equipos y herramientas presentes en el sistema productivo en las distintas áreas de la planta [18].

Objetivos principales de la ingeniería de mantenimiento:

- Conservar los activos físicos en un estado óptimo de funcionamiento.
- Extender el tiempo de la vida útil de los equipos y maquinaria.
- Realizar oportunamente reparaciones de emergencia.
- Recomendar mejoras en los equipos, para disminuir las posibles fallas.
- Controlar los costos de mantenimiento, de manera que se utilice eficazmente en tiempo, persona y materiales.

1.3.4. Plan de Mantenimiento

Conforme se indica en la norma UNE-EN 13306, 2011 el plan de mantenimiento es un conjunto organizado de tareas que abarca las actividades, los procedimientos, los medios y el periodo necesario para efectuar el mantenimiento [19].

El plan de mantenimiento es un registro documentado que lleva tiempo elaborar, ya que se realiza inspecciones de las posibles causas y de la gravedad de las mismas, de manera

que se solucione por medio del monitoreo, periodicidad y control del personal en el cumplimiento de las tareas descritas en el documento [20].

1.3.5. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

En el año de 1970 la globalización de los mercados estableció nuevas y exigentes necesidades en todas las actividades industriales en términos de mantenimiento. Es entonces que el japonés Seichi Nakajima, desarrollo la filosofía del mantenimiento productivo total (TPM) o también llamado mantenimiento de participación total, de manera que consiste en involucrar a todos los integrantes de la organización industrial, de modo que indistintamente de la clase o jerarquías existentes entre operarios, supervisores, ingenieros y personal administrativo; puedan compartir responsabilidades de mantenimiento [13].

La filosofía del TPM se aplicó principalmente en la industria del automóvil en Japón (Toyota, Mazda y Nissan), donde eran líderes indiscutibles en automatización. Más adelante otras industrias acogieron este tipo de filosofía, tales como: industrias de electrodomésticos, máquinas herramientas, electrónica, fotografía, y las industrias de procesos como farmacéuticas, alimenticias, siderúrgicas, refinerías, impresiones, papelería, entre otros [21].

Objetivos principales del TPM

El “Japan Institute of Planning Maintenance” (JIPM), definió al TPM incluyendo los siguientes objetivos:

- Involucrar a todo el personal a partir de la alta gerencia hasta los trabajadores de planta, con la finalidad que participen de manera conjunta.
- Incrementar la máxima eficacia del sistema productivo y la gestión de equipos.
- Implementar un sistema de gestión de las plantas productivas para favorecer la eliminación de pérdidas.
- Impulsar el mantenimiento preventivo para obtener el propósito de cero pérdidas por medio de actividades en grupos de trabajo.

- Aplicar los sistemas de gestión a todos los departamentos tanto de producción como de diseño, desarrollo, ventas y dirección.

Características del TPM

La gestión del mantenimiento se extenderá íntegramente hacia los aspectos que logren mejorar la eficiencia de los sistemas productivos a partir de una apropiada gestión de la maquinaria [22]. A continuación, se describen los aspectos a los cuales estarán dirigidos:

- **Mantenimiento Preventivo PM:** El mantenimiento planificado es importante para prevenir y evitar las averías de cualquier tipo, y por ello evitar paros en el sistema productivo.
- **Mantenimiento Autónomo MA:** Corresponde a las actividades esenciales de mantenimiento y prevención efectuadas por los operarios desde sus puestos de trabajo.
- **Mejora de mantenibilidad MI:** Las mejoras que se aplican a los equipos de producción se realizan con el mejor y menor mantenimiento posible.

Tabla 1: Características de los diferentes tipos de mantenimiento. [22]

TIPO DE MANTENIMIENTO	Diseño equipos. Previsión Mantenimiento (MP)	Mejora equipos. Mejora Mantenibilidad (MI)	Mantenimiento Preventivo (PM)	Mantenimiento Autónomo (MA)
Correctivo (CM)	No	No	No	No
Preventivo (PM)	No	No	Incluido	No
Productivo (PM)	No	No	Incluido	Incluido
Productivo Total (TPM)	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido

El mantenimiento que se realiza por el propio operario desde su puesto de trabajo es un elemento fundamental que se denomina mantenimiento autónomo, y que comprende actividades de limpieza, prevención de problemas y conservación de la maquinaria de la planta. En la Figura 2 se indica las características básicas con respecto a las diferentes actividades de mantenimiento.

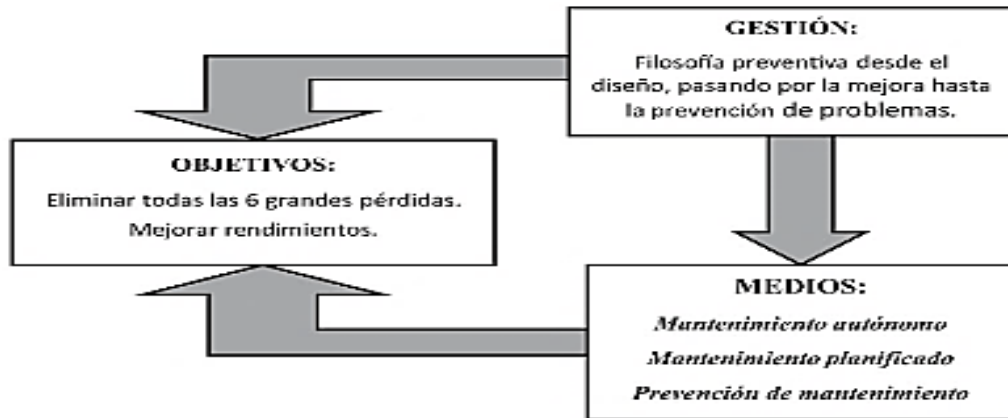


Figura 2: Características básicas del TPM. [22]

Pilares básicos del TPM

Los procesos fundamentales o también llamados “pilares” por el JIPM, son un soporte para formar un sistema de producción que se caracteriza por ser ordenado, debido a que siguen una metodología efectiva. Está compuesto por ocho pilares los cuales son necesarios y sirven para el desarrollo de la filosofía del TPM [23].

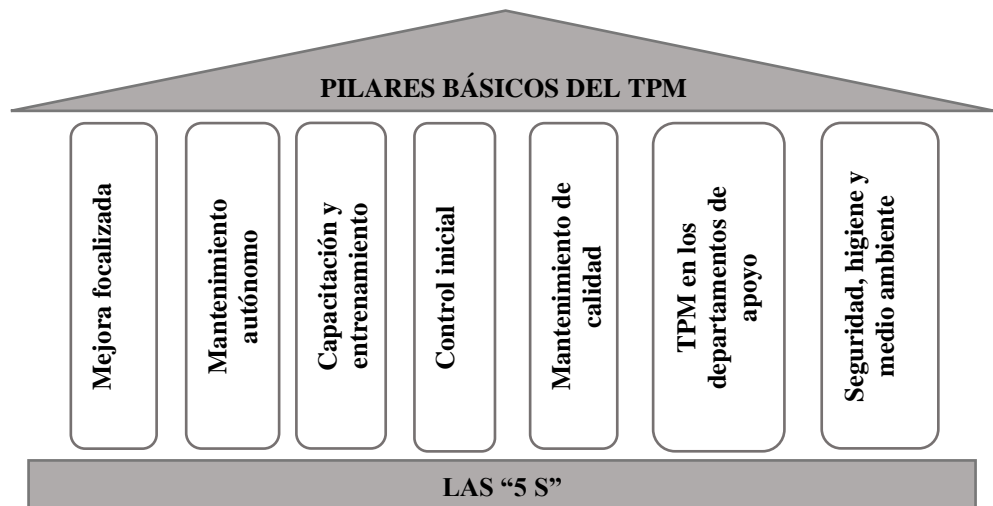


Figura 3: Pilares básico del TPM. [23]

- **Mejora Focalizada:** Identifica y elimina las grandes pérdidas originadas durante el proceso productivo, como son las fallas en equipos esenciales y auxiliares; arreglos no planificados, tiempos muertos, disminución de la velocidad y deficiencias en los procesos.
- **Mantenimiento Autónomo:** Se basa principalmente en el conocimiento del operador con respecto al equipo ya que está involucrado en las diferentes acciones de operación, por lo tanto, detectar a tiempo defectos mediante inspecciones y actividades de mantenimiento, ayudará a evitar potenciales fallas que con el pasar del tiempo implicaría altos costos de reparación.
- **Mantenimiento Planeado:** La planificación ayuda a mantener en buenas condiciones los equipos y los procesos agilizando las tareas de reparación, mantenimiento; que son necesarias para eliminar los tiempos de paro en la producción.
- **Capacitación y Entrenamiento:** Es importante impulsar el desarrollo de las habilidades del personal mediante capacitaciones para un mejor desempeño en las diferentes actividades de trabajo.
- **Control inicial:** Consiste en actividades de mejora efectuadas durante la fase de diseño, construcción e inicio de los equipos con el propósito de disminuir los costos de mantenimiento.
- **Mantenimiento para la Calidad:** Ejecutar acciones preventivas para evitar las variaciones que se presentan durante el proceso productivo que pueden provocar cambios en las características del producto terminado, de manera que se asegure la calidad del producto.
- **Departamento de Apoyo:** Con la participación de las áreas de apoyo como desarrollo, administración y ventas, ayuda a mejorar la eficiencia del proceso productivo.
- **Seguridad, Higiene y Medioambiente:** Mediante la prevención de accidentes y el desarrollo de mejoras enfocadas en el mantenimiento autónomo permitirá un mejor ambiente de trabajo sin afectar las condiciones físicas y mentales de los

trabajadores. Además de implementar mejoras en el manejo de los residuos contaminantes permitirá que la empresa sea más amigable con el ambiente.

Las seis grandes pérdidas

Existen factores que impiden maximizar la eficiencia total de maquinaria, equipos y herramientas, también conocidos como las “seis grandes pérdidas”, que se agrupan en tres categorías considerando el decrecimiento en el rendimiento del sistema productivo [22].

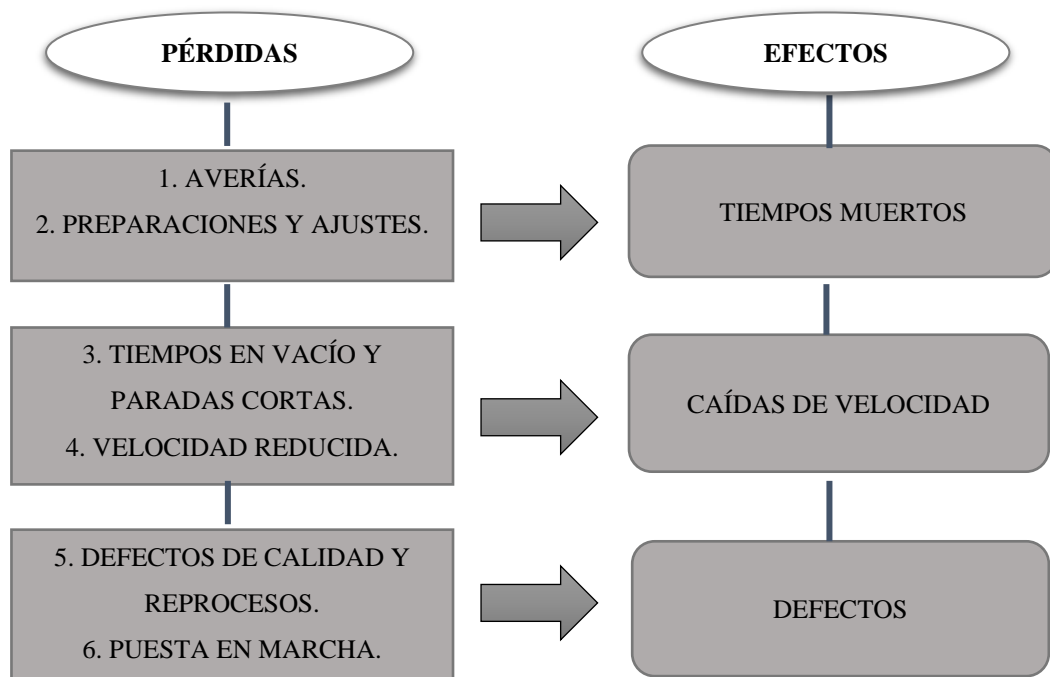


Figura 4: Las seis grandes pérdidas. [22]

Pérdidas por averías

Las pérdidas por averías provocan principalmente tiempos muertos en el proceso, debido a interrupciones en el funcionamiento normal de los equipos. Estas pérdidas de tiempo afectan el volumen de producción, de manera que provocan un descenso en la economía de la empresa [22].

Los tipos de averías pueden ser esporádicos y crónicos los cuales se refieren a la frecuencia en la que se generan los problemas, además las consecuencias que afectan a los equipos

pueden ser de dos tipos como son las averías con pérdidas de función y averías con reducción de función [22].

Existen fallos provocados por averías que son difíciles de identificar, de modo que se estableció algunas razones que ayuden a su identificación los cuales son:

- Irrelevantes: Son fallos de pequeña medida y de difícil identificación, sin embargo, pueden cambiar a relevantes, por ello se debe intervenir.
- Ocultos: Corresponde a fallos no identificados que son ocasionados por la ausencia de inspecciones y actividades de mantenimiento.
- Ignorados: Ausencia de interés o incapacidad del personal que minimiza su importancia.
- Múltiples: Cuando existen varias causas.

Pérdidas a consecuencia de preparaciones

Se considera el tiempo utilizado en la preparación, cambio o ajuste de la maquinaria, herramientas y equipos; los cuales son necesarios para cubrir las exigencias del sistema productivo. Para reducir el tiempo empleado en la preparación se recomienda mejorar el mecanismo de ajuste luego de realizar una preparación del equipo.

Pérdidas ocasionadas por tiempos en vacío y paradas cortas

Se refiere a paradas cortas que se realizan durante el tiempo de funcionamiento de la máquina, de manera que durante este corto periodo no se efectúa la producción de alguna pieza o producto. En relación a pérdidas ocasionadas por equipos operando en tiempos de vacío, la máquina debe parar su funcionamiento a causa de algún obstáculo en la carga, inmediatamente retirada se pueda restablecer las condiciones normales de funcionamiento, sin embargo, la pérdida ya se produjo.

Pérdidas debido al funcionamiento a velocidad reducida

Hace referencia a las pérdidas provocadas por la diferencia que existe entre la velocidad de diseño con relación a la velocidad real de funcionamiento de los equipos, de modo que

la capacidad de producción cambiará al no encontrarse en los rangos óptimos de funcionamiento.

Los puntos claves de esta clase de pérdidas son los siguientes:

- El operario de producción puede no conocer los límites reales que debe operar el equipo, debido a que no cuenta con las especificaciones concretas.
- El operario de producción puede disponer de las especificaciones relacionadas a los límites de velocidad, sin embargo, no la emplea por escepticismo de que la máquina no pueda operar en esos rangos.

Pérdidas por defectos de calidad, recuperación y reprocesos

Este tipo de pérdidas engloban el tiempo perdido en la fabricación de productos deficientes, de baja calidad, daños en productos irrecuperables y productos defectuosos de reprocesos. Se debe considerar defectos esporádicos y defectos crónicos, de modo que deben ser tratados de manera que no trascienden y causen un mayor daño en el sistema productivo.

Pérdidas debido a puesta en marcha del equipo

En estas pérdidas se considera el nivel de producción que se da cuando se realiza el arranque de ciertas máquinas, por debajo de la capacidad del equipo, pero se puede alcanzar cuando se supere esta fase. Es importante que las pérdidas disminuyan para incrementar la efectividad del equipo, de modo que se realice procedimiento de arranque vertical o arranque libre de carga, permitiendo que el sistema productivo aumente considerablemente su eficiencia.

1.3.6. Las “5S” en el Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La estrategia de las 5S se ha designado por la primera letra en japonés de cada una de las cinco fases, cuyo objetivo es crear ambientes de trabajo mejor organizados, limpios y seguros de forma permanente; de modo que se contribuya al mejoramiento del entorno de trabajo y de igual manera a la productividad de la planta [24].

Clasificar (Seiri)

La estrategia de seleccionar o clasificar se refiere a retirar todos los elementos innecesarios de los puestos de trabajo, de modo que sólo los elementos necesarios se mantengan en los lugares de producción. Acumular ciertos objetos innecesarios no aportará ningún beneficio, al contrario, se reducirá el espacio de trabajo, creará desorden y posiblemente ocasionará algún accidente [25].

Beneficios que aporta el Seiri:

- Mejora la visualización de los equipos, herramientas, materiales y documentos de trabajo.
- Disminuye el tiempo empleado en la búsqueda de las herramientas, materiales y documentos.
- Incrementa la vida útil de herramientas, materiales y equipos.
- Desarrolla un mejor control de inventarios.
- Reduce los accidentes laborales.
- Contribuye a tener un mejor ambiente de trabajo.

Organizar (Seiton)

Una vez que se aplicó la primera “S” se debe continuar con la siguiente estrategia que consiste en organizar los elementos necesarios en los lugares de trabajo, de tal forma que su ubicación se encuentre al alcance de los trabajadores.

Mediante la aplicación de esta estrategia se pretende disminuir los tiempos innecesarios cuando se requiere la utilización de las herramientas, de manera que se encuentren ubicados en lugares más accesibles y con su respectiva identificación [24].

Beneficios que aporta el Seiton:

- Permite acceder fácilmente a los materiales y herramientas de trabajo.
- Reduce los tiempos innecesarios empleados en buscar los materiales, herramientas y documentos.

- Mejora el desempeño de los trabajadores.
- Presenta una mejor imagen de la planta.
- Contribuye a la economía de la empresa.
- Mejora la ubicación e identificación de ciertos elementos peligrosos [26].



Figura 5: Orden de materiales y herramientas. [26]

Limpiar (Seiso)

Esta estrategia es importante para tener un mejor ambiente de trabajo, de igual manera “Seiso” significa inspeccionar el equipo mientras se realiza la limpieza, de tal forma que se identifiquen posibles averías o fugas de líquidos.

La aplicación de esta estrategia implica ir más allá de sólo mantener una buena estética del equipo, más bien se exige realizar un trabajo más minucioso para eliminar las fuentes de suciedad y contaminación; de modo que evitemos también la acumulación del polvo, y suciedad en los puestos de trabajo [24].

Beneficios que aporta Seiso:

- Incrementa la funcionalidad de los equipos.
- Proporciona un lugar de trabajo seguro y limpio.
- Identifica posibles fugas o averías de las máquinas o equipos.

- Aumenta la vida útil de los equipos, herramientas, mobiliario y entre otros.
- Presenta un mejor producto de calidad, sin deterioro o suciedad.



Figura 6: Limpieza de los lugares de trabajo. [27]

Estandarizar (Seiketsu)

Esta estrategia permite que se mantengan las ganancias alcanzadas en las tres anteriores (seleccionar, organizar, limpiar), por lo cual es importante aplicar la estandarización para evitar que los elementos innecesarios retomen los lugares de trabajo. Se deben elaborar estándares de limpieza e inspección que se deben cumplir por parte del personal de planta en el transcurso de la jornada de trabajo [25].

Beneficios que aporta el Seiketsu:

- Crea hábitos de conservación y de limpieza en los diferentes lugares de trabajo.
- Evita accidentes laborales a consecuencia de las acciones de limpieza.
- Mejorar el rendimiento del personal durante las actividades laborales.

Disciplina (Shitsuke)

Finalmente, la estrategia de la disciplina consiste en mantener el hábito de cumplimiento de las anteriores estrategias, estándares y procedimientos de manera que se garantice un mejor lugar de trabajo, seguridad y mejor calidad en los productos [24].

Beneficios que aporta el Shitsuke:

- Facilita el cumplimiento de normas, estándares y procedimientos de la empresa.
- Cambia malos hábitos de trabajo.
- Incrementa la confianza y autoestima del personal.
- Mejorar el aspecto de los lugares de trabajo.
- Permite mejorar la calidad de los productos terminados.

1.3.7. Implantación del TPM

El objetivo principal que se desea obtener con la implantación del TPM es sin duda maximizar el rendimiento global del sistema productivo por medio de una adecuada gestión de los equipos [28].

A continuación, se describen las etapas para la implantación de la filosofía TPM:

Tabla 2: Etapas comprendidas en cada fase de implantación del TPM. [28]

FASE	ETAPA	ASPECTOS DE GESTIÓN
1. Preparación	1. Determinación de emplear el TPM en la empresa.	La administración anuncia el deseo de ejecutar un programa TPM.
	2. Informar sobre el TPM.	Campañas informativas dirigidas a todas las categorías de la empresa para implementar el TPM.
	3. Estructura promocional del TPM.	Conformar una delegación especial para cada categoría de la empresa para promover el TPM.
	4. Metas y políticas esenciales del TPM.	Establecer las metas, analizar las condiciones actuales y prever resultados.
	5. Desarrollo del plan maestro del TPM.	Preparar planes con actividades y periodos de tiempo.
2. Introducción	6. Comienzo formal del TPM.	Es provechoso invitar a clientes, proveedores y entidades relacionadas.

Tabla 2: Continuación

3. Implantación	7. Mejorar la eficiencia de los equipos.	Escoger un equipo con pérdidas crónicas para analizar causas y efectos, con el fin de actuar.
	8. Desarrollar un programa de Mantenimiento Autónomo.	Involucrar en el mantenimiento diario a todos los operarios que usan el equipo.
	9. Realizar un programa de mantenimiento planificado.	Incluye el mantenimiento periódico, el predictivo y el correctivo.
	10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.	Preparar a los líderes de grupo que posteriormente se encargará de enseñar a los demás miembros del respectivo grupo.
	11. Gestión anticipada de los equipos.	Diseñar y manufacturar equipos de alta mantenibilidad y fiabilidad.
4. Consolidación	12. Consolidación del TPM.	Sostener y mejorar los resultados conseguidos, por medio de un programa de mejora continua.

Fase de Preparación

En esta fase se planifica cuidadosamente para evitar posibles modificaciones futuras [29].

Etapa 1: Determinación de emplear el TPM en la empresa

La alta gerencia debe informar a los diferentes departamentos que conforman la empresa de la intención de implantar la filosofía del TPM. Previamente se debió tratar sobre la necesidad de aplicar este programa para que las personas involucradas se comprometan.

Etapa 2: Información relacionada al TPM

En esta etapa se realiza la difusión del alcance del TPM, por medio de campañas que permitan convencer a los operarios de producción de la importancia y el beneficio que resulta su implantación.

Etapa 3: Estructura promocional del TPM

El TPM se promueve mediante la formación de pequeños grupos dentro de la organización, conformado por líderes que permitan la comunicación entre los diferentes grupos.

Etapa 4: Objetivos y políticas esenciales del TPM

En esta etapa la organización deberá integrar el TPM dentro de las políticas esenciales de la empresa, de esta manera, establecer los objetivos a conseguir en los tiempos determinados. La empresa debe conocer la situación actual de la empresa con la finalidad de disponer de información relacionada a defectos y averías en los equipos.

Etapa 5: Desarrollo del plan maestro del TPM

Es la etapa más importante en la cual se establece un plan determinado para la implantación del TPM, que considera actividades fundamentales a fin de alcanzar los objetivos planteados. Las principales actividades en esta etapa son las siguientes:

- Elaboración de un programa de mantenimiento autónomo que será ejecutado por los mismos operarios.
- Aplicación de las “5S”.
- Mejoramiento de la efectividad de los equipos.
- Elaboración de un programa de mantenimiento planificado con la ayuda del departamento de mantenimiento.
- Mejoramiento de la disponibilidad de los equipos.
- Control de calidad.
- Capacitación para incrementar las destrezas del personal.

Fase de Introducción

La fase de introducción se centra en crear la atención necesaria por parte de la gerencia para el inicio del TPM.

Etapa 6: Comienzo formal del TPM

En esta etapa se da inicio oficialmente al programa TPM donde la alta gerencia debe incentivar el interés de la filosofía TPM a todos los empleados [29].

Fase de Implantación

En esta etapa se aplican las actividades más importantes de la filosofía del TPM, las cuales deben desarrollarse de la mejor manera para evitar posibles retrasos y futuras modificaciones.

Etapa 7: Mejorar la efectividad del equipo

Establecer grupos polifuncionales que sean conformados por el personal de producción, mantenimiento y operarios con la finalidad de eliminar las pérdidas y así obtener una mejor efectividad de los equipos.

Etapa 8: Desarrollar un programa de Mantenimiento Autónomo

Realizar el programa de mantenimiento autónomo mediante la participación de los operarios en las diferentes actividades establecidas, de manera que evitemos el deterioro de los equipos. Este programa de mantenimiento se debe planificar con actividades que sean sencillas de llevar a cabo y sobre todo en el menor tiempo posible para evitar retrasos en el proceso productivo.

Etapa 9: Desarrollar un programa de mantenimiento planificado

En esta etapa se ejecuta un mantenimiento planificado de manera periódica el cual fue realizado por el departamento de mantenimiento.

Etapa 10: Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento

Es fundamental mejorar las destrezas del personal mediante la realización de capacitaciones referente a las actividades de mantenimiento y de operatividad de los equipos.

Etapa 11: Gestión anticipada de equipos

La gestión anticipada de equipos es necesaria ya que el propósito es la prevención de las tareas de mantenimiento, de manera que permita mejorar el diseño de equipos y la reducción de ciertas actividades que demanden contratiempos.

Fase de Consolidación

En esta etapa el principal objetivo es la conservación y el mejoramiento de las demás fases descritas anteriormente.

Etapa 12: Consolidación del TPM

Finalmente, la filosofía TPM implementada se debe conservar y mejorar en las diferentes etapas mencionadas, asimismo proporcionar un registro cuantificado de manera que se dé a conocer a los empleados el progreso que se ha obtenido [29].

1.3.8. Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Definición de AMFE

Es una herramienta que tiene como finalidad el aseguramiento de la calidad de un producto o proceso por medio de un análisis metódico, que consiste en identificar los diferentes modos de fallo antes que se generen, de modo que sean eliminados o minimizados.

Este análisis permite identificar las diferentes causas y efectos generados por dichos modos de fallos estableciendo un índice que permita evaluar la gravedad, frecuencia y la facilidad de detección del fallo, con la finalidad de priorizar los más relevantes y en consecuencia ejecutar acciones correctivas [30].

Objetivos del AMFE

- Identificar los probables modos de fallo y sus causas relacionadas a los equipos del proceso productivo.

- Determinar las consecuencias que generan los fallos en el rendimiento del proceso productivo.
- Establecer la prioridad de los modos de fallo con la finalidad de determinar los más representativos.
- Disponer de acciones preventivas y correctivas con el propósito de evitar los fallos identificados.
- Evaluar la eficacia de las acciones implementadas [30].

Índices de ponderación

Como se indica en [31], los índices de ponderación se evalúan por medio de valores que van desde el número 1 hasta el 10 considerando la frecuencia, gravedad y detección del modo de fallo.

Índice de Gravedad

Este índice establece la importancia del efecto del modo de fallo potencial según la repercusión en el usuario.

Tabla 3: Índice de la gravedad del modo de fallo. [31]

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6

Tabla 3: Continuación

Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

Índice de Frecuencia (F)

Establece la posibilidad de causas potenciales que generen un modo de fallo, la cual se basa en una evaluación subjetiva, donde es recomendable utilizar información histórica y estadística de la empresa [31].

Tabla 4: Índice de frecuencia o probabilidad del modo de fallo. [31]

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	El defecto aparece ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Índice de detección (D)

Este índice determina la detección del modo de fallo con antelación de manera que se pueda detectar el fallo antes que el producto llegue al usuario [31].

Tabla 5: Índice de la facilidad de detección del modo de fallo. [31]

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posterior.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estudios de producción.	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Para obtener el índice de prioridad de riesgo, se debe multiplicar los tres índices descritos anteriormente como son la gravedad, frecuencia y la detectabilidad [31].

$$IPR = GFD$$

Ec. 1

Donde:

IPR= Índice de prioridad de riesgo

G= Gravedad

F= Frecuencia

D= Detectabilidad

1.3.9. Análisis de criticidad

Es un método de jerarquización que se emplea en instalaciones, sistemas y equipos con la finalidad de priorizar la toma de decisiones entre los elementos más susceptibles a daños o averías. Mediante este análisis se logra identificar y enfatizar en aquellos elementos que puedan provocar problemas en su funcionamiento habitual [32].

Por medio de la siguiente ecuación podemos obtener la criticidad:

$$C = FFCO \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

C = Criticidad total del elemento

FF = Frecuencia de falla en un periodo de tiempo

CO = Consecuencias de los fallos

El valor de la consecuencia de los fallos (CO) se obtiene de la siguiente ecuación:

$$CO = (IOFO) + CM + SHA \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

IO = Factor de impacto operacional

FO = Factor de flexibilidad operacional

CM = Factor de costes de mantenimiento

SHA = Factor en seguridad, higiene y ambiente

A continuación, se detallan los criterios para la valoración de los factores de las ecuaciones (2) y (3).

Tabla 6: Valoración de la frecuencia de fallos en un periodo de tiempo. [32]

FRECUENCIA DE FALLOS (FF)	VALORACIÓN
Mayor a 2 fallos por año.	4
De 1 y 2 fallos al año.	3
Entre 0,5 y 1 fallos por año.	2
Menor a 0,5 fallos por año.	1

Tabla 7: Valoración del factor de impacto operacional. [32]

FACTOR DE IMPACTO OPERACIONAL (IO)	VALORACIÓN
Pérdidas de producción superiores al 75%.	10
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%.	7
Pérdidas de producción entre el 25% y 49%.	5
Pérdidas de producción entre el 10% y 24%.	3
Pérdidas de producción menores al 10%.	1

Tabla 8: Valoración del factor de flexibilidad operacional. [32]

FACTOR DE FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	VALORACIÓN
No dispone de unidades de reemplazo para cubrir la producción.	4
Dispone de unidades de reemplazo para cubrir de manera parcial la producción.	2
Dispone de unidades de reemplazo en línea.	1

Tabla 9: Valoración del factor de costes de mantenimiento. [32]

FACTOR DE COSTES DE MANTENIMIENTO (CM)	VALORACIÓN
Costes superiores a 20000 dólares, que comprenden reparaciones, materiales y mano de obra.	2
Costes inferiores a 20000 dólares, que comprenden reparaciones, materiales y mano de obra.	1

Tabla 10: Valoración del factor de seguridad, higiene y ambiente. [32]

FACTOR DE SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA)	VALORACIÓN
Riesgo elevado de muerte, daños graves de salud y/o incidente ambiental de carácter catastrófico.	8
Riesgo medio de muerte, daños importantes a la salud y/o incidente ambiental de difícil restauración.	6
Riesgo mínimo de muerte y afectación a la salud.	3
No existe ningún riesgo.	1

La matriz de criticidad que se detalla en la Tabla 11, se constituye mediante los valores de frecuencia en el eje vertical y los valores de consecuencia en el eje horizontal, de manera que permita identificar la jerarquización de los sistemas en tres áreas las cuales son:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

Tabla 11: Matriz para la jerarquización. [32]

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la ejecución del proceso productivo se desea cumplir el objetivo de garantizar un producto de calidad en el menor tiempo posible, de manera que las actividades de mantenimiento de las máquinas y herramientas se realice de manera oportuna; gracias a la disponibilidad de máquinas o herramientas en condiciones óptimas de funcionamiento, precautelando la integridad del personal y reduciendo los costos que impliquen [13] [33].

El desarrollo tecnológico ha incentivado la implementación de grandes instalaciones que posean cadenas de producción complejas, de manera que un eventual paro de las actividades genera altas pérdidas económicas. Por lo cual poseer un mantenimiento estructurado permitirá disminuir las pérdidas de producción y reducir los posibles fallos que se presenten en la empresa [18].

Con respecto a lo anterior surge el interés de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria en la línea de pintura, de tal forma que se aplique la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la disponibilidad de las máquinas y herramientas en esta sección de la empresa; permitiendo eliminar ciertas averías, desperfectos y retrasos mediante la cooperación del personal de la empresa.

Para la ejecución del proyecto se procederá a investigar la información de la maquinaria proporcionada por los fabricantes considerando las principales averías y fallos que se generan durante el proceso de pintura. Con el desarrollo de esta investigación se logrará prevenir pérdidas de tiempo atribuidas a posibles fallos ocasionados por la maquinaria el cual afectaría los ingresos económicos de la empresa.

La empresa Carrocerías Varma S.A. se beneficiará de dicho proyecto el cual mejorará la producción garantizando el buen funcionamiento de la maquinaria en esta sección de la empresa, incrementando la vida útil y proporcionando un producto final de calidad con los requerimientos establecidos por parte de los clientes.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. MATERIALES Y RECURSOS

2.1.1. Recursos Humanos

- Estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica: Edison Caguana.
- Gerente de la empresa Carrocerías Varma S.A: Dr. Juan Pablo Vargas Salman.
- Jefe de producción de la empresa Carrocerías Varma S.A: Ing. José Alarcón.
- Tutor del proyecto investigativo: Ing. Mg. Jorge Guamanquispe.

2.1.2. Recursos Institucionales

- Instalaciones de la empresa Carrocerías Varma S.A.

2.1.3. Recursos Materiales

Tabla 12: Materiales empleados en el proyecto técnico.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Computadora	Computador portátil Core I3, para el desarrollo del proyecto.
Manuales de usuario de máquinas y herramientas	Documentos necesarios para identificar las partes y el funcionamiento de las máquinas.
Placas de identificación de las máquinas	Contiene las características técnicas de ciertas máquinas.
Inventarios	Información del total de máquinas existentes en la línea de pintura.
Materiales de oficina	Elementos como tablero portapapeles, hojas, bolígrafos, regla y calculadora, necesarios para la recolección de información.
Cámara Fotográfica	Dispositivo para capturar imágenes de las máquinas y herramientas.

2.1.4. Recursos Económicos

Tabla 13: Recursos económicos.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Transporte	\$112
Alimentación	\$200
Internet	\$132
Computador HP Core I3	\$500
Impresiones y anillados	\$100
TOTAL	\$1044

2.2. MÉTODOS

Para el desarrollo del presente proyecto técnico se empleó algunas metodologías de investigación las cuales fueron importantes para el cumplimiento de los objetivos planteados, de manera que la información recolectada fue confiable y efectiva para la realización del plan de mantenimiento.

A continuación, se detallan los tipos de métodos de investigación que se aplicaron en el desarrollo del proyecto técnico:

2.2.1. Investigación Descriptiva

Este tipo de metodología fue fundamental para el desarrollo del proyecto técnico, el cual consistió en describir el entorno de los componentes, sus características técnicas y su funcionamiento, de manera que se identificó los posibles modos de fallo que afectan al normal funcionamiento de las máquinas.

2.2.2. Investigación Bibliográfica

Se utilizó este tipo de investigación para la obtención de información necesaria en el desarrollo del plan de mantenimiento mediante las diferentes fuentes bibliográficas como libros electrónicos, trabajos de grado, artículos científicos y sitios web.

2.2.3. Investigación de Campo

Se aplicó este tipo de metodología para inspeccionar las instalaciones correspondientes a la línea de pintura, en la cual se identificó los lugares de trabajo, la ubicación de las máquinas y la disponibilidad de las herramientas, además permitió establecer las acciones correctivas como la aplicación de las “5S”, el análisis AMFE y las actividades de mantenimiento preventivo.

2.2.4. Flujograma del proyecto

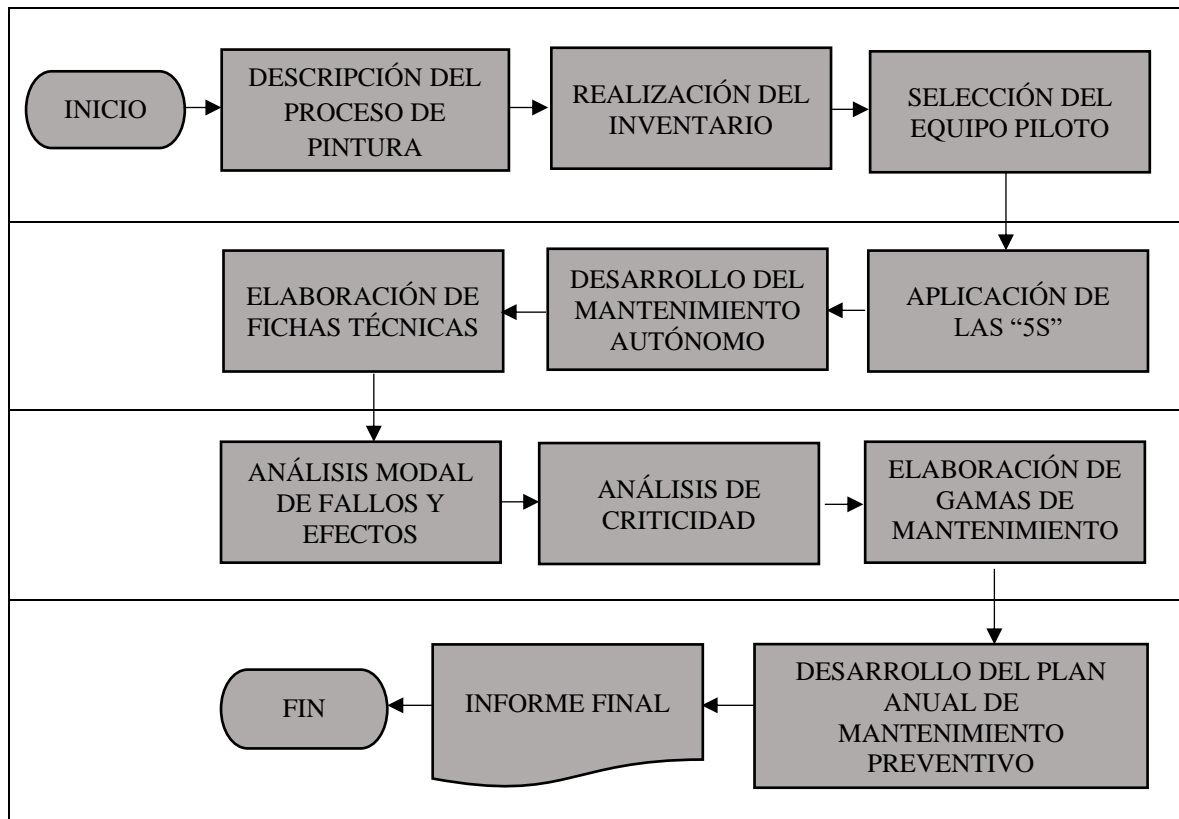


Figura 7: Flujograma del proyecto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1.1. Descripción de la empresa

La empresa Carrocerías VARMA fue fundada por el Sr. Luis Alfonso Vargas Mayorga en el año de 1964 en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, la cual empezó como un galpón pequeño donde se construyeron los primeros furgones y carrocerías de autobuses.

En el año de 1970 ampliaron sus instalaciones donde se incrementó la producción de hasta 30 carrocerías al mes, debido a su gran crecimiento productivo en el año de 1995 concretaron alianzas estratégicas con SCANIA LATIN AMERICA de Brasil los cuales contribuyeron a supervisar las estructuras de las carrocerías y permitieron obtener la homologación.

En 2002 la empresa pasó a ser sociedad anónima y al año siguiente se inauguró una nueva planta industrial que hasta la actualidad sigue operando en el sector de Izamba, la cual cuenta con amplias instalaciones de trabajo, cabina de pintura al horno, parqueaderos y espacios destinados a la inspección de sus productos.

Tabla 14: Ubicación de la empresa.

UBICACIÓN DE LA EMPRESA	
Provincia	Tungurahua
Ciudad	Ambato
Parroquia	Izamba
Dirección	Calle Pisacha, sector Lungua

Tabla 15: Información de la empresa.

INFORMACIÓN EMPRESARIAL DE CARROCERÍAS VARMA S. A	
Representante legal	Dr. Juan Pablo Vargas Salman
Razón Social	VARMA S.A.
RUC	1890142296001
Actividad económica	Fabricación de carrocerías, incluidas cabinas para vehículos automotores.
Página web	http://varma.com.ec/web/
Teléfonos	(+593) 3 2854422, (+593) 3 2450496



Figura 8: Fachada de la empresa.

3.1.1.1. Productos que elaboran

<p style="text-align: center;">INTERPROVINCIAL</p>	<p style="text-align: center;">URBANO</p>
	
<p style="text-align: center;">TURISMO</p>	<p style="text-align: center;">ESCOLAR</p>
	
<p style="text-align: center;">ESPECIALES</p>	<p style="text-align: center;">FURGONES</p>
	

Figura 9: Productos que elaboran.

3.1.2. Flujoograma de la construcción de la carrocería

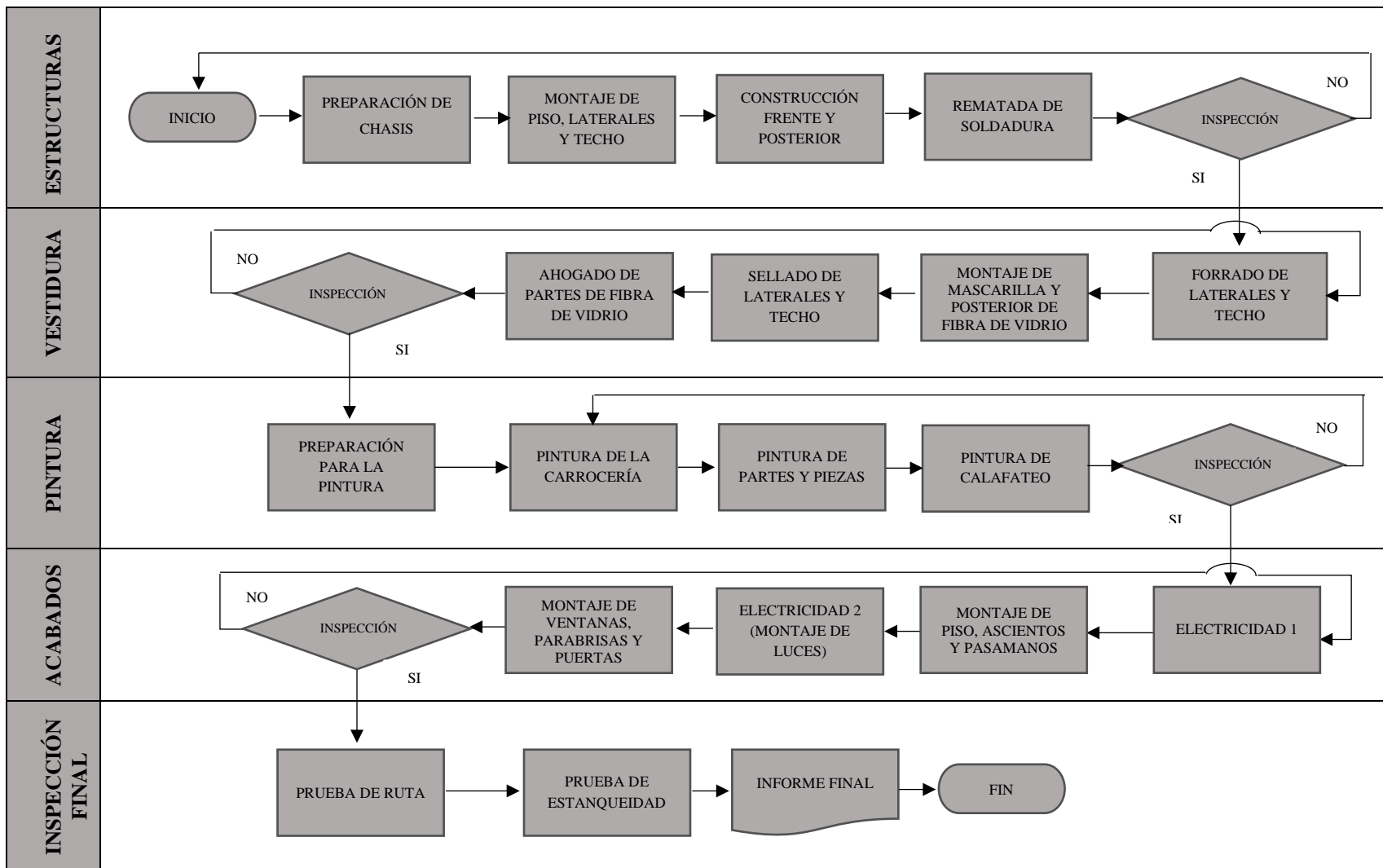


Figura 10: Flujoograma de la construcción de las carrocerías.

3.1.3. Descripción de los procesos de la línea de pintura

En la línea de pintura se llevan a cabo todas las actividades necesarias para el pintado de la carrocería, bajo los requerimientos de los clientes y previamente analizados por el departamento de producción.

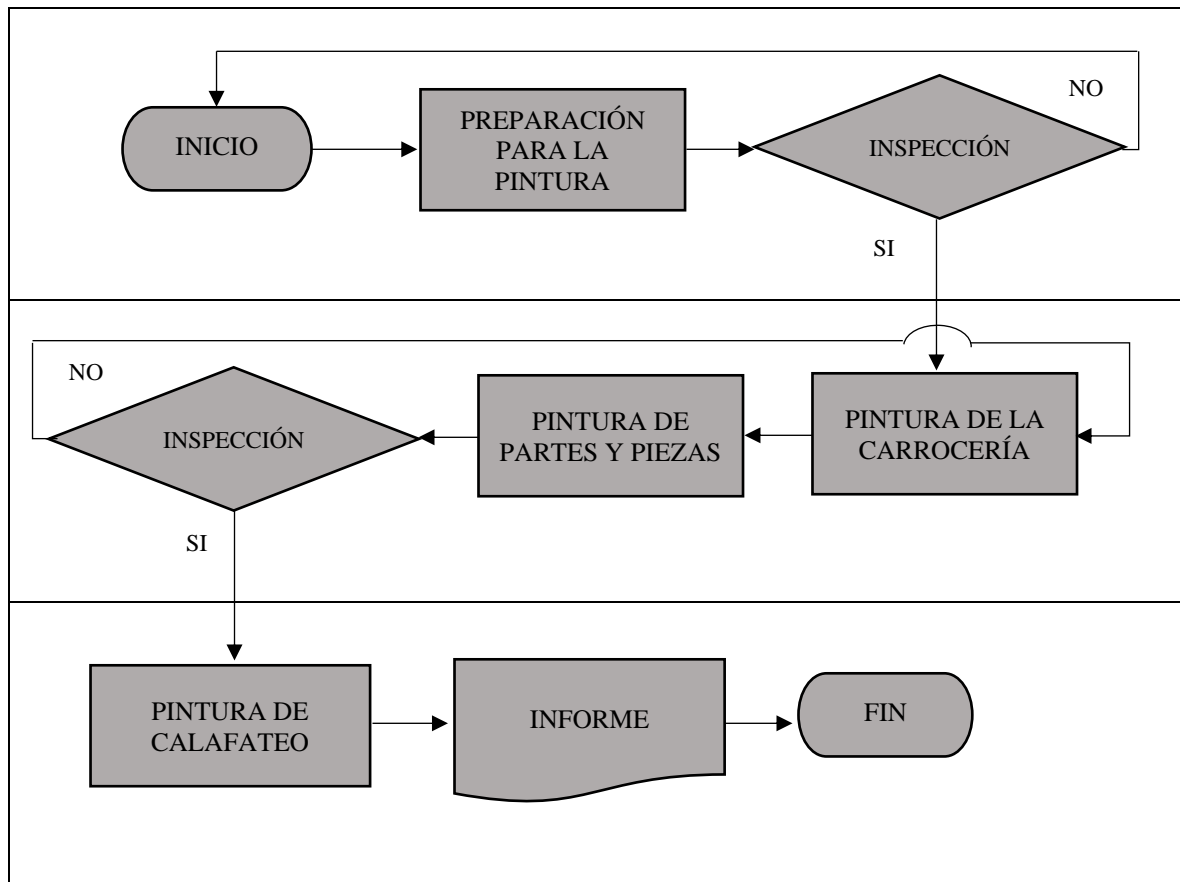


Figura 11: Flujograma del proceso de pintura.

Preparación para la pintura

La preparación para la pintura comprende diferentes actividades importantes las cuales empieza con el pulido de las superficies de tol negro (plancha de acero ASTM A36) que contienen rebabas de soldadura, seguido se aplica capas de masilla plástica en todas las superficies irregulares de la carrocería y se procede a lijar. Para mejorar las superficies lijadas se aplican capas finas de masilla poliéster, posteriormente se lijan con lijadora

orbital para obtener un área más lisa y finalmente se limpian con desengrasante todos los residuos e impurezas existentes.



Figura 12: Aplicación de masilla en diferentes superficies.



Figura 13: Carrocería lista para pintar.

Pintura de la carrocería

Para iniciar con el proceso de pintura se debe inspeccionar todas las superficies para corregir posibles fallas con masilla, seguido se aplica un fondo de pintura y posteriormente

se procede a pintar con soplete toda la carrocería según los requerimientos del cliente, para finalmente realizar el secado en el horno.



Figura 14: Pintado y secado de la carrocería.

Pintura de partes y piezas

En este proceso las partes y piezas como compuertas, consolas, tableros, guardafangos y mecanismos se pintan con soplete para posteriormente ser secados al horno, y quedar listos para el ensamblaje en el siguiente proceso.



Figura 15: Pintura de partes y piezas.

Pintura de calafateo

La pintura de calafateo consiste en aplicar la pintura en base “Bate Piedra” (producto destinado a la protección de baldes, cajones, chasis de vehículos y camiones) en la parte inferior de la carrocería, interior del guardachoque y mascarilla, de tal forma que se evite el desgaste en estas zonas.



Figura 16: Calafateo de la parte inferior de la carrocería.



Figura 17: Calafateo en el interior de la mascarilla.

3.1.4. Estructura orgánica de la empresa

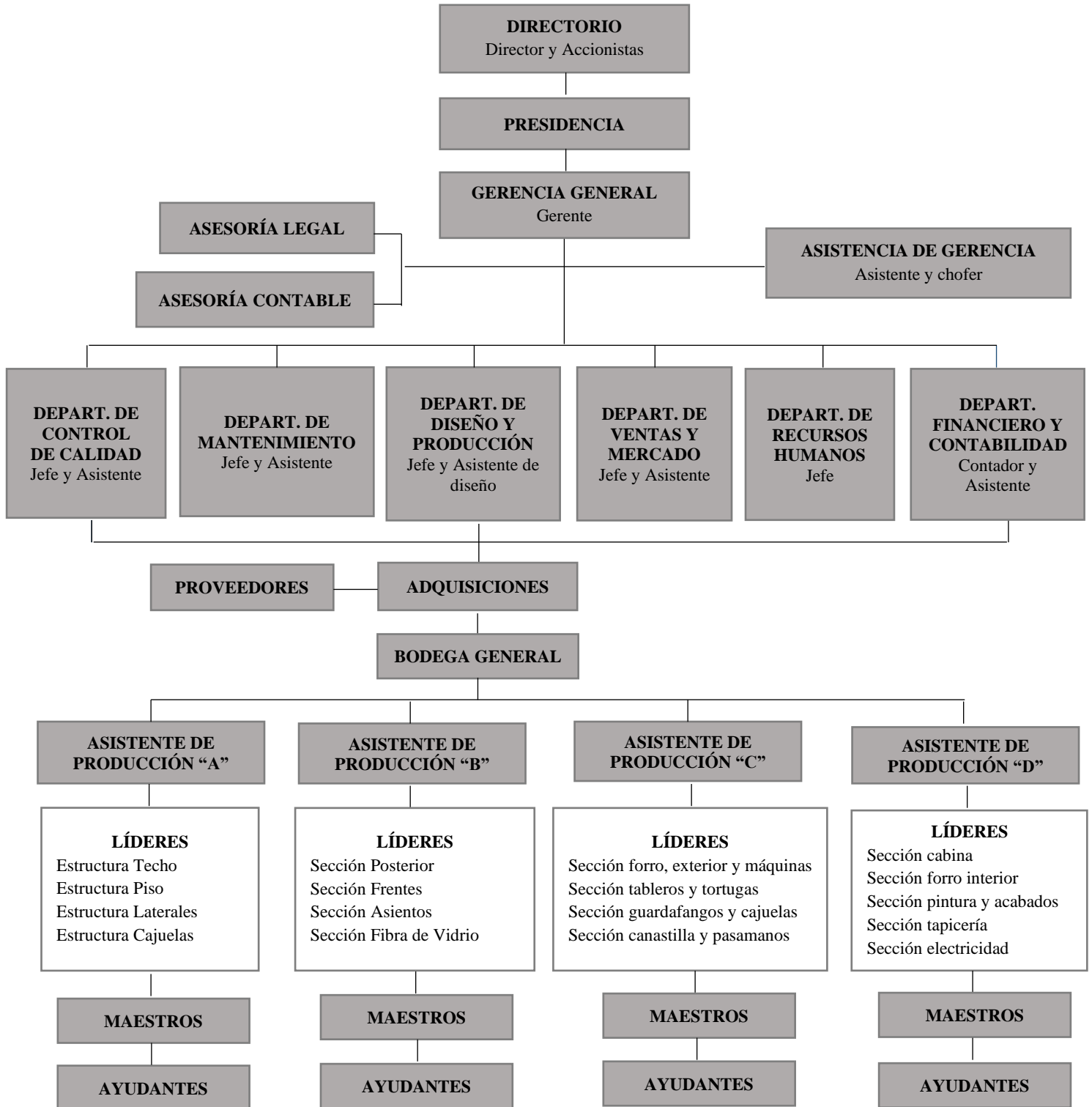


Figura 18: Estructura orgánica de la empresa Varma S.A.

3.1.5. Inventario



Tabla 16: Inventario de máquinas y herramientas de la línea de pintura.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.				
		LÍNEA DE PINTURA				
		INVENTARIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS				
ITEM	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	TIPO	COMPONENTE	ESTADO	CANTIDAD
1	MPE-CPS-03-P5-0012-PPE	Horno de pintura "GOTTERT"	Eléctrico	Equipo	Funcionando	1
2	N/A	Quemador automático Gas-oíl "Auto-quem"	Eléctrico	Máquina	Funcionando	1
3	MPE-CPQ-03-P5-0013-PPE	Cabina de preparación de pintura	Eléctrico	Equipo	Funcionando	1
4	MPE-COM-03-P2-014.1-PPE	Compresor de tornillo rotativo con inyección de aceite "ATLAS COPCO GA 22VSD"	Eléctrico	Máquina	Funcionando	1
5	MPE-COM-03-P2-014.1-PPE	Compresor de aire de paleta rotativa "HYDROVANE HV37RS"	Eléctrico	Máquina	Funcionando	1

Tabla 16: Continuación

		CARROCERÍAS VARMA S.A.				
		LÍNEA DE PINTURA				
		INVENTARIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS				
ITEM	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	TIPO	COMPONENTE	ESTADO	CANTIDAD
6	MPE-SAC-03-P2-014.2-BC	Secador de Aire Comprimido "ATLASCOPCO FX8"	Eléctrico	Máquina	Funcionando	1
7	HEN-LIJ-03-P4.1-0001-PPE	Lijadora orbital "3M"	Neumática	Herramienta	Funcionando	3
8	HEN-LIJ-03-P4.1-0002-PPE	Lijadora orbital "RL-1206P"	Neumática	Herramienta	Funcionando	2
9	HEE-PULG-03-P4.1-0001-PPE	Pulidora angular "HITACHI KOKI"	Eléctrica	Herramienta	Funcionando	3
10	HEN-SPI-03-P4.1-0001-PPE	Soplete para pintura de acabado	Neumático	Herramienta	Funcionando	3

Tabla 16: Continuación

		CARROCERÍAS VARMA S.A.				
		LÍNEA DE PINTURA				
		INVENTARIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS				
ITEM	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	TIPO	COMPONENTE	ESTADO	CANTIDAD
11	HEN-SPI-03-P4.1-0002-PPE	Soplete para pintura de fondo	Neumático	Herramienta	Funcionando	2
12	HEN-CLT-03-P4.2-0003PPE	Soplete para calafateo	Neumático	Herramienta	Funcionando	2
13	HEM-CPF-03-P4.1-0001-BC	Copa Ford	Manual	Herramienta	Buen estado	1
14	HEM-SPT-03-P4.1-0001-BC	Espátula	Manual	Herramienta	Buen estado	7
15	HEM-REG-03-P4.1-0001-BC	Regla para preparar pintura	Manual	Herramienta	Buen estado	2

3.1.6. Desarrollo del mantenimiento productivo total (TPM)

Para el desarrollo del programa TPM en la línea de pintura conforme se indica en la Tabla 2, se ejecutará la fase de preparación la cual está constituida de 5 etapas donde se emplea el inventario de la maquinaria, la cabina de preparación de pintura, el horno de pintura y sus alrededores.

Para la fase de implantación se ejecutará las etapas de mejoramiento de la eficiencia de los equipos mediante el análisis AMFE y criticidad, desarrollo del mantenimiento autónomo y la realización de un mantenimiento planificado que incluya actividades, frecuencias y periodos para su ejecución.

3.1.6.1. Determinación de emplear el TPM en la empresa

Mediante la carta compromiso firmada por el gerente general Dr. Juan Pablo Vargas Salman, con fecha 30 de octubre de 2020 en la cual acepta y respalda el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo basado en el mantenimiento productivo total para la maquinaria en línea de pintura.

3.1.6.2. Difusión del TPM

Por medio del Ing. José Alarcón se procedió a la socialización del proyecto TPM a los diferentes líderes de grupo de la línea de pintura, de manera que colaboren con la ejecución de las diferentes actividades.

3.1.6.3. Estructura Promocional del TPM

El Ing. José Alarcón jefe de producción procede a designar al Tnlgo. Ricardo Quispe, quien está a cargo del departamento de mantenimiento como coordinador y responsable en la ejecución del programa TPM.

Las actividades se deberán coordinar con los líderes de la línea de pintura, de modo que se establezca una comunicación permanente entre trabajadores.

3.1.6.4. Análisis de las condiciones actuales (FODA)

Para establecer las condiciones actuales se emplea la herramienta de análisis de fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades; la cual ayudará a establecer un punto de partida y determinar ciertas estrategias con la finalidad de cumplir con los objetivos descritos en la investigación.

En la Figura 19 se describe la matriz de análisis “FODA” para la línea de pintura.

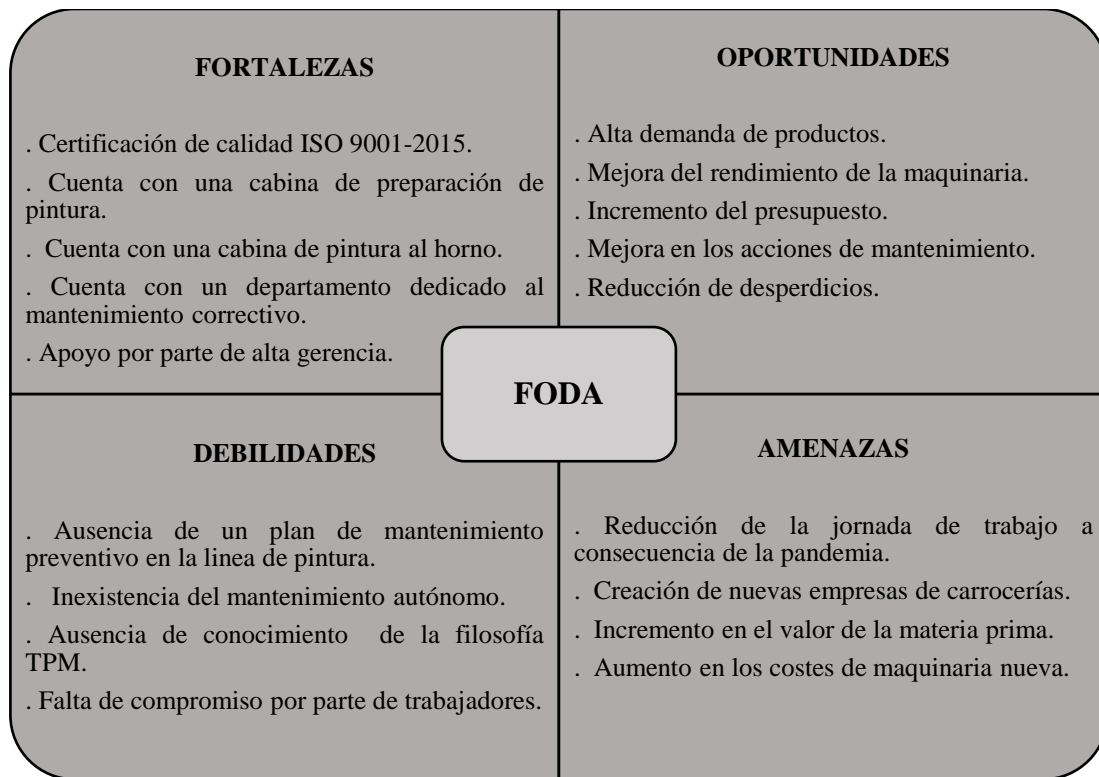


Figura 19: Análisis FODA.

3.1.7. Plan del TPM

3.1.7.1. Selección del equipo piloto

Para la selección del equipo piloto realizamos una ponderación de la maquinaria y herramientas descritas en el inventario de la línea de pintura, en el cual consideramos el nivel de importancia según los valores establecidos en la Tabla 17.

Tabla 17: Valores para seleccionar el equipo piloto.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	VALOR
Muy bajo	Escasa importancia	1
Bajo	Mínima importancia	2
Medio	Regular importancia	3
Alto	Alta importancia	4
Muy alto	Extrema importancia	5

Como se indica en la Tabla 18 para la selección del equipo piloto se consideró los criterios de costo de mantenimiento, frecuencia de fallos, utilización y mantenibilidad, de manera que se escoja la maquinaria y herramientas indispensables en el proceso de pintura.

Tabla 18: Matriz para la selección del equipo piloto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DE FALLOS	UTILIZACIÓN	MANTENIBILIDAD	TOTAL
1	Horno de pintura "GOTTERT"	4	3	4	3	14
2	Quemador automático Gas-oil "Auto-quem"	3	2	5	3	13
3	Cabina de preparación de pintura	3	2	5	3	13
4	Compresor de tornillo rotativo con inyección de aceite "ATLAS COPCO GA 22VSD"	3	2	4	3	12
5	Compresor de aire de paleta rotativa "HYDROVANE HV37RS"	3	2	5	3	13

Tabla 18: Continuación

6	Secador de Aire Comprimido "ATLASCOPCO FX8"	3	2	5	3	13
7	Lijadora orbital "3M"	2	3	5	2	12
8	Lijadora orbital "RL-1206P"	2	3	5	2	12
9	Pulidora angular "HITACHI KOKI"	2	3	5	2	12
10	Soplete para pintura de acabado	3	4	5	3	15
11	Soplete para pintura de fondo	3	4	5	3	15
12	Soplete para calafateo	3	4	5	3	15
13	Copa Ford	1	1	4	1	7
14	Espátula	1	1	4	1	7
15	Regla para preparar pintura	1	1	3	1	6

En la ponderación que se realizó según la Tabla 18, los equipos de mayor importancia según los criterios establecidos son en total 12, de tal forma que constituyen el equipo piloto a ser intervenido en el presente proyecto.

3.1.7.2. Aplicación de las "5S"

La estrategia de las "5S" es importante en el desarrollo del TPM, de manera que su aplicación contribuya al mejoramiento del entorno de trabajo en la línea de pintura, para lo cual se ejecutará las tres primeras "S" (clasificar, organizar y limpiar) y las otras restantes (estandarizar y disciplina) se aplicará de manera conjunta.

Para la aplicación de las "5S" se consideró las instalaciones correspondientes a la línea de pintura las cuales están formadas por la cabina de preparación de pintura, horno de pintura, área de ubicación de compresores y sus alrededores. Además, para una mejor gestión de las "5S" se realizarán ciertos formatos que contribuyan a un mejor desempeño.

Implementación del SEIRI (Clasificar)

Para la aplicación del “SEIRI” se procedió a inspeccionar la sección de pintura y sus áreas adyacentes, donde se logró identificar ciertos elementos innecesarios que ocasionan problemas de obstaculización en las tareas de producción y mantenimiento.

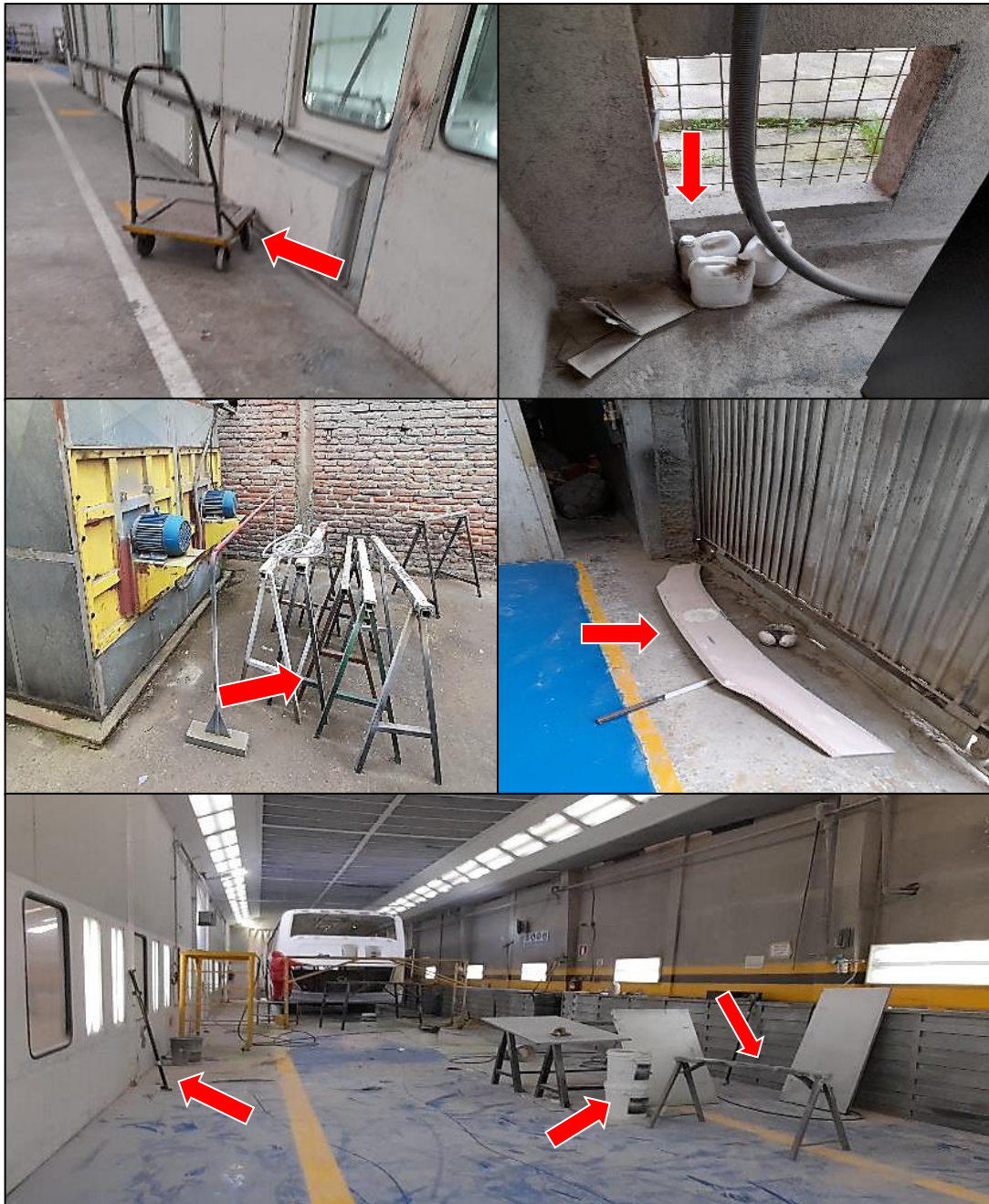




Figura 20: Identificación de elementos innecesarios.

La estrategia de identificar los elementos innecesarios tiene el propósito de educar al personal para evitar que ubiquen incorrectamente cualquier elemento y generen algún tipo de obstrucción.

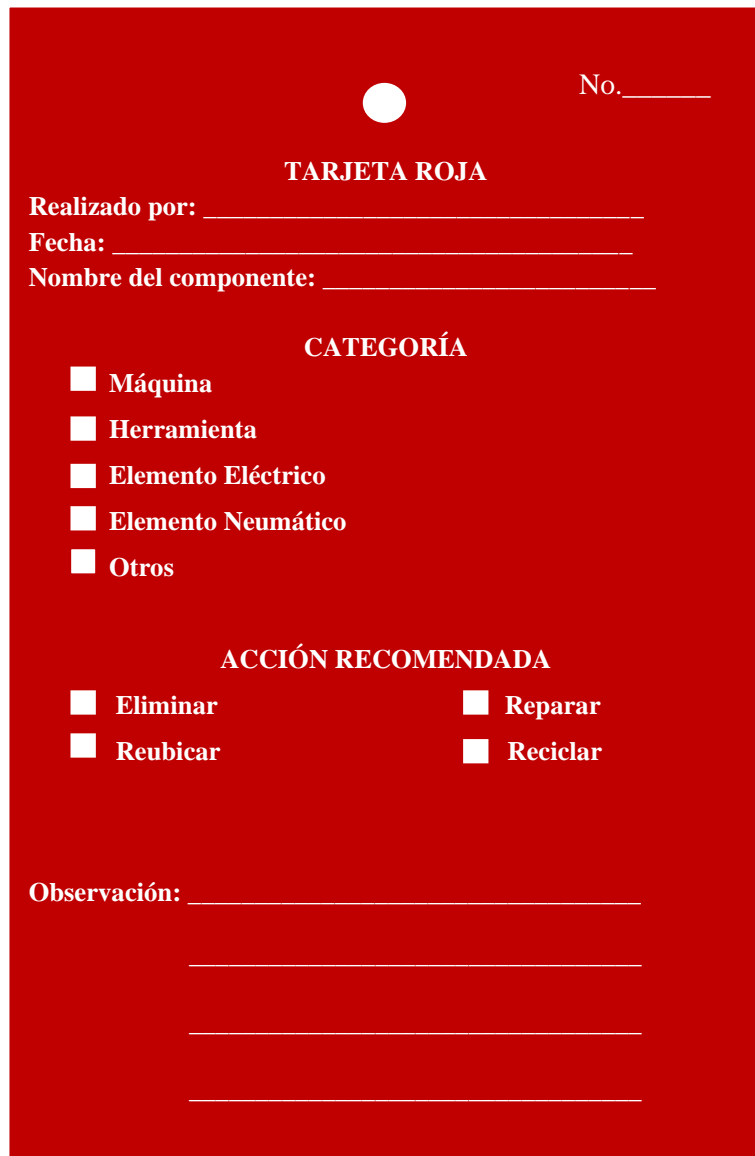
En la Tabla 19 se detallan algunos elementos innecesarios que se encontraban en la sección de pintura y sus alrededores y los cuales fueron reubicados.

Tabla 19: Elementos innecesarios.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.		
		LÍNEA DE PINTURA		
		APLICACIÓN “5S” - ELEMENTOS INNECESARIOS		
CANTIDAD	ELEMENTO	OBSERVACIÓN		
1	Carrito para el transporte de piezas de fibra de vidrio	Se encuentra mal ubicada en la entrada del horno de pintura.		
3	Envases de plástico	Envases vacíos mal ubicados en el área de compresores.		
6	Caballetes	Obstaculizan la inspección de los motores eléctricos en la parte posterior del horno de pintura.		
1	Pieza de fibra de vidrio	El elemento está tirado en el piso cercano a la cabina de preparación de pintura.		
1	Orejeras	Tiradas en el piso cercano a la cabina de preparación de pintura.		
1	Lona	Obstruye el paso en el acceso de la cabina de preparación de pintura.		
2	Baldes	Se encuentra mal ubicado en el piso de la cabina de preparación de pintura.		
2	Mangueras	Se encuentran mal extendidas en el piso de la cabina de preparación de pintura.		
Observación:				
Elaborado por:	Edison Caguana	Fecha de elaboración:	14/09/2021	
Aprobado por:	Ing. Jorge Guamanquispe	Fecha de revisión:	18/10/2021	

Tarjeteado de elementos innecesarios

Se propone realizar el tarjeteado de elementos innecesarios con la finalidad de enumerar y decidir las acciones a tomar con respecto a estos elementos que fueron identificados previamente, por el cual se utiliza una tarjeta de color rojo que describe información necesaria como se indica en la Figura 21, en consecuencia, se realizó el tarjeteado de los elementos innecesarios el cual se indica en el Anexo 2.



The image shows a red rectangular card with a white circle at the top center. The text on the card is as follows:

No. _____

TARJETA ROJA

Realizado por: _____

Fecha: _____

Nombre del componente: _____

CATEGORÍA

- Máquina
- Herramienta
- Elemento Eléctrico
- Elemento Neumático
- Otros

ACCIÓN RECOMENDADA

<input type="checkbox"/> Eliminar	<input type="checkbox"/> Reparar
<input type="checkbox"/> Reubicar	<input type="checkbox"/> Reciclar

Observación: _____

Figura 21: Modelo de tarjeta roja.

Implementación del SEITON (Orden)

En la aplicación del “SEITON” se procedió a identificar los elementos que se encuentran mal ubicados, de manera que sean reubicados en sus lugares respectivos y evitar un ambiente desordenado.



Figura 22: Ubicación de elementos en sus lugares respectivos.

Implementación del SEISO (Limpieza)

La realización de la limpieza se lleva a cabo una vez que termina la jornada de trabajo, sin embargo, se propone que se realice una vez terminado ciertas actividades como el lijado y pulido de las superficies masillados de la carrocería, de modo que mantengamos un aseo constante.



Figura 23: Limpieza de la sección de pintura.

Implementación del SEIKETSU y SHITSUKE (Estandarizar y Disciplina)

En la aplicación de la estandarización se sugiere cumplir con todas las directrices señaladas en las “3S” anteriores que serán reforzadas en la realización del mantenimiento autónomo.

Para el desarrollo de la última “S” se necesitará la predisposición del personal de la sección pintura, de manera que las estrategias antes mencionadas se ejecuten en el marco del respeto y la obediencia.

3.1.7.3. Implementación de seguridad, higiene y medioambiente

Manipulación de herramientas

El personal de la sección de pintura debe ser responsable en la utilización de las herramientas para la ejecución de sus actividades, para lo cual se debe utilizar guantes de nitrilo que impiden que las partículas de pintura o masilla afecten las manos al manipular sopletes, lijadoras y pulidoras. De igual manera el personal que realice actividades con herramientas en la parte superior de la carrocería debe utilizar andamios y líneas de vida de ser necesario para su protección.



Figura 24: Manipulación de herramientas.

Equipo de protección personal

El equipo de protección se utiliza para prevenir accidentes y precautelar la salud de los trabajadores, a continuación, se detalla el equipo de protección que se utiliza en la línea de pintura.

Tabla 20: Equipo de protección en la línea de pintura.

EQUIPO DE PROTECCIÓN	IMAGEN
Overol para pintura y preparación de pintura	
Zapatos industriales	
Mascarilla para pintar	
Gafas de seguridad	
Orejas industriales	
Guantes de nitrilo	

Señalización de seguridad

La señalización que presenta la empresa está debidamente ubicada en los lugares que corresponde, de modo que el personal puede precautelar su integridad en caso de algún accidente.



Figura 25: Señalización de seguridad en la sección de pintura.



Figura 26: Salidas de emergencia.

Medio ambiente

El reciclaje de los desperdicios comunes y de sobrantes de acero es la principal acción que se realiza para contribuir con el medio ambiente, de modo que ningún residuo ocasione algún tipo de contaminación dentro o fuera de la empresa.



Figura 27: Recipiente para la recolección de desechos comunes.

3.1.8. Mantenimiento autónomo

Uno de los pilares fundamentales del TPM es la realización de un mantenimiento autónomo, cuyo propósito es involucrar al operario de la línea de pintura en actividades de limpieza y lubricación.

Limpieza

Los operarios de la sección de pintura deberán realizar una limpieza rápida de las máquinas y herramientas utilizadas en su jornada de trabajo, con la finalidad de evitar que se acumulen los desperdicios y la suciedad. Para realizar la limpieza se debe utilizar el equipo de protección y los materiales de limpieza, los cuales se detallan en la Tabla 21:

Tabla 21: Materiales para la limpieza.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.	
		LÍNEA DE PINTURA	
		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO - MATERIALES PARA LA LIMPIEZA	
			
CANTIDAD	MATERIALES	DESCRIPCIÓN	
2	Escoba industrial	Limpieza de la sección de pintura	
2	Pala metálica	Recoger polvo y basura	
300 gr	Waype	Limpieza de las máquinas	
2	Guantes de caucho	Protección de las manos	
500 ml	Disolvente (Thinner)	Limpieza de las herramientas como los sopletes de pintura, fondo y calafateo.	
Observación:			
Elaborado por:	Edison Caguana	Fecha de elaboración:	14/09/2021
Aprobado por:	Ing. Jorge Guamanquispe	Fecha de revisión:	18/10/2021


Registro de inconformidades durante la limpieza

Para tener un registro de las novedades durante la limpieza se sugiere el formato de tarjeta de inconformidades (ver Figura 28), la cual será entregada en el departamento de mantenimiento para su pronta intervención. Los encargados de dar cumplimiento a este registro son el jefe del departamento de mantenimiento y el líder de grupo.

En la Tabla 22 se describen varias inconformidades que se detectan habitualmente durante la limpieza en la sección de pintura.

Tabla 22: Inconformidades durante la limpieza.

INCONFORMIDAD	DESCRIPCIÓN
Daños	Deformaciones, grietas y aplastamiento
Inusual	Vibración, ruido raro y calentamiento excesivo
Gases	Fugas de aire comprimido y CO2
Derrames de líquidos	Pintura, disolventes y desengrasantes
Contaminación	Masilla, pintura, disolventes, aceites y polvo.
Desechos	Materiales de embalaje, fibra de vidrio y masilla
Lubricación	Lubricante limitado, presencia de suciedad y fugas
Iluminación	Luces descompuestas, sucias y en peligrosa posición.
Desajustes	Pernos, tuercas corroídos, aislados y fisurados
Otros	Herramientas y materiales descompuestos



No. _____

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

TARJETA DE INCONFORMIDADES

Realizado por: _____

Fecha: _____

Nombre de la inconformidad: _____

DESCRIPCIÓN

Figura 28: Tarjeta de inconformidades.

Lubricación

La lubricación que se realiza en el mantenimiento autónomo considera únicamente tareas sencillas las cuales son de rápida ejecución y sin presentar dificultades al operario. Estas tareas se deben realizar de manera constante de modo que se garantice el buen funcionamiento de la maquinaria y herramientas, con la finalidad de evitar su desgaste anticipado.

Para el registro de las actividades de lubricación se proporciona el siguiente formato (ver Tabla 23) en el cual se debe describir el nombre de la máquina o herramienta intervenida.

Tabla 23: Formato para el registro de actividades de lubricación.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.	
		LÍNEA DE PINTURA	
		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO - LUBRICACIÓN	
			
MÁQUINA/HERRAMIENTA		ACTIVIDADES	
Observación:			
Elaborado por:		Fecha de elaboración:	
Aprobado por:		Fecha de revisión:	

3.1.9. Elaboración de fichas técnicas

La elaboración de fichas técnicas se lleva a cabo gracias a la información recolectada de manuales de usuario, catálogos, tablas técnicas y placas de identificación de la maquinaria y herramientas existentes en la línea de pintura.

En la Tabla 24 se describe el modelo de ficha técnica que se utilizará para especificar las características generales y características técnicas de la máquina o herramienta.

Tabla 24: Modelo de ficha técnica.




		CARROCERÍAS VARMA S.A.							
		LÍNEA DE PINTURA							
		FICHA TÉCNICA							
MÁQUINA	EQUIPO		HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°				
					FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA-EQUIPO-HERRAMIENTA				
					CARACTERÍSTICAS GENERALES				
					CÓDIGO				
					MARCA				
					N° DE SERIE				
					MODELO				
					PROCEDENCIA				
					ESTADO ACTUAL				
					DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					COMPONENTES				
POTENCIA			CORRIENTE						
VOLTAJE			CAPACIDAD						
AMPERAJE			FRECUENCIA						
PRESIÓN			VELOCIDAD						
FUNCIÓN									

Tabla 25: Ficha técnica del horno de pintura.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO	X	HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°	1
HORNO DE PINTURA "GOTTERT"				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	MPE-CPS-03-P5-0012-PPE						
MARCA	GOTTERT						
N° DE SERIE	1570						
MODELO	TG3711198L15						
PROCEDENCIA	Argentina						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO				
	9 m	6 m	7 m				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA	60 Hp	VELOCIDAD	1710 rpm	4 motores	1 quemador		
VOLTAJE	220 V	CORRIENTE	Trifásico	2 ventiladores			
AMPERAJE	50 A	FRECUENCIA	60 Hz	2 extractores			
FUNCIÓN	Es el encargado de acelerar el proceso de secado de la carrocería pintada.						

Tabla 26: Ficha técnica del quemador automático de gas-oil.



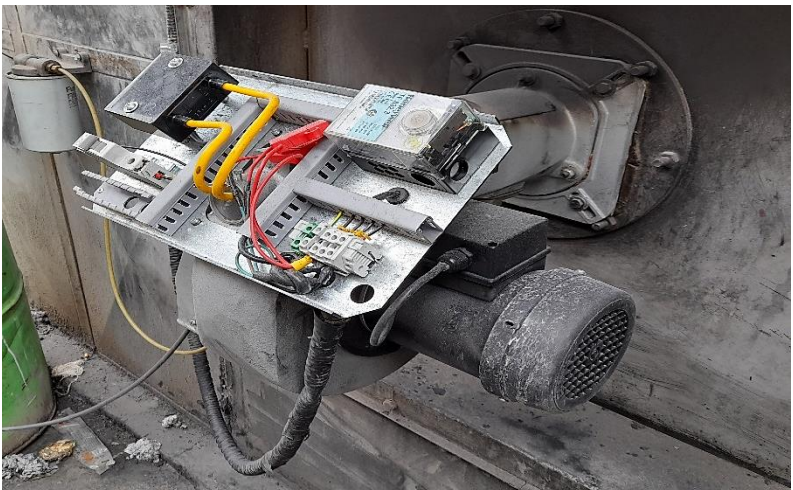
		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA	X	EQUIPO		HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°	2
QUEMADOR AUTOMÁTICO DE GAS-OIL				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
MARCA	AUTO-QUEM						
N° DE SERIE	67241						
MODELO	FZT-1025						
PROCEDENCIA	Argentina						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO				
	870 mm	430 mm	420 mm				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
CAPACIDAD	250000 Kcal/h	MOTOR	Monofásico	Inyector	Motor		
PRESIÓN	11 Kg/cm ² (10,7 bar)	VELOCIDAD	2800 rpm	Electrodo de encendido	Sensor de llama		
INYECTOR	5,5 gph	VOLTAJE	220 V	Filtro de gas-oil	Bomba de gas-oil		
FUNCIÓN	Es el componente que permite obtener el calor necesario para el secado de la carrocería pintada.						

Tabla 27: Ficha técnica de la cabina de preparación de pintura.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO	X	HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°	3
CABINA DE PREPARACIÓN DE PINTURA				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	MPE-CPQ-03-P5-0013-PPE						
MARCA	COLOR COVERS						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO				
	20 m	6 m	8 m				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
MOTOR	Trifásico	VELOCIDAD	1755 rpm	4 motores	96 fluorescentes leds de 18w		
POTENCIA	15 Hp	FRECUENCIA	60 Hz	3 ventiladores	2 reflectores de 300w		
VOLTAJE	220 V			1 extractor	Tablero de control		
FUNCIÓN	En este lugar se realizan las diferentes actividades de preparación de pintura como el pulido, masillado y lijado de la carrocería para su posterior pintado.						

Tabla 28: Ficha técnica del compresor de tornillo rotativo.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA	X	EQUIPO		HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°	4
COMPRESOR DE TORNILLO ROTATIVO CON INYECCIÓN DE ACEITE “ATLAS COPCO”				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	MPE-COM-03-P2-0014-PPE						
MARCA	ATLAS COPCO						
N° DE SERIE	API837728						
MODELO	GA 22 VSD+						
PROCEDENCIA	Bélgica						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO				
	811 mm	780 mm	1590 mm				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
POTENCIA	30 Hp	CAPACIDAD	159,2 cfm	Motor IPM	Ventilador		
VOLTAJE	220 V	PRESIÓN NOMINAL	13 bar	Filtro de aceite	Purgador de agua		
VELOCIDAD	5700 rpm	FRECUENCIA	60 Hz	Válvula centinela	Tornillo		
FUNCIÓN	Su función es atrapar el aire ambiente, el cual es conducido a través de los rotores que se encargan de aumentar su presión, de modo que se obtiene un aire comprimido listo para su aplicación en las tareas de pintura.						

Tabla 29: Ficha técnica del compresor de aire de paleta rotativa.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA	X	EQUIPO		HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°	5
COMPRESOR DE AIRE DE PALETA ROTATIVA "HYDROVANE HV22RS"				FOTOGRAFÍA			
							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	MPE-COM-03-P2-014.1-PPE						
MARCA	HYDROVANE						
Nº DE SERIE	V22-000405-0804						
MODELO	V22ACE08-2336D105						
PROCEDENCIA	Reino Unido						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO				
	825,5mm	711,2 mm	1524 mm				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
POTENCIA	30 Hp	CAPACIDAD	150 cfm	Motor eléctrico	Ventilador		
VOLTAJE	220 V	PRESIÓN NOMINAL	100,2 Psig	Filtro de aire	Válvula de presión		
VELOCIDAD	1770 rpm	FRECUENCIA	60 Hz	Filtro separador de agua	Bobina		
FUNCIÓN	Suministra aire comprimido necesario para cubrir las demandas que se generan durante el proceso productivo.						

Tabla 30: Ficha técnica del secador de aire comprimido.


MÁQUINA		X	EQUIPO		HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°		6	
			CARROCERÍAS VARMA S.A.							
			LÍNEA DE PINTURA							
			FICHA TÉCNICA							
SECADOR DE AIRE COMPRIMIDO "ATLASCOPCO FX8"					FOTOGRAFÍA					
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
CÓDIGO		MPE-SAC-03-P2-014.2-BC								
MARCA		ATLASCOPCO								
N° DE SERIE		ITJ177930								
MODELO		FX8 (E7)								
PROCEDENCIA		Bélgica								
ESTADO ACTUAL		Funcionando								
DIMENSIONES		LARGO	ANCHO	ALTO						
		560 mm	460 mm	829 cm						
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					COMPONENTES					
POTENCIA	1, 605 Hp	CAPACIDAD		127 cfm	Motor eléctrico		Purgador automático			
VOLTAJE	220 V	REFRIGERANTE		R410A	Válvula de bypass de gas caliente		Ventilador			
FRECUENCIA	60 Hz	PRESIÓN MÁXIMA REFR.		43 bar	Filtro capilar		Válvula principal			
CARGA DE SECADO	53 Kg	TEMPERATURA MIN-MAX		5-55 °C	Tubo capilar					
FUNCIÓN	El secador es el encargado de eliminar la humedad del aire comprimido, de modo que se evite la corrosión en el sistema.									

Tabla 31: Ficha técnica de la lijadora orbital 3M.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO		HERRAMIENTA	X	FICHA TÉCNICA N°	7
LIJADORA ORBITAL “3M”				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	HEN-LIJ-03-P4.1-0001-PPE						
MARCA	3M						
N° DE SERIE	2648276						
MODELO	28510						
PROCEDENCIA	Estados Unidos						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO				
	245 mm	150 mm	92,6 mm				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
POTENCIA	0,28 Hp	CONSUMO DE AIRE	16,98 cfm	Accesorio para el escape del polvo	Carcasa		
VELOCIDAD	12000 rpm	DIÁMETRO DE LA ÓRBITA	8 mm	Control de velocidad	Almohadilla		
PRESIÓN MÁXIMA	6,2 bar	TAMAÑO DE MANGUERA	3/8 pulg	Palanca de activación			
FUNCIÓN	Esta herramienta es utilizada para el lijado de las superficies que fueron aplicadas la masilla en la carrocería.						

Tabla 32: Ficha técnica de la lijadora orbital RL.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO		HERRAMIENTA	X	FICHA TÉCNICA N°	8
LIJADORA ORBITAL “RL-1206P”				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	HEN-LIJ-03-P4.1-0002-PPE						
MARCA	RONG LONG						
N° DE SERIE	0171398						
MODELO	1206P						
PROCEDENCIA	Taiwán						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO				
	350 mm	278 mm	124 mm				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					COMPONENTES		
VELOCIDAD	2500 rpm	CONSUMO DE AIRE	12 cfm	Empuñadura	Carcasa		
PRESIÓN MÁXIMA	6,2 bar	DIMENSIÓN DE LIJA	7 pulg	Control de velocidad	Almohadilla para lijas		
PRESIÓN MÍNIMA	4,1 bar	TAMAÑO DE MANGUERA	5/16 pulg	Palanca de activación			
FUNCIÓN	Este tipo de lijadora se utiliza para complementar las actividades de lijado de las superficies que fueron aplicadas la masilla en la carrocería.						

Tabla 33: Ficha técnica de la pulidora angular.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO		HERRAMIENTA	X	FICHA TÉCNICA N°	9
PULIDORA ANGULAR HITACHI KOKI				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	HEE-PULG-03-P4.1-0001-PPE						
MARCA	HITACHI KOKI						
N° DE SERIE	M370024						
MODELO	G12SA3						
PROCEDENCIA	Malasia						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
DIMENSIONES	LARGO 260 mm	ANCHO 150 mm	ALTO 100 mm				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					COMPONENTES		
VELOCIDAD	10000 rpm	DIÁMETRO EXTERNO DE LA RUEDA		115 mm	Interruptor	Rueda de disco	
VOLTAJE	120 V	DIÁMETRO DEL ORIFICIO DE LA RUEDA		22 mm	Regulador de velocidad	Cable de alimentación	
AMPERAJE	8 A	FRECUENCIA		60 Hz	Empuñadura	Protector de rueda	
FUNCIÓN	Es una herramienta eléctrica la cual se utiliza para diferentes actividades como pulir, cortar materiales y lijar.						

Tabla 34: Ficha técnica del soplete para pintura de acabado.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO		HERRAMIENTA	X	FICHA TÉCNICA N°	10
SOPLETE PARA PINTURA DE ACABADO				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	HEN-SPI-03-P4.1-0001-PPE						
MARCA	VICTORIA						
N° DE SERIE	1041577						
MODELO	215 F1						
PROCEDENCIA	España						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
CONSUMO DE AIRE	290 l/min	DEPÓSITO	0,75 litros	Boquilla	Regulador del paso de aire		
PRESIÓN MÍNIMA	2 bar	N° DE BOQUILLA	1,2 mm	Empuñadura	Regalador del paso de pintura		
PRESIÓN MÁXIMA	8 bar			Depósito de plástico	Gatillo		
FUNCIÓN	El soplete de pintura proporciona una pulverización muy fina y uniforme de la pintura en todas las superficies de la carrocería.						

Tabla 35: Ficha técnica del soplete para pintura de fondo.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO		HERRAMIENTA	X	FICHA TÉCNICA N°	11
SOPLETE PARA PINTURA DE FONDO				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	HEN-SPI-03-P4.1-0002-PPE						
MARCA	ANEST IWATA						
N° DE SERIE	QC351796						
MODELO	WS-400						
PROCEDENCIA	Japón						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
CONSUMO DE AIRE	220 l/min	DEPÓSITO	0,6 litros	Boquilla	Regulador de paso de aire		
PRESIÓN MÍNIMA	2 bar	N° DE BOQUILLA	1,4 mm	Gatillo	Regalador de paso de pintura		
PRESIÓN MÁXIMA	7 bar			Depósito de plástico	Aguja		
FUNCION	Este tipo de soplete permite aplicar la pintura de fondo el cual tiene la finalidad de proteger el metal y además sirve de base para la pintura de acabado.						

Tabla 36: Ficha técnica del soplete para calafateo.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.					
		LÍNEA DE PINTURA					
		FICHA TÉCNICA					
MÁQUINA		EQUIPO		HERRAMIENTA	X	FICHA TÉCNICA N°	12
SOPLETE PARA CALAFATEO				FOTOGRAFÍA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
CÓDIGO	HEN-CLT-03-P4.2-0003PPE						
MARCA	PORTEN						
N° DE SERIE	N/A						
MODELO	PPI-RC						
PROCEDENCIA	Estados Unidos						
ESTADO ACTUAL	Funcionando						
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES			
CONSUMO DE AIRE	113 l/min	PRESIÓN MÍNIMA	4 bar	Gatillo	Entrada de aire		
ENTRADA DE AIRE	1/4 pulg	PRESIÓN MÁXIMA	6 bar	Manguera	Boquilla		
FUNCIÓN	Este tipo de soplete tiene la función de aplicar un recubrimiento en el chasis con la finalidad de proteger contra la corrosión.						

3.1.10. Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Para el desarrollo del análisis modal de fallos y efectos se emplea los índices de ponderación (índice de gravedad, índice de frecuencia e índice de detección), los cuales se basan en la NTP 679 y se detallan en la Tabla 37.

Tabla 37: Índices de ponderación para el análisis AMFE.

ÍNDICES DE PONDERACIÓN	
ÍNDICE DE GRAVEDAD	VALOR
Muy Baja - Repercusiones imperceptibles	1
Baja - Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	2-3
Moderada - Defectos de relativa importancia	4-6
Alta	7-8
Muy Alta	9-10
ÍNDICE DE FRECUENCIA	VALOR
Muy Baja Improbable	1
Baja	2-3
Moderada	4-5
Alta	6-8
Muy Alta	9-10
ÍNDICE DE DETECTABILIDAD	VALOR
Muy Alta	1
Alta	2-3
Mediana	4-6
Pequeña	7-8
Improbable	9-10

Tabla 38: AMFE del horno de pintura.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		HORNO DE PINTURA "GOTTERT"		MARCA:	GOTTERT	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	1	
CÓDIGO:		MPE-CPS-03-P5-0012-PPE		SERIE:	1570	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Motores eléctricos	Accionamiento de los ventiladores y extractores	Sobrecalentamiento	Cables de alimentación muy largos	Problemas de rendimiento	3	7	4	84	Corrección en el cableado de alimentación	Departamento de Mantenimiento
2	Ventiladores	Permite dirigir el aire hacia el interior del horno	Vibración	Desalineación de las aspas	Excesivo ruido y afectación en el caudal de aire.	4	5	2	40	Limpieza y alineación	Departamento de Mantenimiento
3	Extractores	Recirculación del aire caliente	Ruido excesivo	Rodamientos del eje desgastados	Reducción del flujo de extracción de aire	6	4	3	72	Cambio de rodamientos y limpieza	Departamento de Mantenimiento
4	Quemador	Genera el calor necesario para el secado de la pintura	Elevada contrapresión	Acumulación de hollín	Origina fuertes vibraciones durante el arranque	8	4	6	192	Limpieza	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									97		

Tabla 39: AMFE del quemador automático de gas-oil.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		QUEMADOR AUTOMÁTICO DE GAS-OIL		MARCA:	AUTO-QUEM	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	2	
CÓDIGO:		N/A		SERIE:	67241	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Inyector	Atomiza el combustible	Obstrucción	Partículas presentes en el combustible	Deficiencia en el encendido del combustible	2	4	6	48	Inspección del depósito de combustible	Departamento de Mantenimiento
2	Electrodo de encendido	Salto de chispa para el encendido del combustible	Imprecisión	Incorrecta separación de los electrodos	Ausencia de formación de la llama	2	6	2	24	Regular la separación de los electrodos	Departamento de Mantenimiento
3	Filtro de gas-oil	Filtra las impurezas	Obstrucción	Acumulación de impurezas	Deficiencia en la combustión	6	4	5	120	Reemplazo del filtro	Departamento de Mantenimiento
4	Motor eléctrico	Accionamiento de la bomba de combustible	El motor no gira	Cable de alimentación defectuoso	El quemador no enciende	5	7	4	140	Reemplazo del cable de alimentación	Departamento de Mantenimiento
5	Sensor de llama (Fotocélula)	Interrumpe el suministro de combustible ante un defecto en la llama de encendido.	No funciona el sensor	Sensor averiado	Impide el suministro de combustible	4	7	6	168	Reemplazo del sensor	Departamento de Mantenimiento
6	Bomba de gas-oil	Recirculación del combustible	Apagón intempestivo	Fallo del suministro de energía	Impide el suministro de combustible	2	4	7	56	Limpieza o Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									92,7		

Tabla 40: AMFE de la cabina de preparación de pintura.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		CABINA DE PREPARACIÓN DE PINTURA		MARCA:	COLOR COVERS	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	3	
CÓDIGO:		MPE-CPQ-03-P5-0013-PPE		SERIE:	N/A	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Motores eléctricos	Accionamiento de los ventiladores y extractor	Sobrecalentamiento	Cables de alimentación muy largos	Problemas de rendimiento	2	4	6	48	Corrección en el cableado de alimentación	Departamento de Mantenimiento
2	Ventilador	Permite dirigir el aire hacia el interior del horno	Vibración	Desalineación del eje principal	Afectación en el caudal de aire.	3	6	5	90	Limpieza y alineación	Departamento de Mantenimiento
3	Extractores	Recirculación del aire caliente	Ruido excesivo	Rodamientos del eje desgastados	Reducción del flujo de extracción de aire	6	4	3	72	Cambio de rodamientos y limpieza	Departamento de Mantenimiento
4	Fluorescentes leds	Mejora la iluminación de la cabina	No enciende	Desgaste por el tiempo de uso	Escasa iluminación	5	8	3	120	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
5	Reflectores	Mayor iluminación de la cabina	Obstrucción	Excesivo polvo	Disminuye la iluminación	4	7	3	84	Limpieza	Departamento de Mantenimiento
6	Tablero de control	Control de los ventiladores, extractor e iluminación de la cabina	Apagón intempestivo	Fallo del suministro de energía	Sin funcionamiento de los ventiladores, extractor e iluminación de la cabina	2	4	3	24	Inspección	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									73		

Tabla 41: AMFE del compresor de tornillo rotativo.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		COMPRESOR DE TORNILLO ROTATIVO CON INYECCIÓN DE ACEITE "ATLAS COPCO"		MARCA:	ATLAS COPCO	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	4	
CÓDIGO:		MPE-COM-03-P2-0014-PPE		SERIE:	API837728	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
Nº	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Motor IPM (imán permanente interno)	Accionamiento del tornillo y ventilador	Sobrecalentamiento	Desperfectos en los componentes	Pérdida de velocidad	4	6	2	48	Inspección de componentes o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
2	Filtro de aceite	Mantiene el circuito de aceite limpio	Obstrucción	Acumulación de polvo y suciedad	Circulación interrumpida del aceite	5	7	4	140	Limpieza o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
3	Válvula centinela	Optimización del caudal de entrada	Sobrepresión	Desgaste por el tiempo	Pérdidas de aire comprimido	6	5	4	120	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
4	Ventilador	Mantener una temperatura constante	Rozamientos en el ventilador	Acumulación de suciedad	Mayor consumo energético	4	5	4	80	Limpieza	Departamento de Mantenimiento
5	Purgador de agua	Eliminación del condensado	Acumulación de condensado	Fallo del suministro eléctrico	Pérdidas de aire comprimido	2	6	3	36	Inspección del suministro eléctrico	Departamento de Mantenimiento
6	Tornillo	Realiza movimiento rotativo para el desplazamiento del aire	Desgaste	Lubricación deficiente	Parada de la máquina	3	5	6	90	Realizar buena lubricación	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									85,7		

Tabla 42: AMFE del compresor de aire de paleta rotativa.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		COMPRESOR DE AIRE DE PALETA ROTATIVA "HYDROVANE HV22RS"	MARCA:		HYDROVANE	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	5	
CÓDIGO:		MPE-COM-03-P2-014.1-PPE	SERIE:		V22-000405-0804	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Motor eléctrico	Accionamiento de las paletas rotativas	Conexión de cable eléctrico defectuoso	Conductor desgastado	Parada de la máquina	6	4	4	96	Inspección de los conductores y reemplazo	Departamento de Mantenimiento
2	Filtro de aire	Filtrar la suciedad	Obstrucción	Acumulación de partículas	Deficiencia en la presión de aire	5	7	4	140	Limpieza o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
3	Filtro separador de agua	Evitar que se genere agua en la máquina	Desperfecto en las uniones	Desgaste por el tiempo	Acumulación de agua en la máquina	6	5	4	120	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
4	Ventilador	ventilación de la bobina	Ruido excesivo	Desbalance de las hélices	Mayor consumo energético	2	4	6	48	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
5	Válvula de presión	Regula la presión de la máquina	Desperfectos en las compuertas	Sobrepresión	Pérdidas de presión en la máquina	6	6	5	180	Inspección del sistema	Departamento de Mantenimiento
6	Bobina	Eliminación del ruido eléctrico	Mala lubricación de rodamiento	Lubricación deficiente	Ruido excesivo	3	5	4	60	Lubricación o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									107,3		

Tabla 43: AMFE de la secadora de aire comprimido.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		SECADOR DE AIRE COMPRIMIDO	MARCA:	ATLASCOPCO FX8	ELABORADO POR:	EDISON CAGUANA		MATRIZ AMFE N°	6		
CÓDIGO:		MPE-SAC-03-P2-014.2-BC	SERIE:	20414/1	FECHA REVISIÓN:	18/10/2021					
Nº	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Motor eléctrico	Accionamiento del ventilador	Vibración	Acoplamiento dañado	Problemas de accionamiento	4	3	3	36	Inspección de componentes o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
2	Válvula de bypass de gas caliente	Evitar que el condensado se congele cerca de la bobina	Daños en sus acoples	Extenso tiempo de trabajo	Desperfectos en la bobina	3	5	4	60	Inspección o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
3	Filtro capilar	Protege de la expansión de partículas nocivas	Obstrucción	Acumulación de partículas nocivas	Afectación de partículas en la máquina	6	4	5	120	Limpieza o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
4	Tubo capilar	Reduce la presión y temperatura del refrigerante	Conducto obstruido	Acumulación de hielo	Sobrecalentamiento en el condensador	5	7	6	210	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
5	Purgador automático	Permite evacuar el condensado	Desperfecto en las conexiones	Desgaste por el excesivo uso	Acumulación del condensado en los componentes	5	7	5	175	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
6	Ventilador	Mantener una temperatura constante en el condensador	No giran las hélices	Interrupción en el circuito eléctrico del motor	Sobrecalentamiento en el condensador	3	7	4	84	Reparar el circuito o reemplazar el motor	Departamento de Mantenimiento
7	Válvula principal	Regula la presión del sistema	Sobrepresión	Fugas en la válvula	Pérdida de presión del sistema	3	8	3	72	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									108,1		

Tabla 44: AMFE de la lijadora orbital 3M.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		LIJADORA ORBITAL 3M		MARCA:	3M	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	7	
CÓDIGO:		HEN-LIJ-03-P4.1-0001-PPE		SERIE:	2648276	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
Nº	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Control de velocidad	Regula la velocidad de trabajo	Remordido	Acumulación de polvo	Impide un manejo fácil de la velocidad.	6	4	3	72	Limpieza	Departamento de Mantenimiento
2	Palanca de activación	Accionamiento de la herramienta	Trabado	Ausencia de lubricación	Obstruye el encendido de la herramienta	4	9	3	108	Limpieza y lubricación	Departamento de Mantenimiento
3	Almohadilla para las lijas	Disco que sujeta las lijas	Deficiente agarre de las lijas	Desgaste	Imposibilita las tareas de lijado	6	10	2	120	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
4	Accesorio para el escape del polvo	Ayuda a la evacuación del polvo	Obstrucción	Acumulación de polvo	Parada parcial de la herramienta	5	4	3	60	Limpieza	Departamento de Mantenimiento
5	Carcasa	Protege las piezas internas	Roturas	Trabajo excesivo	Acelera el desgaste de la herramienta	2	6	4	48	Reparación y limpieza	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									81,6		

Tabla 45: AMFE de la lijadora orbital RL.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		LIJADORA ORBITAL “RL-1206P”		MARCA:	RONG LONG	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	8	
CÓDIGO:		HEN-LIJ-03-P4.1-0002-PPE		SERIE:	171398	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Control de velocidad	Regula la velocidad de accionamiento	Remordido	Acumulación de polvo	Impide una velocidad de trabajo estable	6	5	3	90	Limpieza	Departamento de Mantenimiento
2	Almohadilla para las lijas	Disco que sujeta las lijas	Deficiente agarre de las lijas	Desgaste	Imposibilita las tareas de lijado	6	10	2	120	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
3	Palanca de activación	Encendido de la herramienta	Atascado	Ausencia de lubricación	Dificulta las tareas de lijado	4	8	2	64	Limpieza y lubricación	Departamento de Mantenimiento
4	Empuñadura	Facilita el manejo de la herramienta	Deformación	Excesivo trabajo	No permite un buen agarre de la herramienta	3	5	2	30	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
5	Carcasa	Estructura que protege las piezas internas	Fracturación	Desgaste	Acelera un deterioro grave de la herramienta	1	8	2	16	Reparación	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									64		

Tabla 46: AMFE de la pulidora angular.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		PULIDORA ANGULAR HITACHI KOKI		MARCA:	HITACHI KOKI	ELABORADO POR:	EDISON CAGUANA		MATRIZ AMFE N°	9	
CÓDIGO:		HEE-PULG-03-P4.1-0001-PPE		SERIE:	M370024	FECHA REVISIÓN:	18/10/2021				
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Interruptor	Accionamiento de la herramienta	Trabado	Constante activación	Parada parcial de la herramienta	4	7	2	56	Inspección y limpieza	Departamento de Mantenimiento
2	Rueda de disco abombado	Ejecuta el pulido de las superficies	Desintegración	Rueda de disco de menor capacidad	Provoca retrasos	1	9	4	36	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
3	Cable de alimentación	Conduce la corriente a la herramienta	Irregular encendido de la herramienta	Cable desgastado	Parada parcial de la herramienta	5	7	3	105	Inspección o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
4	Empuñadura lateral	Facilita la manipulación de la herramienta	Degradación	Excesivo trabajo	Afecta el agarre de la herramienta	5	6	2	60	Reparación o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
5	Protector de la rueda	Protege la rueda de disco	Fisuras	Desgaste excesivo	Afectación de la rueda de disco	2	4	6	48	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
6	Regulador de velocidad	Controla la velocidad de trabajo	Velocidad intermitente	Desgaste excesivo	Parada parcial de la herramienta	3	7	6	126	Reparación o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									71,8		



Tabla 47: AMFE del soplete para pintura de acabado.

		CARROCERÍAS VARMA S.A									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA PINTURA DE ACABADO		MARCA:	VICTORIA	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA		MATRIZ AMFE N°	10
CÓDIGO:		HEN-SPI-03-P4.1-0001-PPE		SERIE:	1041577	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
Nº	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Regulador del paso de aire	Permite el paso del aire hacia la boquilla	Obstrucción	Acumulación de residuos	Deficiencia de aire	4	6	6	144	Limpieza	Departamento de Mantenimiento
2	Regulador del paso de pintura	Permite regular el paso de pintura a través de la boquilla	Taponamiento	Impurezas en la pintura	Impide el paso de pintura	2	8	4	64	Inspección y limpieza	Departamento de Mantenimiento
3	Gatillo	Accionamiento del soplete	Atascado	Desgaste del gatillo	No permite esparcir la pintura	4	8	3	96	Lubricación	Departamento de Mantenimiento
4	Depósito de plástico	Almacenamiento de la pintura	Rotura	Golpes	Filtraciones del depósito de pintura	5	8	4	160	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
5	Boquilla	Pulverización de la pintura	Desperfecto	Golpes	No realiza una buena pulverización	5	9	3	135	Reparación o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
6	Empuñadura	Facilita la manipulación	Rayado	Desgaste por trabajo excesivo	Afecta el correcto agarre de la herramienta	3	5	2	30	Inspección y limpieza	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									104,8		

Tabla 48: AMFE del soplete para pintura de fondo.

		CARROCERÍAS VARMA S.A									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA PINTURA DE FONDO		MARCA:	ANEST IWATA	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	11	
CÓDIGO:		HEN-SPI-03-P4.1-0002-PPE		SERIE:	QC351796	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Boquilla	Pulverización de la pintura de fondo	Desperfecto	Golpes	No realiza una buena pulverización	5	9	3	135	Reparación o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
2	Regulador del paso de aire	Permite el paso del aire hacia la boquilla	Pérdida de presión	Desajuste en el depósito	Pulverización intermitente	4	6	6	144	Apretar	Departamento de Mantenimiento
3	Regulador del paso de pintura	Permite regular el paso de pintura a través de la boquilla	Taponamiento	No se realiza la limpieza del soplete	No sale la pintura de fondo	2	8	4	64	Inspección y limpieza	Departamento de Mantenimiento
4	Gatillo	Accionamiento del soplete	Atascado	Desgaste del gatillo	No permite esparcir la pintura de fondo	4	8	3	96	Lubricación	Departamento de Mantenimiento
5	Aguja	Controla el paso del fluido	Obstrucción	Acumulación de pintura	Desperdicio de pintura de fondo	5	3	2	30	Limpieza o reemplazo	Departamento de Mantenimiento
6	Depósito de plástico	Almacenamiento de la pintura	Rotura	Trabajo excesivo	Derrames de pintura	4	6	2	48	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									86,2		

Tabla 49: AMFE del soplete para calafateo.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)									
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA CALAFATEO		MARCA:	PORTEN	ELABORADO POR:		EDISON CAGUANA	MATRIZ AMFE N°	12	
CÓDIGO:		HEN-CLT-03-P4.2-0003PPE		SERIE:	N/A	FECHA REVISIÓN:		18/10/2021			
N°	Componente	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Valoración				Acción correctiva	Responsable
						F	G	D	IPR		
1	Gatillo	Accionamiento del soplete	Atascado	Desgaste del gatillo	No permite esparcir la pintura de fondo	4	8	3	96	Lubricación	Departamento de Mantenimiento
2	Regulador de aire	Permite el paso del aire hacia la boquilla	Pérdida de presión	Desajuste en el depósito	Pulverización intermitente	4	6	6	144	Apretar	Departamento de Mantenimiento
3	Manguera de succión	Permite el paso del fluido al soplete	Rotura	Excesivo trabajo	Filtración del fluido	6	9	3	162	Reemplazo	Departamento de Mantenimiento
4	Boquilla	Pulverización del fluido	Desperfectos	Desajuste de la boquilla	No realiza una buena pulverización del fluido	7	8	2	112	Ajuste y limpieza	Departamento de Mantenimiento
PROMEDIO									128,5		

Análisis de las matrices AMFE

Para la realización de la matriz AMFE a los componentes de cada máquina y herramienta de la línea de pintura, se identificó ciertos modos de fallos que podrían afectar el normal funcionamiento y por consiguiente generar paradas en la producción.

Mediante la matriz AMFE se obtuvo valores de índice de prioridad de riesgo (IPR) que se describen en la Tabla 50, donde se puede evidenciar que los valores de IPR menor al promedio disponen de 36 componentes, a comparación con los valores de IPR mayor o igual al promedio que poseen una cantidad de 31 componentes los cuales son considerados de alto riesgo y de intervención inmediata.

Tabla 50: Valores obtenidos de IPR de las matrices AMFE.

VALORES DE IPR DE LAS MATRICES AMFE			
IPR < PROMEDIO		IPR ≥ PROMEDIO	
CANTIDAD	PORCENTAJE	CANTIDAD	PORCENTAJE
36	53,73%	31	46,27%

3.1.11. Análisis de criticidad

En el siguiente análisis se procederá a determinar la criticidad de ciertos componentes de las máquinas y herramientas según los criterios de ponderación como son frecuencia de fallos, factor de impacto operacional, factor de flexibilidad operacional, factor de costes de mantenimiento y factor de seguridad, higiene y ambiente. Para la jerarquización se empleó la Tabla 11 con la ayuda de los valores de frecuencia de fallos y consecuencias de los fallos.

Tabla 51: Análisis de criticidad del horno de pintura.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		HORNO DE PINTURA "GOTTERT"			MARCA:		GOTTERT		MATRIZ CRITICIDAD N°	1
CÓDIGO:		MPE-CPS-03-P5-0012-PPE			SERIE:		1570			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Motores eléctricos	3	1	2	3	3	8	24	Media criticidad	
2	Ventiladores	5	4	1	6	2	27	54	Media criticidad	
3	Extractores	5	2	1	6	2	17	34	No críticos	
4	Quemador	7	4	2	1	1	31	31	Media criticidad	

Tabla 52: Análisis de criticidad del quemador automático de gas-oil.



		CARROCERÍAS VARMA S.A. LÍNEA DE PINTURA MATRIZ DE CRITICIDAD							
DENOMINACIÓN:		QUEMADOR AUTOMÁTICO DE GAS-OIL		MARCA:		AUTO-QUEM		MATRIZ CRITICIDAD N°	2
CÓDIGO:		N/A		SERIE:		67241			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización
1	Inyector	5	1	1	1	2	7	14	No críticos
2	Electrodo de encendido	3	2	1	1	3	8	24	Media criticidad
3	Filtro de gas-oil	5	2	1	2	3	13	39	Media criticidad
4	Motor eléctrico	5	4	1	1	1	22	22	No críticos
5	Sensor de llama (Fotocélula)	3	2	1	1	1	8	8	No críticos
6	Bomba de gas-oil	3	1	1	2	1	6	6	No críticos

Tabla 53: Análisis de criticidad de la cabina de preparación de pintura.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		CABINA DE PREPARACIÓN DE PINTURA			MARCA:		COLOR COVERS		MATRIZ CRITICIDAD N°	3
CÓDIGO:		MPE-CPQ-03-P5-0013-PPE			SERIE:		N/A			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Motores eléctricos	5	4	1	1	1	22	22	No críticos	
2	Ventiladores	5	2	1	6	2	17	34	No críticos	
3	Extractores	5	2	1	6	2	17	34	No críticos	
4	Fluorescentes leds	7	4	1	1	3	30	90	Media criticidad	
5	Reflectores	7	2	1	1	2	16	32	No críticos	
6	Tablero de control	3	4	1	1	1	14	14	No críticos	

Tabla 54: Análisis de criticidad del compresor de tornillo rotativo.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		COMPRESOR DE TORNILLO ROTATIVO CON INYECCIÓN DE ACEITE “ATLAS COPCO”			MARCA:		ATLAS COPCO		MATRIZ CRITICIDAD N°	4
CÓDIGO:		MPE-COM-03-P2-0014-PPE			SERIE:		API837728			
Nº	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Motor IPM (imán permanente interno)	7	4	1	1	1	30	30	No críticos	
2	Filtro de aceite	5	2	1	1	2	12	24	No críticos	
3	Válvula centinela	3	2	1	1	2	8	16	No críticos	
4	Ventilador	7	2	1	1	2	16	32	No críticos	
5	Purgador de agua	7	2	1	1	2	16	32	No críticos	
6	Tornillo	7	4	1	1	1	30	30	No críticos	

Tabla 55: Análisis de criticidad del compresor de aire de paleta rotativa.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		COMPRESOR DE AIRE DE PALETA ROTATIVA "HYDROVANE"			MARCA:		HYDROVANE		MATRIZ CRITICIDAD N°	5
CÓDIGO:		MPE-COM-03-P2-014.1-PPE			SERIE:		V22-000405-0804			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Motor eléctrico	5	4	1	1	2	22	44	Media criticidad	
2	Filtro de aire	5	2	1	1	2	12	24	No críticos	
3	Filtro separador de agua	3	2	1	1	2	8	16	No críticos	
4	Ventilador	5	4	1	1	3	22	66	Media criticidad	
5	Válvula de presión	5	4	1	1	2	22	44	Media criticidad	
6	Bobina	5	4	1	1	1	22	22	No críticos	

Tabla 56: Análisis de criticidad del secador de aire comprimido.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		SECADOR DE AIRE COMPRIMIDO			MARCA:		ATLASCOPCO FX8		MATRIZ CRITICIDAD N°	6
CÓDIGO:		MPE-SAC-03-P2-014.2-BC			SERIE:		20414/1			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Motor eléctrico del ventilador	5	4	1	1	2	22	44	Media criticidad	
2	Válvula de bypass de gas caliente	5	4	1	1	2	22	44	Media criticidad	
3	Filtro capilar	3	2	1	1	3	8	24	Media criticidad	
4	Tubo capilar	3	4	1	1	3	14	42	Media criticidad	
5	Purgador automático	3	2	1	1	2	8	16	No críticos	
6	Ventilador	5	2	1	2	3	13	39	Media criticidad	
7	Válvula principal	5	2	1	1	3	12	36	Media criticidad	

Tabla 57: Análisis de criticidad de la lijadora orbital 3M.



		CARROCERÍAS VARMA S.A. LÍNEA DE PINTURA MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		LIJADORA ORBITAL 3M			MARCA:		3M		MATRIZ CRITICIDAD N°	7
CÓDIGO:		HEN-LIJ-03-P4.1-0001-PPE			SERIE:		2648276			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Control de velocidad	5	4	1	1	1	22	22	No críticos	
2	Palanca de activación	7	4	1	1	1	30	30	No críticos	
3	Almohadilla para las lijas	7	1	1	2	3	10	30	Media criticidad	
4	Accesorio para el escape del polvo	3	4	1	2	1	15	15	No críticos	
5	Carcasa	3	4	1	1	1	14	14	No críticos	

Tabla 58: Análisis de criticidad de la lijadora orbital RL.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		LIJADORA ORBITAL “RL-1206P”			MARCA:		RONG LONG		MATRIZ CRITICIDAD N°	8
CÓDIGO:		HEN-LIJ-03-P4.1-0002-PPE			SERIE:		171398			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Control de velocidad	3	4	1	2	1	15	15	No críticos	
2	Almohadilla para las lijas	5	4	1	3	2	24	48	Media criticidad	
3	Palanca de activación	5	4	1	2	2	23	46	Media criticidad	
4	Empuñadura	1	4	1	2	1	7	7	No críticos	
5	Carcasa	3	4	1	1	1	14	14	No críticos	

Tabla 59: Análisis de criticidad de la pulidora angular.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		PULIDORA ANGULAR HITACHI KOKI			MARCA:		HITACHI KOKI		MATRIZ CRITICIDAD Nº	9
CÓDIGO:		HEE-PULG-03-P4.1-0001-PPE			SERIE:		M370024			
Nº	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Interruptor	5	4	1	3	2	24	48	Media criticidad	
2	Rueda de disco abombado	5	2	1	3	2	14	28	No críticos	
3	Cable de alimentación	5	4	1	1	2	22	44	Media criticidad	
4	Empuñadura lateral	5	4	1	1	3	22	66	Media criticidad	
5	Protector de la rueda	5	4	1	1	2	22	44	Media criticidad	
6	Regulador de velocidad	5	4	1	1	1	22	22	No críticos	

Tabla 60: Análisis de criticidad del soplete para pintura de acabado.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA PINTURA DE ACABADO			MARCA:		VICTORIA		MATRIZ CRITICIDAD N°	10
CÓDIGO:		HEN-SPI-03-P4.1-0001-PPE			SERIE:		1041577			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Regulador del paso de aire	3	1	1	1	2	5	10	No críticos	
2	Regulador del paso de pintura	3	1	1	1	2	5	10	No críticos	
3	Gatillo	5	4	1	1	1	22	22	No críticos	
4	Depósito de plástico	7	2	1	3	3	18	54	Media criticidad	
5	Boquilla	7	4	1	3	1	32	32	Media criticidad	
6	Empuñadura	3	4	1	1	1	14	14	No críticos	

Tabla 61: Análisis de criticidad del soplete para pintura de fondo.





		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA PINTURA DE FONDO			MARCA:		ANEST IWATA		MATRIZ CRITICIDAD Nº	11
CÓDIGO:		HEN-SPI-03-P4.1-0002-PPE			SERIE:		QC351796			
Nº	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Boquilla	5	4	1	1	2	22	44	Media criticidad	
2	Regulador del paso de aire	3	1	1	1	2	5	10	No críticos	
3	Regulador del paso de pintura	3	1	1	1	3	5	15	Media criticidad	
4	Gatillo	5	1	1	1	1	7	7	No críticos	
5	Aguja	5	4	1	3	1	24	24	No críticos	
6	Depósito de plástico	7	1	1	1	2	9	18	No críticos	

Tabla 62: Análisis de criticidad del soplete para calafateo.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		MATRIZ DE CRITICIDAD								
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA CALAFATEO			MARCA:		PORTEN		MATRIZ CRITICIDAD N°	12
CÓDIGO:		HEN-CLT-03-P4.2-0003PPE			SERIE:		N/A			
N°	Componente	Factor de impacto operacional (IO)	Factor de flexibilidad operacional (FO)	Factor de costes de mantenimiento (CM)	Factor de seguridad, higiene y ambiente (SHA)	Frecuencia de fallos (FF)	Consecuencias de los fallos (CO)	Criticidad	Jerarquización	
1	Gatillo	1	4	1	1	2	6	12	No críticos	
2	Regulador de aire	5	2	1	1	3	12	36	Media criticidad	
3	Manguera de succión	5	2	1	3	3	14	42	Media criticidad	
4	Boquilla	5	4	1	1	1	22	22	No críticos	

3.1.12. Gamas de mantenimiento

La finalidad de una gama de mantenimiento es establecer acciones preventivas con la finalidad de reducir fallos que puedan presentarse en las máquinas y herramientas durante el proceso productivo.

Las acciones de carácter preventivo se aplicarán a cada componente empleando las frecuencias de acción como se indica en la Tabla 63 en la cual se describe el tiempo de duración y los materiales necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento.

Tabla 63: Frecuencia de acción de las gamas de mantenimiento.

FRECUENCIAS DE ACCIÓN	
CODIFICACIÓN	FRECUENCIA
1D	Diario
1S	Semanal
1M	Mensual
3M	Trimestral
6M	Semestral
1A	Anual

Tabla 64: Gama de mantenimiento del horno de pintura.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		HORNO DE PINTURA "GOTTERT"			MARCA:		GOTTERT		GAMA N°	1
CÓDIGO:		MPE-CPS-03-P5-0012-PPE			SERIE:		1570			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Motores eléctricos	Limpieza de los residuos y polvo							1 h	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Comprobación de fases							30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
2	Ventiladores	Limpieza de las aspas							2h	Caja de herramientas y waype
		Balanceo de las aspas							2h	Caja de herramientas y waype
3	Extractores	Inspeccionar el estado de los extractores							1h	Caja de herramientas y waype
		Limpieza de los residuos							1h	Caja de herramientas y waype
4	Quemador	Revisar el nivel de combustible							30min	Caja de herramientas y waype
		Limpieza de los depósitos de hollín							30 min	Caja de herramientas y waype
5	Puertas de acceso	Lubricación de bisagras							10 min	Caja de herramientas y lubricante

Tabla 65: Gama de mantenimiento del quemador automático de gas-oil.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		QUEMADOR AUTOMÁTICO DE GAS-OIL			MARCA:		AUTO-QUEM		GAMA N°	2
CÓDIGO:		N/A			SERIE:		67241			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Inyector	Inspeccionar y limpiar							30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
2	Electrodo de encendido	Verificar la separación entre electrodos							15 min	Caja de herramientas
3	Filtro de gas-oil	Cambio del filtro gas-oil							30 min	Caja de herramientas y waype
4	Motor eléctrico	Limpieza en general							30 min	Caja de herramientas y waype
		Inspección de las conexiones							15 min	Caja de herramientas y Multímetro
5	Sensor de llama	Limpieza							10 min	Caja de herramientas y waype
		Verificar funcionamiento							10 min	Caja de herramientas y Multímetro
6	Bomba de gas-oil	Limpieza							1 h	Caja de herramientas y waype
		Verificar acoplamientos							30 min	Caja de herramientas y waype
		Lubricación del eje motor-bomba							30 min	Caja de herramientas y lubricante

Tabla 66: Gama de mantenimiento de la cabina de preparación de pintura.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		CABINA DE PREPARACIÓN DE PINTURA			MARCA:		COLOR COVERS		GAMA N°	3
CÓDIGO:		MPE-CPQ-03-P5-0013-PPE			SERIE:		N/A			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Motores eléctricos	Limpieza del polvo							30 min	Caja de herramientas y waype
		Inspeccionar conexiones							30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Verificar estado de las correas de transmisión							10 min	Caja de herramientas y waype
2	Ventilador	Limpieza del polvo							15 min	Caja de herramientas, waype y kit de limpieza
		Inspeccionar el estado de las aspas							1 h	Caja de herramientas
3	Extractores	Limpieza del polvo							30 min	Caja de herramientas, waype y kit de limpieza
		Inspeccionar los conductos de extracción							2 h	Caja de herramientas, waype y multímetro

Tabla 66: Continuación

4	Fluorescentes leds	Limpieza del polvo						30 min	Caja de herramientas y waype
		Cambiar fluorescentes						1 h	Caja de herramientas, waype y kit de limpieza
5	Reflectores	Limpieza del polvo						30 min	Caja de herramientas, waype y kit de limpieza
6	Tablero de control	Verificar funcionamiento de los pulsadores						15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Inspeccionar conexiones						30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro

Tabla 67: Gama de mantenimiento del compresor de tornillo rotativo.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		GAMAS DE MANTENIMIENTO									
DENOMINACIÓN:		COMPRESOR DE TORNILLO ROTATIVO CON INYECCIÓN DE ACEITE"ATLAS COPCO"				MARCA:		ATLAS COPCO		GAMA N°	4
CÓDIGO:		MPE-COM-03-P2-0014-PPE				SERIE:		API837728			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES	
			1D	1S	1M	3M	6M	1A			
1	Motor IPM (imán permanente interno)	Limpieza del polvo							30 min	Caja de herramientas y waype	
		Inspeccionar conexiones							30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro	
2	Filtro de aceite	Inspección y limpieza							15 min	Caja de herramientas y waype	
3	Válvula centinela	Inspección y limpieza							30 min	Caja de herramientas y waype	
		Verificar funcionamiento							15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro	
4	Ventilador	Limpieza del polvo							30 min	Caja de herramientas y waype	
		Verificar conexiones							15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro	

Tabla 67: Continuación

5	Purgador de agua	Limpieza del condensado						1 h	Caja de herramientas y waype
		Verificar acoplamientos						30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Verificar conexiones						30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
6	Tornillo	Lubricación					1 h	Caja de herramientas, waype y lubricante	

Tabla 68: Gama de mantenimiento del compresor de aire de paleta rotativa.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		COMPRESOR DE AIRE DE PALETA ROTATIVO "HYDROVANE"			MARCA:		HYDROVANE		GAMA N°	5
CÓDIGO:		MPE-COM-03-P2-014.1-PPE			SERIE:		V22-000405-0804			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Motor eléctrico	Limpieza del polvo							15 min	Caja de herramientas y waype.
		Inspeccionar conexiones							30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
2	Filtro de aire	Inspección y limpieza							15 min	Caja de herramientas y waype.
3	Filtro separador de agua	Limpieza de residuos							30 min	Caja de herramientas y waype.
		Verificar funcionamiento							30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
4	Ventilador	Limpieza del polvo							15 min	Caja de herramientas y waype
		Inspeccionar conexiones							15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro

Tabla 68: Continuación

5	Válvula de presión	Verificar presión de trabajo						30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Inspeccionar conexiones						30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
6	Bobina	Verificar funcionamiento						30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Lubricación de rodamientos						1 h	Caja de herramientas, waype y lubricante

Tabla 69: Gama de mantenimiento del secador de aire comprimido.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		SECADOR DE AIRE COMPRIMIDO			MARCA:		ATLASCOPCO FX8		GAMA N°	6
CÓDIGO:		MPE-SAC-03-P2-014.2-BC			SERIE:		20414/1			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Motor eléctrico	Verificar conexiones							15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Limpieza							30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
2	Válvula de bypass de gas caliente	Verificar funcionamiento							15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Inspeccionar acoples							30 min	Caja de herramientas y waype.
3	Filtro capilar	Limpieza de impurezas y partículas							30 min	Caja de herramientas y waype.
		Inspeccionar estado del filtro							1 h	Caja de herramientas, waype y multímetro
4	Tubo capilar	Limpieza de impurezas y partículas							30 min	Caja de herramientas y waype
		Inspeccionar posibles roturas							15 min	Caja de herramientas y waype

Tabla 69: Continuación

5	Purgador automático	Limpiar el condensado						30 min	Caja de herramientas y waype.
		Verificar funcionamiento						15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
		Inspeccionar conexiones						30 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
6	Ventilador	Limpieza del polvo						30 min	Caja de herramientas y waype.
		Inspeccionar conexiones						15 min	Caja de herramientas, waype y multímetro
7	Válvula principal	Verificar funcionamiento						15 min	Caja de herramientas y waype.
		Limpieza de impurezas y partículas						30 min	Caja de herramientas y waype.

Tabla 70: Gama de mantenimiento de la lijadora orbital 3M.



		CARROCERÍAS VARMA S.A LÍNEA DE PINTURA GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		LIJADORA ORBITAL 3M			MARCA:		3M		GAMA N°	7
CÓDIGO:		HEN-LIJ-03-P4.1-0001-PPE			SERIE:		2648276			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUCENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Control de velocidad	Limpieza del polvo		■					15 min	Caja de herramientas y waype
		Verificar accionamiento			■				30 min	Caja de herramientas y waype
2	Palanca de activación	Limpieza del polvo			■				15 min	Caja de herramientas y waype
		Lubricar conectores			■				30 min	Caja de herramientas, waype y lubricante
3	Almohadilla para las lijas	Limpieza del polvo		■					30 min	Caja de herramientas y waype
		Inspeccionar roturas			■				1 h	Caja de herramientas
4	Accesorio para el escape del polvo	Limpieza de impurezas y partículas		■					30 min	Caja de herramientas y waype
		Revisar estado del accesorio					■		15 min	Caja de herramientas y waype
5	Carcasa	Limpieza del polvo			■				30 min	Caja de herramientas y waype
		Aplicar desengrasante			■				15 min	Caja de herramientas, waype y desengrasante
		Inspeccionar posibles fisuras			■				30 min	Caja de herramientas

Tabla 71: Gama de mantenimiento de la lijadora orbital RL.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		LIJADORA ORBITAL “RL-1206P”				MARCA:	RONG LONG		GAMA N°	8
CÓDIGO:		HEN-LIJ-03-P4.1-0002-PPE				SERIE:	171398			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Control de velocidad	Verificar el accionamiento correcto							15 min	Caja de herramientas
2	Palanca de activación	Limpiar las partículas de masilla							15 min	Caja de herramientas, waype y disolvente
		Lubricar el mecanismo de accionamiento							30 min	Caja de herramientas, waype y lubricante
3	Almohadilla para las lijas	Limpeza del polvo							30 min	Caja de herramientas y waype.
		Verificar que no existan roturas							1 h	Caja de herramientas
4	Empuñadura	Limpeza con desengrasante							30 min	Caja de herramientas, waype y desengrasante
		Verificar que no existan roturas							15 min	Caja de herramientas y waype

Tabla 71: Continuación

5	Carcasa	Limpiar las partículas de masilla						30 min	Caja de herramientas, waype y disolvente
		Inspeccionar posibles fisuras						15 min	Caja de herramientas y waype

Tabla 72: Gama de mantenimiento de la pulidora angular.



		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		PULIDORA ANGULAR HITACHI KOKI			MARCA:		HITACHI KOKI		GAMA N°	9
CÓDIGO:		HEE-PULG-03-P4.1-0001-PPE			SERIE:		M370024			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Interruptor	Verificar el accionamiento							15 min	Caja de herramientas
2	Rueda de disco abombado	Inspeccionar que no exista hendiduras o grietas							15 min	Caja de herramientas
		Verificar que se encuentre ajustado							30 min	Caja de herramientas
3	Cable de alimentación	Verificar el estado del conductor							30 min	Caja de herramientas y waype
4	Empuñadura lateral	Limpiar el polvo							30 min	Caja de herramientas, waype y desengrasante
		Mantener ajustado la empuñadura							15 min	Caja de herramientas y waype

Tabla 72: Continuación

5	Protector de la rueda	Ajustar el tornillo para que el protector quede fijo						30 min	Caja de herramientas y waype
		Limpiar y lubricar el protector de rueda						10 min	Caja de herramientas, waype y lubricante
		Inspeccionar posibles roturas						15 min	Caja de herramientas y waype

Tabla 73: Gama de mantenimiento del soplete para pintura de acabado.



		CARROCERÍAS VARMA S.A. LÍNEA DE PINTURA GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		SOPLATE PARA PINTURA DE ACABADO			MARCA:		VICTORIA		GAMA N°	10
CÓDIGO:		HEN-SPI-03-P4.1-0001-PPE			SERIE:		1041577			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Regulador del paso de aire	Verificar su funcionamiento							15 min	Caja de herramientas
		Inspeccionar fugas							30 min	Caja de herramientas
2	Regulador del paso de pintura	Limpieza con disolvente							30 min	Caja de herramientas, waype y disolvente
3	Gatillo	Ajustar los tornillos de sujeción							30 min	Caja de herramientas y waype
		Lubricar el mecanismo de accionamiento							15 min	Caja de herramientas, waype y lubricante
4	Depósito de plástico	Verificar que se encuentre ajustado							30 min	Caja de herramientas y waype
		Inspeccionar posibles roturas							15 min	Caja de herramientas y waype

Tabla 73: Continuación

5	Boquilla	Ajustar la boquilla						30 min	Caja de herramientas y waype
		Inspeccionar posibles obstrucciones						15 min	Caja de herramientas y waype
6	Empuñadura	Limpieza con disolvente						30 min	Waype y disolvente

Tabla 74: Gama de mantenimiento del soplete para pintura de fondo.





		CARROCERÍAS VARMA S.A.								
		LÍNEA DE PINTURA								
		GAMAS DE MANTENIMIENTO								
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA PINTURA DE FONDO			MARCA:		ANEST IWATA		GAMA N°	11
CÓDIGO:		HEN-SPI-03-P4.1-0002-PPE			SERIE:		QC351796			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES
			1D	1S	1M	3M	6M	1A		
1	Boquilla	Limpiar con disolvente							15 min	Caja de herramientas, waype y disolvente
		Inspeccionar posibles fugas							15 min	Caja de herramientas
2	Regulador del paso de aire	Verificar los acoples							15 min	Caja de herramientas y waype
3	Regulador del paso de pintura	Limpiar impurezas que obstruyen							30 min	Caja de herramientas, waype y disolvente
4	Gatillo	Ajustar los tornillos de sujeción							30 min	Caja de herramientas y waype
		Lubricar el mecanismo de accionamiento							15 min	Caja de herramientas, waype y lubricante

Tabla 74: Continuación

5	Aguja	Limpiar con disolvente						30 min	Caja de herramientas, waype y disolvente
		Inspeccionar posibles fugas						15 min	Caja de herramientas y waype
6	Depósito de plástico	Inspeccionar posibles roturas						10 min	Caja de herramientas y waype
		Verificar que se encuentre ajustado						5 min	Caja de herramientas y waype

Tabla 75: Gama de mantenimiento del soplete para calafateo.

		CARROCERÍAS VARMA S.A.									
		LÍNEA DE PINTURA									
		GAMAS DE MANTENIMIENTO									
DENOMINACIÓN:		SOPLETE PARA CALAFATEO				MARCA:		PORTEN		GAMA N°	12
CÓDIGO:		HEN-CLT-03-P4.2-0003PPE				SERIE:		N/A			
N°	COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA						DURACIÓN	MATERIALES	
			1D	1S	1M	3M	6M	1A			
1	Boquilla	Limpiar con disolvente							15 min	Caja de herramientas, waype y disolvente	
		Inspeccionar posibles fugas							15 min	Caja de herramientas	
2	Regulador del paso de aire	Verificar los acoples							15 min	Caja de herramientas y waype	
3	Manguera de succión	Verificar roturas							30 min	Caja de herramientas y waype	
4	Gatillo	Ajustar los tornillos de sujeción							30 min	Caja de herramientas y waype	
		Lubricar el mecanismo de accionamiento							15 min	Caja de herramientas, waype y lubricante	

3.1.13. Plan anual de mantenimiento preventivo

Tabla 76: Plan anual de mantenimiento preventivo.



			CARROCERÍAS VARMA S.A.																																																	
			LÍNEA DE PINTURA																																																	
			PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																	
MÁQUINA / HERRAMIENTA	COMPONENTES	ACTIVIDADES	FRECUENCIA	DURACIÓN	ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
HORNO DE PINTURA GOTTERT	Motores eléctricos	Limpieza de los residuos y polvo	1S	1h																																																
		Comprobación de fases	1M	30 min																																																
	Ventiladores	Limpieza de las aspas	1S	2 h																																																
		Balanceo de las aspas	3M	2 h																																																
	Extractores	Inspeccionar el estado de los extractores	1M	1 h																																																
		Limpieza de los residuos extraídos	1S	1 h																																																
	Quemador	Revisar el nivel de combustible	1D	30 min																																																
		Limpieza de los depósitos de hollín	1S	30 min																																																
	Puertas de acceso	Lubricación de bisagras	3M	10 min																																																

Tabla 76: Continuación

CABINA DE PREPARACIÓN DE PINTURA	Motores eléctricos	Limpieza del polvo	1D	30 min																																										
		Inspeccionar conexiones	1S	30 min																																										
		Verificar estado de las correas de transmisión	6M	10 min																																										
	Ventilador	Limpieza del polvo	1S	15 min																																										
		Inspeccionar el estado de las aspas	6M	1 h																																										
	Extractores	Limpieza del polvo	1S	30 min																																										
		Inspeccionar los conductos de extracción	3M	2 h																																										
	Fluorescentes leds	Limpieza del polvo	1D	30 min																																										
		Cambiar fluorescentes	6M	1 h																																										
	Reflectores	Limpieza del polvo	1D	30 min																																										
	Tablero de control	Verificar funcionamiento de los pulsadores	6M	15 min																																										
		Inspeccionar conexiones	3M	30 min																																										

Tabla 76: Continuación

SECADOR DE AIRE COMPRIMIDO	Motor eléctrico	Verificar conexiones	1M	15 min	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
		Limpieza	3M	30 min				■					■					■					■								
	Válvula de bypass de gas caliente	Verificar funcionamiento	1M	15 min	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
		Inspeccionar acoples	1M	30 min	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
	Filtro capilar	Limpieza de impurezas y partículas	1M	30 min	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
		Inspeccionar estado del filtro	1M	1 h	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
	Tubo capilar	Limpieza de impurezas y partículas	3M	30 min					■						■						■							■			
		Inspeccionar posibles roturas	3M	15 min							■												■							■	
	Purgador automático	Limpieza de condensado	1M	30 min		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
		Verificar funcionamiento	3M	15 min																											
		Inspeccionar conexiones	3M	30 min					■						■						■						■				
	Ventilador	Limpieza del polvo	1M	30 min	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
		Inspeccionar conexiones	3M	15 min					■						■								■						■		
	Válvula principal	Verificar funcionamiento	1M	15 min		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
		Limpieza de impurezas y partículas	3M	30 min					■						■								■						■		

Tabla 76: Continuación

LIJADORA ORBITAL 3M	Control de velocidad	Limpieza del polvo	1S	15 min	█																										
		Verificar accionamiento	1M	30 min																											
	Palanca de activación	Limpieza del polvo	1M	15 min	█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		
		Lubricar conectores	1M	30 min		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█	
	Almohadilla para lijas	Limpieza del polvo	1S	30 min	█																										
		Verificar que no existan roturas	1M	1 h	█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		
	Accesorio para el escape del polvo	Limpieza de impurezas y partículas	1S	30 min	█																										
		Revisar estado del accesorio	6M	15 min																											
	Carcasa	Limpieza del polvo	1M	30 min		█			█				█				█				█				█				█		
		Aplicar desengrasante	1M	15 min		█																									
Inspeccionar posibles fisuras		1M	30 min		█			█				█				█				█				█				█			

Tabla 76: Continuación

PULIDORA ANGULAR	Interruptor	Verificar el accionamiento	1M	15 min																																				
	Rueda de disco abombado	Inspeccionar que no exista hendiduras o grietas	1S	15 min																																				
		Verificar que se encuentre ajustado	1M	30 min																																				
	Cable de alimentación	Verificar el estado del conductor	6M	30 min																																				
	Empuñadura lateral	Limpier el polvo	1M	30 min																																				
		Mantener ajustado la empuñadura	1M	15 min																																				
	Protector de la rueda	Ajustar el tornillo para que el protector quede fijo	1S	30 min																																				
		Limpier y lubricar el protector de rueda	3M	10 min																																				
		Inspeccionar posibles roturas	1M	15 min																																				

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Las actividades de mantenimiento se determinaron en función de la información proporcionada de los manuales de usuario, placas de identificación, catálogos e informes de mantenimiento, de manera que permitió su aplicación de forma correcta.
- El análisis AMFE permitió identificar los posibles modos de fallo que podrían afectar las máquinas y herramientas de la línea de pintura, con la ayuda de la norma técnica de prevención NTP 679 se elaboró la matriz en la cual se detallan las causas, consecuencias y acciones correctivas para la solución a estos problemas.
- Mediante el índice de prioridad de riesgo IPR que describe el análisis AMFE, se determinó la cantidad de 36 componentes con IPR menor al promedio el cual representa un 53,73% y 31 componentes con IPR mayor igual al promedio el cual representa un 46,27%, de tal forma que la mayoría de componentes presenta un índice de prioridad de riesgo que no necesita intervención de manera inmediata.
- En el análisis de criticidad se determinó que el horno de pintura, el secador de aire comprimido, la pulidora angular y el soplete para calafateo, poseen un mayor número de componentes con media criticidad, los cuales fueron prioridad en la ejecución de las actividades de mantenimiento para evitar daños o averías.
- La elaboración del plan anual de mantenimiento preventivo y la implementación del TPM, permitió facilitar la ejecución de las tareas de mantenimiento, puesto que se organizó las actividades con una frecuencia semanal, mensual, semestral o anual para las máquinas y herramientas, además se complementó con el mantenimiento autónomo, orden y la limpieza que se debe realizar en la línea de pintura.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener un registro detallado de las observaciones que se han presentado durante la aplicación de las actividades de mantenimiento, con la finalidad de corregir ciertas irregularidades.
- El inventario se debe actualizar conforme agreguen nuevas máquinas o herramientas con la finalidad de mantener siempre un registro de la cantidad exacta que dispone la línea de pintura.
- Se debe priorizar los componentes que poseen un mayor nivel criticidad, con la finalidad de evitar averías en las máquinas y posibles paros en el proceso productivo.
- Las tareas de mantenimiento autónomo, limpieza y orden, se deben aplicar de manera periódica tanto para la sección de trabajo como para las herramientas que utilizan los operadores.
- Mantener una capacitación constante del plan de mantenimiento preventivo, de modo que se ejecute correctamente y de manera oportuna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Viveros, R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera, A. Crespo. “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 21, n°1, pp. 125-138, 2013.
- [2] L. Morales, A. Valle, A. Freire, P. Silva. “El crecimiento de las empresas establecidas. Un caso de estudio del sector de fabricación de carrocerías en Ecuador abordado desde la perspectiva financiera.” *Equidad & Desarrollo*, vol. 1, n°27, pp. 55-71, 2017.
- [3] P. Moreno, O. Calvillo. “El Mantenimiento Productivo Total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.” *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 2, n°3, pp. 1-9, 2018.
- [4] J. García, J. Romero, L. Rico. “Factores tecnológicos asociados al éxito del mantenimiento preventivo total (TPM) en maquilas.” *Cultura Científica y Tecnológica (CULCYT)*, vol. 8, n°45, pp. 115-124, 2011.
- [5] J. Avilés, M. Rodríguez, F. Ambriz, J. Flores, J. Cano. “Diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales aplicado al mantenimiento productivo total.” *Revista de operaciones tecnológicas*, vol. 1, n°1, pp. 49-55, 2017.
- [6] J. García, S. Noriega, J. Romero. “El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos.” *Contaduría y administración*, vol. 57, n°4, pp. 173-196, 2012.
- [7] J. Guamán. “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de la carrocería de los autobuses interprovinciales basado en el sistema de mantenimiento productivo total para la empresa Carrocerías Pérez.”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.

- [8] M. Cruz. “Desarrollo de un plan de mantenimiento productivo total para la línea de envasado y pasteurización de leche y yogurt de la empresa El Ranchito.”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [9] C. Casco. “Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el mantenimiento productivo total (TPM) para el sistema de captación, conducción y casa de máquinas en la Central Hidroeléctrica Río Verde Chico.”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [10] C. Morales. “Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Imprenta Morales de la ciudad de Ambato.”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [11] G. Aponte. “Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad de la línea fabricación de transformadores en la empresa BHM Industrial E.I.R.L”, Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017.
- [12] F. Quispe. “Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) para la Planta de Producción de la Fábrica de tornillos, Pernos y Tuercas Topesa S.A.”, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, 2016.
- [13] J. Medrano, V. González, V. Díaz de León Santiago. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*. México: Grupo Editorial Patria. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/40508?page=21> [marzo 12, 2021].
- [14] E. García. “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la Empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A.”, Universidad Privada del Norte, Lima, 2016.

- [15] D. Tase Velázquez, C. Camello Lima, L. Hernández Mastrapa. “Modelo para la gestión del Mantenimiento de un Sistema de Fabricación Híbrido con base en Políticas Corporativas y de Producción.” *Revistas de Estudios Empresariales*, vol. 1, nº2, pp. 121-124, 2020.
- [16] R. Torres Toledo. “Propuesta de plan de mantenimiento a calderas ubicadas en Hospital Almirante NEF.”, Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar, 2018.
- [17] C. Alavedra, Y. Gastelu, G. Méndez, C. Minaya, B. Pineda, K. Prieto, K, Ríos. “Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013.” *Ingeniería Industrial*, nº34, pp. 11-26, 2016.
- [18] O. García Palencia. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Bogotá: Ediciones de la U. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/70203?page=40> [marzo 10, 2021].
- [19] Terminología del mantenimiento, UNE-EN 13306:2011.
- [20] M. Fernández Acuña. “Plan de mantenimiento de las estructuras del Polideportivo de Cartago.”, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2018.
- [21] I. Gallará, D. Pontelli. (2020). *Mantenimiento Industrial*. Córdoba: Universitas–Editorial Científica Universitaria. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/172527?page=170> [marzo 13, 2021].
- [22] L. Cuatrecasas Arbos. (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/62608?page=8> [marzo 14, 2021].

- [23] J. Cárcel Carrasco. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial*. Valencia: OmniaScience. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Xn5AgAAQBAJ&lpg=PP1&dq=mantenimiento%20productivo%20total%20&lr&hl=es&pg=PA2#v=onepage&q&f=true> [marzo 19, 2021].
- [24] V. Rodríguez. “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento en la empresa REENCAUCHADORA ZAGA Y ASOCIADOS S.R.L.”, Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2020.
- [25] A. Ros Moreno. (2010). *Mantenimiento Industrial I (Recopilación)*. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/77533672/Mantenimiento-Industrial-Recopilacion-I-Gestion> [marzo 26, 2021].
- [26] G. Tello. “Aplicación de la metodología 5S para la mejora de la productividad del departamento técnico de la empresa BLPAC S.A.C.”, Universidad César Vallejo, Lima, 2017.
- [27] L. Cabrera. “Aplicación de las 5S para la mejora de la productividad en el área de producción de la empresa PRINT METAL S.A.”, Universidad César Vallejo, Lima, 2017.
- [28] L. Cuatrecasas, F. Torrell. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Barcelona: Profit Editorial. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=n5qUDVbPA6wC&lpg=PP1&hl=es&pg=PA45#v=onepage&q&f=true> [marzo 30, 2021].
- [29] L. Llontop. “Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la Agroindustria Pomalca SAA.”, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.

- [30] A. Merchán. “Análisis modal de fallos y efectos (AMFE), en el proceso de producción de tableros eléctricos de la Empresa EC-BOX.”, Universidad del Azuay, Cuenca, 2015.
- [31] M. Bestratén, R. Orriols. “Análisis modal de fallos y efectos AMFE.” 2004.
- [32] C. Parra, A. Crespo. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. Sevilla: Ingeman. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=8xsnQ1aMg2gC&lpq=PR1&hl=es&pg=PA60#v=onepage&q&f=true> [abril 8, 2021].
- [33] F. Castanyer. (2009). *Cómo mejorar la productividad en el taller*. Barcelona: Marcombo. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/45837?page=63> [abril 8, 2021].

ANEXOS

ANEXO 1. CARTA DE COMPROMISO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARTA DE COMPROMISO

Ambato, 30 de Octubre del 2020

Ingeniero, Mg
Segundo Esplto
Presidente de la Unidad de titulación
Carrera de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Yo, DR. JUAN PABLO VARGAS SALMAN en mi calidad de Gerente General de la Empresa CARROCERÍAS VARMA S.A, me permito poner en su conocimiento la aceptación y respaldo para el desarrollo del Trabajo de Titulación bajo el Tema: "DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA LA MAQUINARIA EN LA LINEA DE PINTURA DE LA EMPRESA CARROCERÍAS VARMA DE LA CIUDAD DE AMBATO " propuesto por el estudiante EDISON FERNANDO CAGUANA CHUQUIANA, portador de la Cédula de Ciudadanía 1804771119, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

A nombre de la Institución a la cual represento, me comprometo a apoyar en el desarrollo del proyecto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.
Atentamente.



Dr. Juan Pablo Vargas Salman
Cf. 1801499995
032854422
Jpvargas@varma.com.ec

Edu. Universidad 014000 / Telf. 032 294444 / Telefax (03) 2841062 / Casilla 234 / Email: fcm@uta.edu.ec, Ambato - Ecuador

Figura 29: Carta compromiso.

ANEXO 2. TARJETEADO DE ELEMENTOS INNECESARIOS



Figura 30: Identificación de elementos innecesarios con la tarjeta roja.



Figura 30: Continuación.

ANEXO 3. MODELO DE FICHA TÉCNICA

Tabla 23: Modelo de ficha técnica.

 		CARROCERÍAS VARMA S.A.			
		LÍNEA DE PINTURA			
		FICHA TÉCNICA			
MÁQUINA	EQUIPO		HERRAMIENTA		FICHA TÉCNICA N°
		FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA-EQUIPO-HERRAMIENTA			
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
CÓDIGO					
MARCA					
Nº DE SERIE					
MODELO					
PROCEDENCIA					
ESTADO ACTUAL					
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	ALTO		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				COMPONENTES	
POTENCIA		CORRIENTE			
VOLTAJE		CAPACIDAD			
AMPERAJE		FRECUENCIA			
PRESIÓN		VELOCIDAD			
FUNCIÓN					

ANEXO 4. PLACAS DE IDENTIFICACIÓN



Figura 31: Placa de identificación del compresor de tornillo rotativo.



Figura 32: Placa de identificación del secador de aire comprimido.



Figura 33: Placa de identificación, motor del compresor de aire.



Figura 34: Placa de identificación, motor de los ventiladores.



Figura 35: Placa de identificación del quemador automático.

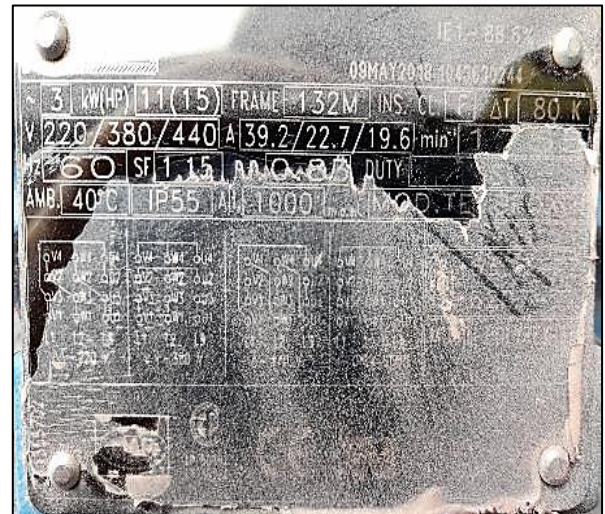


Figura 36: Placa de identificación, motor del extractor.




Figura 37: Placa de identificación de la pulidora angular.



Figura 38: Placa de identificación de la lijadora orbital.

ANEXO 5. MANUALES DE USUARIO DE LAS MÁQUINAS



Atlas Copco

Compresores de tornillo rotativo con inyección de aceite

GA 7-37 VSD* (7-37 kW/10-50 CV)

Especificaciones técnicas GA 7-37 VSD⁺

Tipo de compresor	Presión máx. de trabajo		Capacidad FAD* (mín.-máx.)			Potencia instalada del motor		Nivel sonoro**	Peso, Workplace	Peso, Workplace Full-Feature
	bar(e)	psig	l/s	m ³ /h	cfm	kW	CV			
GA 7 VSD*	5,5	80	7,2-21,9	25,9-78,8	15,2-46,4	7,5	10	62	193	277
	7	102	7,0-21,7	25,2-78,1	14,8-46,0	7,5	10	62	193	277
	9,5	138	6,8-18,0	24,5-64,8	14,4-38,1	7,5	10	62	193	277
	12,5	181	7,3-14,2	26,3-51,1	15,5-30,1	7,5	10	62	193	277
GA 11 VSD*	5,5	80	7,3-32,9	26,3-118,4	15,5-69,7	11	15	63	196	280
	7	102	7,3-32,5	26,3-117,0	15,5-68,8	11	15	63	196	280
	9,5	138	7,0-27,2	25,2-97,9	14,8-57,6	11	15	63	196	280
	12,5	181	7,6-23,5	27,4-84,6	16,1-49,8	11	15	63	196	280
GA 15 VSD*	5,5	80	7,2-42,3	25,9-152,3	15,2-89,6	15	20	64	199	288
	7	102	7,1-41,8	25,6-150,5	15,0-88,6	15	20	64	199	288
	9,5	138	6,8-35,5	24,5-127,8	14,4-75,2	15	20	64	199	288
	12,5	181	7,3-27,9	26,3-100,4	15,5-59,1	15	20	64	199	288
GA 18 VSD*	4	58	15,1-63,9	54,4-230,0	32,0-135,4	18	25	67	367	480
	7	102	14,9-62,5	53,6-225,0	31,6-132,4	18	25	67	367	480
	9,5	138	17,1-53,6	61,6-193,0	36,2-113,6	18	25	67	367	480
	12,5	181	16,4-43,5	59,0-156,6	34,7-92,2	18	25	67	367	480
GA 22 VSD*	4	58	15,3-76,9	55,1-227,8	32,4-162,9	22	30	67	363	485
	7	102	15,0-75,1	54,0-220,4	31,8-159,1	22	30	67	363	485
	9,5	138	17,3-65,2	62,3-224,7	36,7-138,2	22	30	67	363	485
	12,5	181	17,1-54,1	61,6-194,8	36,2-114,6	22	30	67	363	485
GA 26 VSD*	4	58	14,9-86,3	53,6-310,7	31,6-182,9	26	35	67	373	490
	7	102	14,5-85,5	52,2-307,8	30,7-181,2	26	35	67	373	490
	9,5	138	17,0-78,4	61,3-282,2	36,0-166,1	26	35	67	373	490
	12,5	181	16,4-64,5	59,0-232,2	34,7-136,7	26	35	67	373	490
GA 30 VSD*	4	58	15,1-98,0	54,4-352,8	32,0-207,7	30	40	67	376	500
	7	102	15,0-97,4	54,0-350,6	31,8-206,4	30	40	67	376	500
	9,5	138	17,1-85,6	61,6-308,2	36,2-181,4	30	40	67	376	500
	12,5	181	16,7-72,0	60,1-259,2	35,4-152,6	30	40	67	376	500
GA 37 VSD*	4	58	15,3-116,5	55,1-419,4	32,4-246,8	37	50	67	376	500
	7	102	14,8-115,0	53,3-414,0	31,4-243,7	37	50	67	376	500
	9,5	138	17,1-102,3	61,6-368,3	36,2-216,8	37	50	67	376	500
	12,5	181	16,4-86,7	59,0-312,1	34,7-183,7	37	50	67	376	500
GA 37L VSD**	4	58	26,2-132,9	94,2-478,6	55,5-81,7	37	50	67	860	1060
	7	102	25,8-131,9	92,9-474,7	54,7-279,4	37	50	67	860	1060
	9,5	138	24,8-116,0	89,2-417,7	52,5-245,8	37	50	67	860	1060
	12,5	181	38,2-98,7	137,5-395,2	80,9-209,1	37	50	67	860	1060

* Rendimiento de la unidad medido de acuerdo con ISO 1217 ed. 4:2009, anexo L, última edición.

** Nivel sonoro medio medido a una distancia de 1 m a presión máxima de trabajo de acuerdo con ISO 2151:2004 mediante ISO 9614/2 (método de intensidad acústica); tolerancia 3 dB(A).

*** L es el sistema de transmisión de mayor tamaño. Este modelo forma parte de una serie diferente con especificaciones distintas y ventajas adicionales: mayor ahorro de energía, superior FAD y menor nivel sonoro.


FAD medido a las presiones efectivas de trabajo siguientes:
 • 5,5 bar(e) (GA 7-15 VSD)
 • 7 bar(e)
 • 9,5 bar(e)
 • 12,5 bar(e)

Presión máxima de trabajo:
 13 bar(e) (E188 psig)

Condiciones de referencia:
 • Presión absoluta de entrada: 1 bar (14,5 psig)
 • Temperatura de entrada del aire: 20 °C/68 °F

Opciones

- Recuperación de energía
- By-pass del compresor
- Interruptor principal
- Protección contra congelación
- Filtro de aspiración para trabajos pesados
- Prefiltro
- Termostato térmico
- Adaptaciones para red IT
- Filtro DO*
- Acetado de alimentación
- Ritmo UD*
- Acetate Roto Synthetic Xtend
- EQ3, EQ4, EQ5
- Kit de sensores para tensiones 200-230 V / 500-575 V



Dimensiones	Estándar						Full-Feature					
	An. (mm)	L. (mm)	AL (mm)	An. (pulg.)	L. (pulg.)	AL. (pulg.)	An. (mm)	L. (mm)	AL. (mm)	An. (pulg.)	L. (pulg.)	AL. (pulg.)
GA 7-15 VSD*	630	610	1420	24,80	24,02	55,91	630	985	1420	24,80	24,78	55,91
GA 18-37 VSD*	780	811	1590	30,71	31,93	62,60	780	1273	1590	30,71	50,12	62,60
GA 37L VSD*	1100	1153	1968	43,31	45,39	77,48	1100	1656	1968	43,31	65,20	77,48

Figura 39: Manual de usuario del compresor de tornillo rotativo.

La industria gira en torno a los **hydrovane**

Compresores de aire de paleta rotativa
Series HR | HRRS | V | VR | HV | HVRS e hypac



Serie HV RS



hp	KW	Modelo	Voltaje/fases	CFM 90 PSIG	CFM 115 PSIG	CFM 150 PSIG	Nivel de ruido (dBA)	NPT de salida de aire	Cap. de aceite (gal.)	Peso (libras)	Long. (pulg.)	Ancho (pulg.)	Alt. (pulg.)	Arrancador	Posenfriador
15	11	HV11RS	200-230 o 460 trifásico	61,6	52,9	48,5	69	0,75"	1,5	866	32,5	28	60	Si	Si
20	15	HV15RS	200-230 o 460 trifásico	80,8	71,6	60,7	70	0,75"	1,5	895	32,5	28	60	Si	Si
25	18	HV18RS	200-230 o 460 trifásico	103,1	94,9	86,5	71	1"	2	1118	32,5	28	60	Si	Si
30	22	HV22RS	200-230 o 460 trifásico	120,2	109,5	100,2	72	1"	2	1146	32,5	28	60	Si	Si
40	30	HV30RS	460 trifásico	188,5	170,5	152,8	73	1,5"	6	2004	43	35	63	Si	Si
50	37	HV37RS	460 trifásico	217,8	202,1	183,1	73	1,5"	6	2151	43	35	63	Si	Si
60	45	HV45RS	460 trifásico	263,7	243,5	223,7	73	1,5"	6	2187	43	35	63	Si	Si

Configuración RS 87-150 PSIG

Figura 40: Manual de usuario del compresor de aire de paleta rotativa.

REFRIGERANT AIR DRYERS

FX 1-21

Atlas Copco

TECHNICAL SPECIFICATIONS 60 Hz

FX REFRIGERANT DRYER RANGE 60 Hz

Model	Outlet pressure dew point +5 °C/41 °F				Outlet pressure dew point +3 °C/27 °F				Maximum working pressure		Electrical supply	Dimensions						Weight		Compressed air connections
	Inlet capacity		Pressure drop		Inlet capacity		Pressure drop					Length		Width		Height				
	l/s	cfm	bar	psl	l/s	cfm	bar	psl	bar	psl		mm	Inch	mm	Inch	mm	Inch	kg	lb	
FX 1	7	14	0.20	2.98	6	13	0.15	2.18	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX 2	12	24	0.23	4.79	10	21	0.25	3.63	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX 3	16	36	0.23	4.79	14	30	0.25	3.63	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	20	44	3/4" NPT
FX 4	23	49	0.23	4.79	20	42	0.25	3.63	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	25	55	3/4" NPT
FX 5	35	74	0.40	5.75	30	64	0.30	4.35	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	27	60	3/4" NPT
FX 6	45	95	0.42	6.14	39	83	0.32	4.64	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	804	31.7	51	112	1" NPT
FX 7	58	122	0.50	7.29	50	106	0.38	5.51	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	804	31.7	51	112	1" NPT
FX 8	69	146	0.24	3.45	60	127	0.19	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	61	135	1 1/2" NPT
FX 9	79	167	0.23	4.79	68	144	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	68	150	1 1/2" NPT
FX 10	100	211	0.24	3.45	87	184	0.19	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	73	161	1 1/2" NPT
FX 11	125	264	0.26	3.84	108	229	0.20	2.90	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	560	22.8	939	37.0	90	199	1 1/2" NPT
FX 12	148	313	0.36	5.18	128	271	0.27	3.92	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	560	22.8	939	37.0	90	199	1 1/2" NPT
FX 13	192	407	0.26	3.77	167	354	0.20	2.90	13	189	480/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	173	381	2" NPT
FX 14	230	488	0.33	4.79	200	424	0.25	3.63	13	189	480/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	178	392	2" NPT
FX 15	288	611	0.46	6.67	250	530	0.35	5.08	13	189	480/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	183	404	2" NPT
FX 16	345	731	0.46	6.67	300	636	0.35	5.08	13	189	480/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	183	404	2" NPT
FX 17	424	899	0.28	4.07	400	848	0.25	3.63	13	189	480/3/60Hz	1082	42.59	1020	40.15	1560	61.41	325	717	3" NPT
FX 18	530	1124	0.34	4.99	500	1060	0.30	4.35	13	189	480/3/60Hz	1082	42.59	1020	40.15	1560	61.41	336	739	3" NPT
FX 19	619	1310	0.39	5.70	583	1236	0.36	5.08	13	189	480/3/60Hz	1082	42.59	1020	40.15	1560	61.41	350	772	3" NPT
FX 19.5	795	1685	0.29	4.07	750	1527	0.25	3.63	13	189	480/3/60Hz	1123	44.2	1020	40.15	1560	61.41	360	809	Flanged DN 125
FX 20	883	1872	0.34	4.99	833	1786	0.30	4.35	13	189	480/3/60Hz	2099	82.6	1020	40.15	1560	61.41	550	1213	Flanged DN 125
FX 21	1187	2516	0.29	4.07	1120	2374	0.25	3.63	13	189	480/3/60Hz	2099	82.6	1020	40.15	1560	61.41	600	1323	Flanged DN 125

Figura 41: Manual de usuario del secador de aire.

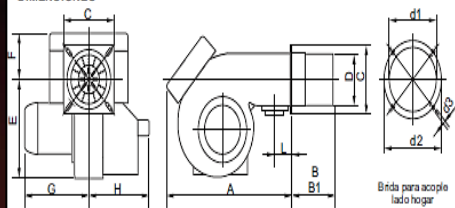
**Quemador automático
Modelos F, H e I
160.000 - 1.200.000 Kcal/h**

www.autoquem.com.ar

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Quemador automático para gas natural, gas envasado, gas oil o dual.
- Capacidad: modelo F de 160.000 a 450.000 Kcal/h, modelo H de 300.000 a 800.000 Kcal/h, modelo I de 500.000 a 1.200.000 Kcal/h.
- Funcionamiento: on-off, bajo-alto fuego (dos etapas progresivas) o modulante, rango 1.5.
- Construcción tipo monobloc-montobloca con equipamiento y operación conforme al reglamento de gas industrial aprobado por el ENARGAS, vigente en todo el territorio nacional.
- Tablero eléctrico: de comando, seguridad y fuerza motriz, ubicado sobre el quemador o separado.
- Cuerpo de fundición de aluminio, con brida de fijación a la boca del hogar.
- Acceso al conjunto inyector-electrodos sin desmontar el quemador.
- Ventilador de alta eficiencia: modelo F con motor monofásico de 2.800 r.p.m., 220 V. modelo H e I con motor trifásico de 2.800 r.p.m., 3 x 380 V.
- Programador y control de llama, con detector para gas: ionización, infrarrojo o ultravioleta. para gas oil: fotoresistor, infrarrojo o ultravioleta.
- Forma de la llama regulable, según las dimensiones del hogar.
- Emisión de efluentes contaminantes inferior a los valores admitidos por normas.

DIMENSIONES

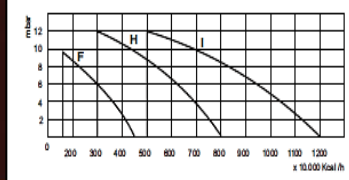


MODELO	A	B	B1	C	D	E	F	G	H	L	d1	d2	d3
F	500	180	370	141	270	150	200	230	85	145	230 a 280	3/8"	
H	630	210	450	200	350	200	330	330	130	205	295 a 360	1/2"	
I	630	250	450	220	350	200	330	320	130	255	300 a 390	1/2"	

B: Boca de llama largo standard.
B1: Boca de llama largo para hogar con retorno de llama.

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO

Indican el campo de trabajo posible del quemador: potencia en Kcal/h, en función de la presión de la cámara de combustión en mbar.



Estos datos son indicativos, pudiendo ser modificados por medidas o requerimientos técnicos, sin previo aviso.



**QUEMADOR DE GAS-OIL
MODELO F**

VERSIÓN 2 ETAPAS CON REGULACIÓN DE AIRE

Figura 42: Manual de usuario del quemador automático.

ANEXO 6. MANUALES DE USUARIO DE LAS HERRAMIENTAS

3M

MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA LA LIJADORA ORBITAL ALEATORIA SERIE ELITE

127 mm (5 pulg.) y 152 mm (6 pulg.)
12 000 RPM

Información Importante de Seguridad

Lea, comprenda y siga toda la información de seguridad contenida en estas instrucciones antes de usar esta herramienta. Conserve estas instrucciones para referencia futura.

Uso específico

Esta herramienta neumática está diseñada para ser usada en ambientes industriales, solo por profesionales capacitados y entrenados, y conforme a las instrucciones de este manual. Esta herramienta neumática está diseñada para ser utilizada con una almohadilla para discos y un abrasivo adecuado para lijar metales, maderas, piedras, plásticos y otros materiales. Solo debe utilizarse para las aplicaciones de lijado mencionadas y de conformidad con las especificaciones y la capacidad indicadas. Con esta herramienta deben usarse solamente los accesorios específicamente recomendados por 3M. Si se utilizara de cualquier otro modo o con otros accesorios, podría generar condiciones de funcionamiento inseguras.

No use la lijadora en un entorno demasiado húmedo o mojado.

No utilice almohadillas que poseen un valor máximo de RPM inferior al valor máximo de RPM de la herramienta. Nunca utilice almohadillas para discos que tengan un peso o tamaño que no sean aquellos para los que la herramienta fue específicamente diseñada.

Resumen de las etiquetas del dispositivo que contienen información de seguridad	
Ícono	Descripción
	⚠️ ADVERTENCIA: Ver el manual de instrucciones
Siempre utilice la herramienta con una presión manométrica máxima de 90 psi/6,2 bar	Máxima presión neumática de entrada
12,000 RPM	Máxima velocidad de rotación
La exposición prolongada a las vibraciones puede producir lesiones en las manos, muñecas o brazos	Aviso de seguridad relacionado con las vibraciones

Explicación de las Consecuencias de los Mensajes de Advertencia

⚠️ ADVERTENCIA: Indica una situación potencialmente peligrosa, la cual, si no se evita, podría resultar en muerte o lesiones graves y/o daño a la propiedad.

⚠️ PRECAUCIÓN: Indica una situación potencialmente peligrosa, la cual, si no se evita, podría resultar en lesiones leves o moderadas y/o daño a la propiedad.

⚠️ ADVERTENCIA
Lea la Hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS) antes de usar los materiales.

⚠️ ADVERTENCIA
La exposición al polvo originado por la pieza de trabajo y/o los materiales abrasivos puede afectar las vías respiratorias y provocar otra lesión física. Utilice el escape de aire local o extracción de polvo adecuados según las indicaciones de MSDS. Use los elementos de protección aprobados y protéjase las ojos y la piel. No respigar esta advertencia puede ocasionar daños en los pulmones y/o lesiones físicas.

Precauciones de Seguridad

1. Lea todas las instrucciones antes de usar esta herramienta. Todos los operadores deben estar completamente capacitados sobre su uso y estar familiarizados con estas reglas de seguridad.
2. La herramienta de RPM debe chequearse con regularidad para asegurar una velocidad de funcionamiento correcta.
3. Asegúrese de que la herramienta esté desconectada de la fuente de suministro de aire.
4. Al usar esta herramienta use siempre el equipo de seguridad requerido. Cuando lija/pulimento, siempre asegure la herramienta sobre la pieza de trabajo. Esto evitará el accoplado debido a la excesiva velocidad de la almohadilla de pulimentado. Detenga el flujo de aire de la herramienta a medida que la parte de la pieza de trabajo.
5. Siempre retire el suministro de aire de la herramienta antes de colocar, ajustar o retirar el abrasivo.
6. Siempre permámanese de pie con un agarre y una base firmes y preste atención a la reacción de torque que desarmará la herramienta.
7. Use solamente refacciones aprobadas por 3M.
8. Asegúrese siempre de que el material que se va a trabajar esté asegurado firmemente para evitar movimientos.
9. Revise regularmente la manguera y los conexiones en busca de cortales de desgaste. No sostenga la herramienta por la manguera; tenga siempre cuidado de que la herramienta no empiece a funcionar al transportarla cuando está conectada a la fuente de suministro de aire.
10. El polvo puede ser altamente combustible. Mantenga el área de trabajo limpia.
11. Si la herramienta recibe servicio o es reconstruida verifique que no se modifique el valor máximo de rpm y que no haya vibración excesiva.
12. No exceda la presión de aire máxima recomendada. Use el equipo de seguridad que se recomienda.
13. Antes de instalar cualquier accesorio de lijado o lustre, revise siempre que la velocidad de funcionamiento máxima marcada sea igual o superior a la velocidad considerada para esta herramienta.
14. La herramienta no cuenta con aislamiento eléctrico. No la use cuando exista la posibilidad de contacto con conductores eléctricos vivos, tuberías de gas y/o tuberías de agua.
15. Esta herramienta no está protegida contra los riesgos inherentes a operaciones de corte y nunca deben aplicarse productos de corte a esta herramienta.
16. Tenga cuidado para evitar que las partes móviles de la herramienta puedan atrapar prendas de vestir, corbatas, pelo, trapos de limpieza u objetos colgantes sueltos. En caso de que algún objeto quede atrapado, infórmele inmediatamente al suministrador de aire para evitar el contacto con las partes móviles de la herramienta.
17. Mantenga las manos fuera de la almohadilla giratoria cuando esté en funcionamiento.
18. Si parece haber fallas en el funcionamiento de la herramienta, interrumpa su uso inmediatamente y tome medidas para que reciba servicio o sea reparada.
19. En caso de cualquier interrupción en la presión, suelte inmediatamente la manija de arranque; no intente usar nuevamente la herramienta sino hasta que la interrupción haya sido corregida.
20. Cuando la herramienta no esté en uso, almacénela en un ambiente seco y limpio, libre de desechos de materiales.
21. Use la herramienta en un área de trabajo bien iluminada.
22. Retire la herramienta o desponga de ella conforme a los reglamentos locales, estatales y federales.
23. Cuando realice tareas de mantenimiento, tenga cuidado de no exponerse a ninguna sustancia peligrosa que pueda haberse depositado en la herramienta como resultado del trabajo. Los también las advertencias relacionadas con la exposición al polvo.

Descripción de funciones y configuración y pruebas

Figura 43: Manual de usuario de la lijadora orbital.

HITACHI

Model
Modèle
Modelo

G 12SA3 • G 13SB3

Disc Grinder
Meuleuse
Amoladora angular



G12SA3

SAFETY INSTRUCTIONS AND INSTRUCTION MANUAL

⚠ WARNING

IMPROPER OR UNSAFE use of this power tool can result in death or serious bodily injury!

This manual contains important information about product safety. Please read and understand this manual BEFORE operating the power tool. Please keep this manual available for other users and owners before they use the power tool. This manual should be stored in safe place.

INSTRUCTIONS DE SECURITE ET MODE D'EMPLOI

⚠ AVERTISSEMENT

Une utilisation **INCORRECTE OU DANGEREUSE** de cet outil motorisé peut entraîner la mort ou de sérieuses blessures corporelles!

Ce mode d'emploi contient d'importantes informations à propos de la sécurité de ce produit. Prière de lire et de comprendre ce mode d'emploi AVANT d'utiliser l'outil motorisé. Garder ce mode d'emploi à la disponibilité des autres utilisateurs et propriétaires avant qu'ils utilisent l'outil motorisé. Ce mode d'emploi doit être conservé dans un endroit sûr.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Y MANUAL DE INSTRUCCIONES

⚠ ADVERTENCIA

¡La utilización **INAPROPIADA O PELIGROSA** de esta herramienta eléctrica puede resultar en lesiones de gravedad o la muerte!

Este manual contiene información importante sobre la seguridad del producto. Lea y comprenda este manual ANTES de utilizar la herramienta eléctrica. Guarde este manual para que puedan leerlo otras personas antes de utilizar la herramienta eléctrica. Este manual debe ser guardado en un lugar seguro.



DOUBLE INSULATION
DOUBLE ISOLATION
AISLAMIENTO DOBLE

Hitachi Koki

Espanol

MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN

- ⚠ **ADVERTENCIA:**
- Antes de realizar el mantenimiento o la inspección de la amoladora, cerciórese de desconectar la alimentación y de desenchufar el cable de alimentación del tomacorriente.
 - El uso de ruedas agrietadas, deformadas o dañadas puede ocasionar la rotura de la rueda y lesiones de gravedad.

1. Reemplazo de la rueda de disco abombado
Reemplace la rueda de disco abombado cuando se haya desgastado hasta aproximadamente 2-3/8" (60 mm) de diámetro externo. Confirme que no haya rajaduras ni daños en la rueda de disco abombado. Si existe una raja o deformación en la rueda de disco abombado, reemplácela inmediatamente.
2. Inspección de los tornillos
Inspeccione regularmente todos los tornillos y asegúrese de que estén completamente apretados. Si hay algún tornillo flojo, apriételo inmediatamente.

- ⚠ **ADVERTENCIA:** La utilización de esta amoladora con tornillos flojos es extremadamente peligroso.

3. Confirme que no haya ningún daño en el protector de la rueda, el cable de alimentación, la carcasa, etc.
Verifique que el interruptor de conexión/desconexión funcione de la manera normal.

4. Inspección de las escobillas (Fig. 6)
El motor utiliza escobillas de carbón, que son piezas fungibles. Reemplace las escobillas por otras nuevas cuando se hayan desgastado hasta su límite. Mantenga siempre limpias las escobillas para asegurar que se deslicen libremente dentro de los portaescobillas.

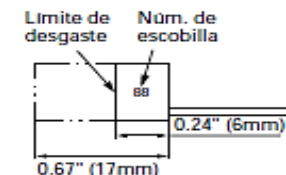


Fig. 6

- ⚠ **PRECAUCIÓN:** La utilización de esa amoladora con escobillas desgastadas más allá del límite dañará el motor.

NOTA: Utilice las escobillas HITACHI Núm. 88 indicadas en la Fig. 6.

Figura 44: Manual de usuario de la pulidora angular.



AEROMETAL
EQUIPOS DE PINTADO · PAINTING EQUIPMENT

Manufacturers since 1920

100

1920 / 2020

Tradicionalmente innovadores

CATÁLOGO PROFESIONAL



4







Victoria 215 F1 ECO&T Clear SI

Pistola diseñada para ofrecer las máximas prestaciones en la aplicación de productos de terminación donde se requiere una altísima calidad de acabado. Especial refinish en carrocería.

El nuevo sistema de pulverización Victoria Eco&T Clear, se ha adaptado a los nuevos barnices alto contenido en sólidos, para ofrecer una pulverización mucho más fina, con menor consumo de producto y mayor abanico.


El cabezal de nueva generación VICTORIA ECO&T Clear, permite trabajar a presiones de entre 2 y 2,2 bar de lo que se obtiene un barniz muy estrado, liso y homogéneo.

Buena velocidad de aplicación, cómoda en su manejo y un abanico prediso de generosas dimensiones.

CARACTERÍSTICAS
 Diseño más ergonómico y menos peso.
 Tacto del gatillo y reguladores más suaves y precisos.
 Juntas de teflón inalterables a todos los disolventes y productos acuosos.
 Depósito normalizado de 0,75 l. con filtro de pintura y antigoteo.
 Pasos de producto: 1,2 - 1,3 - 1,4 mm (opcional).
 Consumo de aire 290 l. p. m. a 2 bar de presión.

Ref.	Paso	Aplicación
21512EC750	1,2	Barnices VOC (17-19" viscosidad).
21513EC750	1,3	Barnices HS (20-22" viscosidad).
21514EC750	1,4	Barnice HS, monocapas y productos de acabado (22-26" viscosidad).

Figura 45: Manual de usuario del soplete para pintura.



USE and MAINTENANCE INSTRUCTION MANUAL


• WS-400 EVO

• LS-400 Entech


GRAVITY

SPRAY GUN Series

— professional —



en it fr es pt de se



6. PROBLEMAS, CAUSAS Y REMEDIOS

NO SALE PINTURA

- Tuerca de regulación de fluido (13) abierta de manera insuficiente. Controlar y regular.
- Orificio del pico fluido (2-1) obstruido. Controlar y limpiar.
- Filtro de pintura obstruido. Controlar y limpiar.
- Paragotas obstruido. Controlar y limpiar.

PULVERIZACIÓN INTERMITENTE

- Pérdida de aire por el pico fluido (2-1). Controlar, limpiar y reemplazar si hace falta.
- Pérdida de aire por el grupo de juntas de la aguja (3). Apretar.
- Pérdida de aire por la conexión del depósito. Apretar.
- Restos de pintura en el casquillo de aire (1). Limpiar.

DEFECTOS DEL ABANICO

- Pico fluido (2-1) o casquillo de aire (1) con pintura encastrada. Limpiar esmeradamente.
- Foco fluido (2-1) o casquillo de aire (1) estropeados. Reemplazar si hace falta.
- Pico fluido (2-1) flojo. Apretar.
- Viscosidad de la pintura demasiado alta o baja. Diluir la pintura o aumentar la viscosidad.
- El caudal de pintura es demasiado alto o demasiado bajo. Ajustar la tuerca de regulación para disminuir o aumentar el caudal.

PÉRDIDA DE PINTURA

- Foco fluido (2-1), aguja (2-2) o cuerpo de la pistola (1) con pintura encastrada, estropeados o con el asiento desgastado. Limpiar o reemplazar si hace falta.
- Restos de pintura en el casquillo de aire (1). Limpiar.
- Tuerca de regulación de fluido (13) floja. Regular.
- Muelle de presión de la aguja (11) desgastado. Reemplazar.
- Pico fluido (2-1) flojo. Apretar.
- Grupo de juntas de la aguja (3) flojo, demasiado apretado suelto o consumido. Regular, limpiar o reemplazar si hace falta.

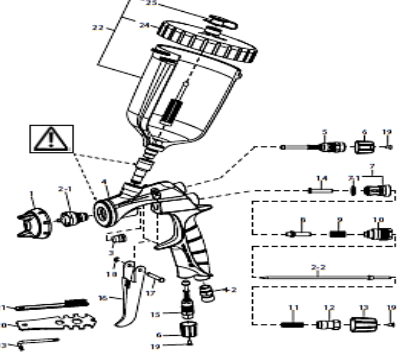
PÉRDIDA DE AIRE POR EL CASQUILLO DE AIRE

- Válvula de aire (8), asiento de la válvula de aire (7), muelle de la válvula de aire (9), suelto o estropeados. Limpiar o reemplazar si hace falta.
- La junta tórica (7-1) del cuerpo de la válvula de aire está estropeada o desgastada. Reemplazar.

***ATENCIÓN** Para desmontar el cuerpo de la válvula de aire (item. 7) utilice una llave Allen de 10 mm (no del tipo de cabeza esférica).

¡IMPORTANTE! Durante la fase de pedido se recomienda siempre el modelo de la pistola, el nombre del accesorio con su número de referencia, y la antigüedad del casquillo de aire, del pico fluido y de la aguja.

7. LISTA DE PIEZAS DE RECAMBIO

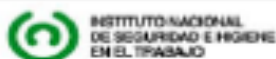


POS.	DESCRIPCIÓN	
1	Casquillo aire	
2	Grupo Pico fluido + Aguja	●
2-1	Pico fluido	●
2-2	Aguja	●
3	Cartucho junta aguja	●
4	Cuerpo	
4-2	Conexión aire	
5	Grupo regulación abanico	
6	Tuerca de regulación	
7	Asiento válvula aire	▲
7-1	Junta tórica	●
8	Válvula aire	●
9	Muelle válvula aire	●
10	Guía regulación aguja	
11	Muelle aguja	
12	Grupo regulación fluido	
13	Tuerca de regulación fluido	
14	Eje válvula aire	●
15	Grupo regulación aire	
16	Gestilo	
17	Pemo gatillo	
18	Cierre e	
19	Tornillo avellanado T10	
20	Llave	
21	Escobilla	
22	Taza 600 ml	
24	Tapa	
25	Antigripo	
33	Llave Allen	
	Filtro opcional	

¡NUNCAQuite la conexión de fluido ni el distribuidor de aire del cuerpo de la pistola. Cualquier avería resultante a causa de quitar estas partes no será cubierta por la garantía. En caso de necesitar reemplazar estas partes contacte directamente con el Servicio Técnico.

● Las piezas marcadas son piezas sometidas a desgaste.

Figura 46: Manual de usuario del soplete para pintura de fondo.



NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE
Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Manuel Bestratén Bellóvi
Ingeniero Industrial

Rosa MP Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Caries Mata Paris
Ingeniero Técnico

SEAT, S.A.

La presente NTP tiene por objeto exponer el método de análisis modal de fallos y efectos de elementos clave de procesos o productos. Esta herramienta es una de las adicionales empleadas en el ámbito de la Calidad par a la identificación y análisis de potenciales desviaciones de funcionamiento o fallos, preferentemente en la fase de diseño. Se trata de un método cualitativo que por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, incluidos los laborales.

1. INTRODUCCIÓN

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeroespacial en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiendo que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejor a la calidad de productos y procesos reduciendo costes.

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos no deseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente. Evidentemente tal cliente o usuario podrá ser un trabajador o equipo de personas que receptionan en un momento determinado un producto o parte del mismo en un proceso productivo, para intervenir en él, o bien en último término, el usuario final de tal producto cuando haya de utilizarlo en su lugar de aplicación. Es sabido que los fallos materiales suelen estar mayoritariamente asociados en su origen a la fase de diseño y cuanto más se tarde en detectarlos más costosa será su solución. De ahí la importancia de realizar el análisis de potenciales problemas en instalaciones, equipos y procesos desde el inicio de su concepción y pensando siempre en las diferentes fases de su funcionamiento previsto. A continuación se aportan una serie de definiciones sobre los conceptos asumidos por este método. Este método no considera los errores humanos directamente, sino su correspondencia inmediata de mala operación en la situación de un componente o sistema. En definitiva, el AMFE es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso.

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

Como paso previo a la descripción del método y su aplicación es necesario sentar los términos y conceptos fundamentales, que a continuación se describen.

Figura 47: Nota técnica de prevención NTP 679.