

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

**Implementación del mantenimiento autónomo a las herramientas  
neumáticas de la línea de ensamble de la empresa AUTEKO  
MOBILITY SAS**

Santiago Gallego Valencia

Yeny Patricia Arboleda Urrea

Programa Académico

Tecnología en Sistemas Electromecánicos

Director(es) del trabajo de grado

Daniel Sanín Villa

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**MEDELLIN**

**2019**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

# RESUMEN

Actualmente hablar de calidad no se limita solo al buen estado de los productos o servicios, esta va más allá y tiene implicaciones y procesos que son necesarios, como innovar constantemente, realizar procesos de mejora y desarrollo que permitan la eficacia y la eficiencia en la producción, con el objetivo de alcanzar la competitividad en un mercado con múltiples oferentes y un sin número de demandantes que cada vez exigen mayor calidad, por tanto, se hace indispensable que las empresas emprendan acciones para mantener y mejorar la calidad de sus productos.

Por tal motivo, este proyecto de grado pretende implementar el segundo pilar del TPM (mantenimiento productivo total); el cual consiste en la elaboración y aplicación de un plan de mantenimiento autónomo para todas las herramientas neumáticas de la principal línea de ensamble de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS; ubicada en carrera 42 no 45-77 del municipio de Itagüí. Esto con el fin de mejorar la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de dichas herramientas, además, con el objetivo de mejorar la calidad del producto terminado y la eficiencia de la red de aire comprimido a través de buenas prácticas de limpieza y lubricación.

Consecuentemente, se visualiza en este proyecto la estandarización de un plan de mantenimiento inexistente, teniendo como consecuencia un ahorro evidente en la mano de obra de mantenimiento, en la compra de pistolas, en repuestos y en el consumo de aire, a la vez se hace notorio el mejoramiento en la disponibilidad y mantenibilidad de dichos equipos.

Por lo anterior el proyecto de estandarización de un plan de mantenimiento pretende implementar buenas prácticas en el proceso, a través metodologías que posibiliten la ejecución de medidas de mejoramiento que permitan optimizar los recursos, tiempos y mejorar el proceso.

En un mundo altamente competitivo la implementación de estrategias como el TPM más allá de ser una buena práctica, se convierte en una necesidad, en este sentido la prevención, el mejoramiento continuo y la búsqueda de la calidad son un requisito que la industria reclama actualmente, por lo cual el presente trabajo propende por responder a dicha necesidad.

**Palabras Clave:** Mantenimiento Total Productivo, Mantenimiento Autónomo, Pilares del Mantenimiento autónomo, Kaizen.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

# RECONOCIMIENTOS

A Dios gracias por cada detalle y momento durante la realización de este proyecto, por ser la base y porque también nos permitió continuar con salud, fuerzas y empeño, también queremos agradecer al Ingeniero Daniel Sanín Villa, por desempeñar correctamente su función de asesor; pues de él obtuvimos oportunamente retroalimentaciones, consejos y halagos.

Por otro lado, agradecemos a la gerencia de operaciones de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS, en cabeza del señor Federico Sierra, Paula Zapata y John Wilmar Perez. A ellos, mil gracias por escuchar la propuesta y facilitar la obtención de datos.

Y finalmente, agradecemos al Departamento de electromecánica, especialmente al Comité Curricular por aprobar la propuesta y por permitirnos desarrollar lo aprendido durante la carrera y durante el Diplomado de Gestión del Mantenimiento Industrial.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

# ACRÓNIMOS

**ACFM** corresponde al CFPM real ("actual" en inglés significa "real") en condiciones distintas del estándar las cuales hay que indicar.

**CFPM o CFM** Pies cúbicos por minuto, en inglés cubic feet per minute, es una unidad de medida anglosajona no incluida en el Sistema Internacional de Unidades, que mide el caudal o flujo de un gas o líquido, indicando el volumen, en pies cúbicos, que pasa por una sección determinada, en la unidad de tiempo.

**ERP** Sistemas de planificación de recursos empresariales por sus siglas en inglés *enterprise resource planning*.

**FLR** Filtro Regulador Lubricador.

**hp** Unidad de medida del sistema anglosajon denominada caballo de fuerza mecánico en inglés *mechanical horsepower*; se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad de 1 pie/minuto un peso de 33 000 libras.

**JIPM** *Japan Institute of Plant Maintenance*, Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas.

**MA** Mantenimiento Autónomo.

**psi** La libra de fuerza por pulgada cuadrada ( $\text{lbf/in}^2$ ) abreviada psi, del inglés «pounds-force per square inch» es una unidad de presión perteneciente al sistema anglosajón de unidades.

**psia** Se usa para expresar la presión absoluta, del inglés psi, absolute.

**psig** se usa para expresar presión relativa al ambiente, del inglés psi, gauge.

**SAP** Es un sistema informático que hace que las empresas puedan administrar correctamente sus recursos humanos, productivos, logísticos, etc.

**TPM** Mantenimiento Productivo Total, por sus siglas en inglés *Total Productive Maintenance*.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## TABLA DE CONTENIDO

Lista de figuras.....	6
Lista de tablas.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.1.1 General.....	9
1.1.2 Específicos.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	10
2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	13
2.3 AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO AUTONOMO.....	19
3. METODOLOGÍA.....	21
3.1 IDENTIFICACIÓN.....	21
3.1.1 Planteamiento del problema:.....	21
3.1.2 Contexto operacional:.....	22
3.1.3 Situación actual:.....	25
3.1.4 Plan de Mantenimiento Autónomo.....	28
3.1.4.1 Rutinas diarias de mantenimiento Autónomo.....	28
3.1.4.2 Instructivos de mantenimiento autónomo.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Implementación planes de mantenimiento Autónomo.....	35
4.1.1 Implementación de las 5S.....	35
4.1.2 Cronograma de capacitación.....	37
4.1.3 Evidencias de Capacitación.....	38
4.1.4 Indicadores.....	40
4.1.5 Seguimiento.....	42
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	44
REFERENCIAS.....	45
APÉNDICE.....	47

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

Apéndice A ..... 47

## Lista de figuras

Figura 1. Pilares del TPM.....	12
Figura 2. Cinco S.....	14
Figura 3. Pasos del mantenimiento autónomo.....	15
Figura 4. Línea ensamble de motocicletas auteco mobility sas.....	21
Figura 5. Cuarto de compresores.....	22
Figura 6. Características técnicas.....	23
Figura 7. Consumo de aire en cfm por área.....	24
Figura 8. Unidad de mantenimiento.....	25
Figura 9. Drenaje compresor.....	25
Figura 10. Estándar de mantenimiento.....	26
Figura 11. intervenciones correctivas.....	26
Figura 12. Meta intervenciones correctivos.....	27
Figura 13. Tiempo mano de obra técnico.....	28
Figura 14. Selección de objetos innecesarios.....	35
Figura 15. Selección de objetos necesarios.....	35
Figura 16. Almacenamiento correcto de herramienta.....	36
Figura 17. Aseo general al cuarto de herramientas.....	36
Figura 18. Demarcación del lugar de almacenamiento.....	37
Figura 19. Cronograma de capacitación.....	38
Figura 20. Registro de capacitación escrito.....	39
Figura 21. Registro de capacitación fotográfico.....	39
Figura 22. REGISTRO DE CAPACITACIÓN FOTOGRÁFICO.....	39
Figura 23. Tiempo de operación.....	40
Figura 24. Tablero de indicadores.....	41
Figura 25. Disponibilidad de herramienta.....	41

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## Lista de tablas

Tabla 1: Características técnicas .....	23
Tabla 2. Promedio de intervenciones correctivas semestrales.....	27
Tabla 3. Referencial de auditoria .....	42

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante décadas, la industria ha experimentado métodos y cambios que buscan que las compañías sean más rentables, competitivas y sostenibles. Y quizás, en primera instancia estos experimentos y cambios parecen ser una tarea exclusivamente administrativa o ejecutiva; por lo contrario, son esfuerzos que comulgan con una misión corporativa, en donde todos los empleados participan con un enfoque multidisciplinario que promueve el mejoramiento continuo de la compañía y se centra específicamente en maximizar la efectividad productiva y crear una metodología que prevenga todo tipo de pérdidas, procurando cero defectos y cero fallos durante toda la vida útil de los sistemas productivos.

No obstante, los anteriores esfuerzos por hacer la industria más rentable, competitiva y sostenible se pueden resumir en una metodología llamada TPM (Mantenimiento Productivo Total). Como lo menciona Roberts, (2012) esta nace en Japón durante los años setenta y su objetivo es eliminar todas las pérdidas que existen en una compañía por medio del mejoramiento continuo de todos los procesos, lo cual se logra gracias a la participación de todo el personal; sin embargo, implementar esta metodología en toda la compañía es un trabajo arduo, costoso y que puede llevar años, pues su principal obstáculo (y a la vez beneficio), es que es una herramienta que tiene como objetivo cambiar la forma de pensar y actuar de las personas impactando directamente la cultura que estas comparten en cuanto a lo productivo y organizacional se refiere. Por lo tanto, muchas compañías optan por recopilar o aplicar a sus procesos productivos las buenas prácticas y algunos pilares de estas; como por ejemplo en este caso se promueve la implementación del mantenimiento autónomo en una línea de ensamble de motocicletas en concordancia con el TPM.

Así pues, es importante mencionar que, para las ensambladoras o la industria automotriz, el TPM y en este caso específico el mantenimiento autónomo, se han convertido en filosofías y culturas de trabajo, las cuales reúnen un sin número de tareas “fáciles de realizar”, que ejecutadas conjuntamente resultan de un trabajo amparado en la disciplina que conduce, sinérgicamente al éxito de dichas filosofías de trabajo. Ejemplo de lo anterior son las 5s, cuya herramienta se resumen en cinco palabras japonesas, las cuales que traducen en clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mejorar continuamente; y que, sin duda alguna, es la mejor opción para involucrar a todo el personal de la compañía en tareas que se creían ser únicamente del personal de mantenimiento.

Además, se podría afirmar que las 5s son el primer paso para la implementación de un plan de mantenimiento autónomo, el cual según Améndola, (2002) comprende un cronograma de actividades de limpieza y lubricación básica para los operadores de la maquinaria o del puesto de trabajo, es decir, en esta metodología el personal de mantenimiento no son los encargados de realizar el mantenimiento básico, sino el propio operador y en este caso, este personal, estará encargado de la limpieza y lubricación diaria de la herramienta neumática de la línea de ensamble de motocicletas de combustión.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 General

- Implementar el mantenimiento autónomo en la línea de ensamble de motocicletas de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS, con el fin de mejorar la disponibilidad de los equipos de la red neumática y reducir los costos de reparación y operación de estos.

### 1.1.2 Específicos

- Formular el plan de capacitación para los operadores de los equipos neumáticos de la línea de ensamble.
- Definir y documentar estándares de limpieza, ajuste y lubricación para los operadores de los equipos neumáticos de la línea de ensamble.
- Formular indicadores que permitan medir el desempeño de los equipos neumáticos de la línea de ensamble.
- Realizar seguimiento al proceso de implementación con el fin de evaluar las mejoras obtenidas con la implementación del mantenimiento autónomo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## 2. MARCO TEÓRICO

Toda actividad que busque preservar un equipo, alargando su vida útil y conservando las características o funciones principales para las cuales fue diseñado, se conoce como mantenimiento, el origen de este es tan antiguo como la creación de las primeras herramientas, este ha evolucionado con el paso de los años junto con las revoluciones e innovaciones presentadas en la industria.

Con la aplicación o implementación del mantenimiento en un proceso productivo lo que se busca, es alargar la vida útil de los activos, disminuir los costos asociados a paradas inesperadas, aumentar la productividad y la calidad del producto final, entre otras.

El mantenimiento se divide en dos tipos principales:

- **Mantenimiento correctivo** en este no se realiza ninguna actividad de intervención al equipo si este se encuentra operando, es decir en este tipo de mantenimiento se espera a que el equipo presente una parada intempestiva para tomar medidas correctivas, este tipo de mantenimiento puede parecer económico ya que no se invierte en prevenir, sin embargo, los costos ocultos ligados a las paradas emergentes pueden llegar a ser mucho más altos.
- **Mantenimiento preventivo** en este tipo de mantenimiento se programan una serie de intervenciones a determinada frecuencia, con las cuales se busca aumentar la vida útil de los equipos y minimizar paradas inesperadas asociadas a fallas en los equipos.

Basadas en el mantenimiento preventivo surgen una gran variedad de estrategias de mantenimiento, las cuales buscan mejorar la productividad, la confiabilidad, etc; en vista de que nuestro proyecto se enfoca en la implementación del mantenimiento autónomo el cual es un pilar de la estrategia de mantenimiento centrada en la productividad, solo profundizaremos en los antecedentes y conceptos de esta metodología del mantenimiento.

### 2.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Como lo enuncia Tavares, (2000) el mantenimiento productivo total, es una metodología de mejora que busca optimizar la eficiencia global de los equipos aumentando la disponibilidad de la maquinaria y mejorando su rendimiento y calidad; el Mantenimiento Productivo Total “TPM”, en inglés “Total Productive Maintenance”, es un sistema industrial japonés desarrollado principalmente en la década de los 70’s surge por la necesidad de mejorar los productos y servicios en las empresas, promoviendo la interacción del operario, la máquina y la compañía. El TPM busca la integración de todo el personal de la compañía con el propósito de obtener una mejora en el proceso de producción a través de la eliminación de pérdidas, buscando aumentar la productividad del personal, de los equipos y de la planta en general.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

La institución dedicada al desarrollo de la metodología y conceptos del TPM el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM, 2019) definen el siguiente concepto:

“El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene todas las pérdidas en todas las operaciones de las empresas. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos”.

Como lo define Calle, (2019) para la implementación del TPM en las compañías se especificaron 8 pilares, estos son la base fundamental de esta metodología, cada uno de ellos nos dice una ruta a seguir para lograr los objetivos de eliminar o reducir las pérdidas: como son paradas programadas, ajustes de producción, fallos de los equipos, fallos de los procesos, pérdidas de producción normales, pérdidas de producción anormales, defectos de calidad y reprocesamiento, estos se describen a continuación (ver Figura 1):

- 1) Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen).
- 2) Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen).
- 3) Mantenimiento planificado.
- 4) Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen).
- 5) Prevención del mantenimiento.
- 6) Actividades de departamentos administrativos y de apoyo.
- 7) Formación y Adiestramiento.
- 8) Gestión de Seguridad y Entorno.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08



**FIGURA 1. PILARES DEL TPM**

FUENTE (BSG INSTITUTE, 2019)

La implementación del TPM en las compañías no requiere un orden específico del desarrollo de los pilares, esto depende de cada empresa y su operación, para nuestro caso solo pretendemos montar el pilar del mantenimiento autónomo en una línea de ensamble de motocicletas como mejora para la compañía AUTEKO MOBILITY SAS; por esta razón solo profundizaremos en este pilar, a continuación, se presenta una breve descripción de estos pilares tal como nos las describe Calle, (2019).

- **Primer Pilar** – Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen

Consiste en buscar una oportunidad de mejora dentro de la planta, esta oportunidad debe reducir o eliminar un desperdicio.

- **Segundo Pilar** – Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen

Este pilar busca integrar el trabajo del operador con el de operario de mantenimiento, para lograr disminuir desperdicios. El operador debe estar listo para hacer cambios de formato o algunos mantenimientos básicos, pero básicamente es el que reporta las fallas adecuadamente, junto a realizar ajustes, lubricación y mantenimientos básicos.

- **Tercer Pilar** – Mantenimiento Planificado

Se requiere tener implementado un buen programa de mantenimiento preventivo, es necesario que se tenga una buena recolección de datos y excelente análisis; para luego poder planear los mantenimientos que logran disminuir los costos e incrementar la disponibilidad; esto con la finalidad de poder implementar el mantenimiento predictivo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

- **Cuarto Pilar** – Mantenimiento De Calidad o Hinshitsu Hozen

Los defectos de producción suelen presentarse por problemas de las máquinas, por problemas del material, por dificultades de los métodos o por inconvenientes del personal de operaciones. Por esto es de vital importante la integración de todas las áreas de la compañía para identificar la causa raíz del defecto, atacando esta, se logrará mejorar la calidad de los productos de la compañía.

- **Quinto Pilar** – Prevención del Mantenimiento

Radica en planificar e investigar sobre las nuevas máquinas que pueden ser utilizadas en nuestra organización, para se debe diseñar o rediseñar los procesos, realizar evaluación y seguimiento a la operación.

- **Sexto pilar** – Actividades de Departamentos Administrativos y de Apoyo

Consiste en revisar y fortalecer las funciones de las áreas administrativas con el fin de mejorar la cultura y organización.

- **Séptimo Pilar** – Formación Y Adiestramiento

La formación debe ser apropiada, de acuerdo con lo que requiere la planta y la organización, por ello la planificación de la formación de las personas debe salir de las oportunidades encontradas en el desempeño de los empleados de la compañía.

- **Octavo Pilar** – Gestión de Seguridad y Entorno

Las compañías deben contar con la información de seguridad en el trabajo donde se pueda avaluar factores de riesgo a fin de prevenir accidentes, esta información es de vital importancia para la elaboración de estándares de procesos.

## 2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Como se mencionó anteriormente lo que se busca con el mantenimiento autónomo es involucrar al operador del equipo con el área de mantenimiento lo cual tiene como finalidad que el operador, por iniciativa propia este al cuidado del equipo, evidenciando fallas con anterioridad por medio de actividades e inspecciones rutinarias que lo que buscan es mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento; El mantenimiento autónomo se basa en la estrategia de mejora de las 5's.

Las 5S son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen esta metodología, las cuales se describen a continuación de acuerdo a la definición que plantea EUSKALIT, (2019):

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

- **SEIRI – ORGANIZACIÓN:** Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en descartarlos.
- **SEITON – ORDEN:** Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.
- **SEISO – LIMPIEZA:** Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado de salud.
- **SEIKETSU- CONTROL VISUAL:** Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.
- **SHITSUKE- DISCIPLINA Y HÁBITO:** Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas (ver Figura 2).



**FIGURA 2. CINCO S**

FUENTE (SAHLER SOLUCIONES AMBIENTALES, 2019)

Las tres primeras fases “ORGANIZACIÓN, ORDEN Y LIMPIEZA” son fases operativas, la cuarta fase “CONTROL VISUAL” ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores mediante la estandarización de las prácticas implementadas; la última fase “DISCIPLINA Y HÁBITO”, permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua en el trabajo diario.

El JIPM, quien tiene los derechos de marca del TPM, define la implementación del mantenimiento autónomo en siete etapas, las cuales tienen como objetivo lograr las condiciones básicas de los equipos; establecer una nueva disciplina de inspección por parte del personal operativo y crear una nueva forma de dirección fundamentada en el

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

autocontrol, a continuación, se define cada etapa como lo esboza Vargas, (2016) (ver figura 3).



**FIGURA 3. PASOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

FUENTE (SERACTIVOS SAS, 2015)

- **Etapas 0. Preparación del Mantenimiento Autónomo.**

Esta es una etapa muy importante en la que se reconoce la necesidad de implantar el mantenimiento autónomo en la planta. En esta fase se entrena al personal y se preparan los documentos necesarios para realizar las fases de limpieza, lubricación, apriete y estandarización. En esta etapa de preparación se establecen los objetivos del mantenimiento autónomo, se selecciona el área o equipo piloto en el que se realizará la primera experiencia y se desarrolla el programa de entrenamiento necesario para el inicio de las primeras etapas. Los operarios deben conocer la estructura interna de los equipos, el funcionamiento de las máquinas y los problemas que se pueden presentar en su operación, y perjuicios causados por el depósito de polvo y mala limpieza, falta de aprietes en tornillos y pernos, como también, los problemas que se presentan con la falta de conservación de la lubricación. Como resultado final de este entrenamiento, los operarios deben conocer la forma de eliminar el polvo y suciedad del equipo, los métodos de lubricación, cantidad y periodicidad, como también la forma correcta de mantener apretados los elementos de fijación y el uso de las herramientas empleadas para el apriete. Las ayudas que se deben preparar durante esta etapa son:

- **Mapa de seguridad:** Es un diagrama del equipo seleccionado como piloto y sus áreas cercanas donde se muestra los posibles puntos de riesgo y de peligro para el personal que intervendrá en la práctica de la limpieza y otras etapas de autónomo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

- **Manual de situaciones anormales.** Se trata de un documento en el que se muestran los esquemas de los equipos, su estructura de componentes, análisis de posibles causas de deterioro, defectos potenciales de calidad, paradas, etc. Esta información se debe entregar al personal operativo como parte de su entrenamiento en la fase inicial del mantenimiento autónomo. Algunas empresas han preparado esta información con la participación directa del operador.
- **Tarjetas de inspección de Mantenimiento Autónomo.** tablero de control visual y otras listas de ayuda para la inspección y registros de situaciones que se deben mejorar en la maquinaria, también se requiere realizar registro fotográfico e implementar formatos para la planificación de las acciones de mejora.
- **Etapa 1. Limpieza e inspección**

En esta primera etapa se busca alcanzar las condiciones básicas de los equipos y establecer un sistema que mantenga esas condiciones básicas durante las etapas uno a tres. Los principios en los que se fundamenta la primera etapa son:

Hacer de la limpieza un proceso de inspección; la inspección se realiza para descubrir cualquier tipo de situación anormal en el equipo y las áreas próximas de trabajo, estas situaciones deben corregirse inmediatamente para establecer las condiciones básicas del equipo. No se debe pretender solamente asignar un tiempo para la limpieza al finalizar el turno. Se debe buscar un nivel de pensamiento superior, en el que el operador tome contacto con el equipo para realizar inspección mediante el aseo del equipo. El TPM ofrece una metodología específica de auditoría para realizar la identificación de falta de limpieza, generando un plan de acción de mejora el cual es controlado mediante sistemas visuales y de fácil manejo por parte del operador y directivos de la planta. Es frecuente introducir en esta primera etapa las tres primeras "S".

Una limpieza profunda exige que el operario tenga contacto con cada una de las partes y componentes del equipo. Esta actividad produce un mayor interés para evitar que el equipo se ensucie nuevamente. En esta primera etapa, es posible que el operario no logre comprender inicialmente la importancia de la limpieza o que esta debe realizarla otro personal diferente a ellos; con la experiencia, los operarios van comprendiendo los problemas que generan la contaminación y la importancia de su labor en la eliminación de sus causas.

Por medio de auditorías internas debe evaluarse si el área en la que se aplica está lista para pasar a la siguiente etapa.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

- **Etapa 2. Establecer medidas preventivas contra las causas de deterioro forzado y mejorar el acceso a las áreas de difícil limpieza**

En esta etapa se pretende que el trabajador descubra las fuentes profundas de la suciedad que deteriora el equipo y tome acciones correctivas para prevenir su presencia. Se busca mejorar el acceso a sitios difíciles para la limpieza, eliminación de zonas donde se deposita con facilidad la suciedad y se mejora la observación de los instrumentos de control. Esta etapa es importante para el desarrollo de las actividades Kaizen o de mejora continua y son desarrolladas por los propios trabajadores que enfrentan las dificultades en la limpieza o el manejo de los procesos asignados. Los resultados se manifiestan en la mejora del sitio de trabajo, reducción de posibles riesgos y reducción del deterioro acelerado de los equipos debido a la contaminación y escapes. Las actividades más frecuentes que se realizan en planta en esta segunda etapa tienen que ver con la eliminación de escapes, fuentes de contaminación, excesos de lubricación y engrase en sitios de la máquina, derrames y contaminación. Conviene empezar observando cuidadosamente el área de trabajo para determinar qué piezas se ensucian, qué es lo que las ensucia y cuándo, cómo y por qué se ensucian. Es necesario dibujar esquemas que muestren la localización de la contaminación, escapes, partículas, humos, nube de aceite, polvo, vapor y otros.

- **Etapa 3. Preparación de estándares para la limpieza e inspección**

Con base en la experiencia adquirida en las etapas anteriores, se preparan los estándares de inspección con el propósito de mantener y establecer las condiciones óptimas del estado del equipo. Es frecuente emplear las dos últimas "S" de la estrategia de las 5S con el objeto de garantizar disciplina y respeto de los estándares. Se busca crear el hábito para el cuidado de los equipos mediante la elaboración y utilización de estándares de limpieza, lubricación y apriete de tornillos, pernos y otros elementos de ajuste; busca prevenir deterioro del equipo manteniendo las condiciones básicas de acuerdo a los estándares diseñados. Estos estándares en lo posible deben ser preparados por el operador una vez se haya capacitado para realizar esta labor. Como consecuencias de esta etapa, el trabajador participará efectivamente en todas las actividades de cuidar el equipo, iniciando su intervención desde el mismo momento en que prepara las normas de cuidado de los equipos.

- **Etapa 4. Inspección general orientada**

En las etapas 1, 2 y 3 se han implantado actividades orientadas a la prevención del deterioro a través de la mejora de las condiciones básicas de la planta. En las etapas 4 y 5 se pretende identificar tempranamente el deterioro que puede sufrir el equipo con la participación activa del operador. Estas etapas requieren de conocimiento profundo sobre la composición del equipo, elementos, partes, sistemas, como también sobre el proceso

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

para intervenir el equipo y reconstruir el deterioro identificado. Las inspecciones iniciales las realiza el operador siguiendo las instrucciones de un especialista.

- **Etapa 5. Inspección autónoma**

En esta etapa cumple una primera función de conservar los logros alcanzados en las etapas anteriores; posteriormente, la etapa cinco debe conducir a mejorar los estándares y la forma de realizar el trabajo autónomo que se viene realizando. Se evalúan los estándares de limpieza, lubricación y apriete establecidas en las etapas previas, se mejoran sus métodos y tiempos con base a la experiencia acumulada por el operador. Las principales actividades de esta etapa están relacionadas con el control de los equipos y la calidad de los mismos, condiciones y estado de ellos como de las herramientas. Uno de los aportes significativos de la etapa cinco consiste en el incremento de la eficiencia de la inspección, al mejorar métodos de trabajo y los estándares utilizados. El desarrollo de la etapa cinco incluye los siguientes trabajos prácticos:

1. Evaluar los procedimientos utilizados hasta el momento en las actividades autónomas.
2. Se analizan los estándares para identificar si se pueden eliminar algunos puntos de inspección de alta fiabilidad, realizar trabajos en paralelo para reducir los tiempos de inspección.
3. Se evalúan los controles visuales que hemos utilizado.

La etapa cinco del Mantenimiento Autónomo consiste en aplicar el ciclo Kaizen o de mejora continua a las acciones de inspección de los equipos. En las primeras etapas de autónomo se han creado la disciplina y cultura de realizar este trabajo, el cual se consideraba como exclusivo del personal técnico. En la etapa cinco se inician el proceso de mejora y optimización de las acciones de inspección autónoma. Se busca disminuir los tiempos de inspección o realizar el mayor contenido de trabajo y de alto impacto durante el tiempo asignado para la inspección. Como producto final de esta etapa se obtiene un plan de inspección eficiente, con periodicidad adecuada y con contenidos bien identificados para cada inspección, con tiempos asignados bien dimensionados.

- **Etapa 6. Estandarización**

Esta etapa cumple la tarea de realizar procesos Kaizen a los métodos de trabajo. Esta etapa ya no está tan directamente relacionada con los equipos, sino con los métodos de actuación del personal operativo. Una vez se han logrado las mejoras de los métodos de inspección para los equipos propuestos en la etapa cinco, es necesario establecer un estándar para que estos se mantengan a través del tiempo. La estandarización busca que estas actividades de rutina sean asignadas adecuadamente a los operarios y en el mejor tiempo. Los estándares deben incluir los sistemas de información necesarios para

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

garantizar que los resultados de la inspección autónoma se emplean para la mejora del equipo y la prevención de problemas potenciales.

En esta etapa se analizan las auditorías generales de fábrica empleadas hasta el momento, con el objeto de introducir mejoras al modelo. Dentro de la estandarización se puede incluir acciones para certificar al personal de producción y reconocer que han cumplido un ciclo formativo estandarizado, haciéndolo merecedor de un certificado de competencias.

- **Etapa 7. Control autónomo total**

En esta etapa se integra plenamente el proceso de Mantenimiento Autónomo al proceso de dirección general de la compañía o Dirección por Políticas. Se pretende reconocer a la capacidad de autogestión del puesto de trabajo del operador, creando un sentimiento de participación efectiva en el logro de las metas y objetivos de la fábrica y de la empresa. El operario podrá tomar decisiones en el ámbito de su puesto de trabajo, cooperará para el logro de objetivos compartidos, realizará nuevas acciones Kaizen y se inician en nuevas fronteras de mejora e innovación permanente en la forma de trabajar.

### 2.3 AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Las auditorías de mantenimiento son el principal instrumento de gestión para lograr una verdadera transformación de la cultura de la compañía; las auditorías de Mantenimiento Autónomo deben tener las siguientes características:

- Facilitar el autocontrol por parte de los operarios.
- Servir para aprender más del proceso seguido.
- Evaluar "lo que se hace" y " la forma como se hace".

Las auditorías de Mantenimiento Autónomo se diseñan para que sean aplicadas por el grupo de operarios, especialmente con la intervención de su líder. Estas auditorías pueden ser realizadas tanto para cada paso, como auditorías generales de fábrica y auditorías de paso.

Las auditorías de paso desde el punto de vista conceptual deben incluir los siguientes puntos:

1. Progreso en la aplicación de cada una de las actividades contempladas para cada paso. Por ejemplo, en la etapa uno se puede incluir como parte de su desarrollo la creación de los mapas de seguridad. En la auditoría se evalúa si se han creado y si se comprenden.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

2. Sistema de información utilizado, esto es, si se utiliza adecuadamente el tablero de gestión visual, las actas de reuniones, gráficos y demás documentos necesarios para implantar cada pasó.

3. El trabajo en equipo y el nivel de participación de sus integrantes. Las auditorías de paso deben servir para crear acciones de conversación sobre los temas previstos y crear nuevo conocimiento en el puesto de trabajo.

- Auditorías de la dirección.** Las auditorías de la dirección pueden ser según Tavares, (2003) de dos tipos: de paso y general de fábrica. Las auditorías de paso sirven para tener la suficiente información sobre el grado de evolución de cada paso y la autorización para iniciar el siguiente paso de autónomo. Este tipo de auditorías son importantes para reconocer el progreso del equipo y el crecimiento personal de sus integrantes. Algunas empresas entregan una certificación en la que se reconoce que el equipo ha cumplido con los requisitos para continuar su trabajo en un paso superior de autónomo. Las auditorías de fábrica sirven para evaluar el progreso general del pilar, identificar puntos que requieren ayuda, aportar recomendaciones y ofrecer estímulo al personal. La importancia de las auditorías está en los procesos de conversación existentes durante su realización.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

### 3. METODOLOGÍA

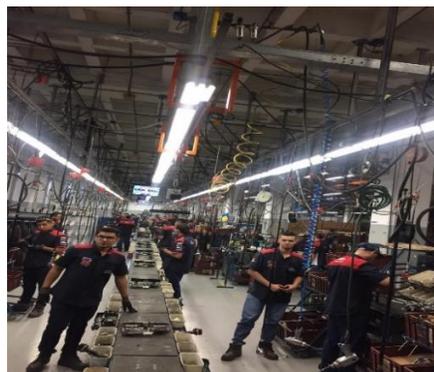
Como lo describe Améndola, (2002), quien concibe el mejoramiento continuo como programa que realiza seguimientos diarios a los procesos, actividades y resultados obtenidos de las operaciones, buscando así, oportunidades de mejora en toda la compañía y especialmente cuestionando y optimizando aquellos métodos que en la cadena de valor se perciben eficientes. Así pues, este proyecto se ciñe a la metodología de mejoramiento continuo o metodología Kaizen de AUTEKO MOBILITY SAS, la cual lleva mejorando las utilidades y los procesos desde hace 7 años.

Por lo tanto, esta metodología se percibe en la solución sistemática de una oportunidad de mejora, es decir, se aplica bajo métodos y herramientas de análisis y solución de problemas. Además, se elabora de manera cronológica, donde se inicia con la identificación de la oportunidad, seguido de la planeación y se finaliza con la divulgación de los resultados. Es así, que este proyecto aprovecha los pasos anteriores para copilar la ejecución de este.

#### 3.1 IDENTIFICACIÓN

##### 3.1.1 Planteamiento del problema

Auteko Mobility SAS, es una compañía dedicada al ensamble y comercialización de motocicletas, con presencia en varias zonas del país; para la implementación del presente proyecto se hará énfasis en la línea de ensamble de combustión, que se encuentra ubicada en carrera 42 no. 45-77 del municipio de Itagüí. Para este proceso la compañía cuenta con una red neumática, la cual consta de redes de tubería y mangueras, además de herramientas de impacto e impulso neumático (pistolas); las cuales se emplean para el proceso de ajuste y ensamble de las motocicletas, esta red neumática trabaja de 90 a 100 psi en un turno de 10 horas de lunes a viernes (aproximadamente 9.2 horas de operación) (ver Figura 4).



**FIGURA 4. LÍNEA ENSAMBLE DE MOTOCICLETAS AUTEKO MOBILITY SAS**

(FUENTE: AUTOR)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

De las herramientas mencionadas anteriormente y de la presión descrita en el párrafo anterior, se puede inferir que los componentes internos están siendo sometidos a desgastes prematuros. Además el sistema de lubricación es deficiente debido a que por cada unidad de mantenimiento hay 4 herramientas neumáticas operando, suficiente para que se presente una desigualdad, la cual hace que no se garanticen las 6 gotas diarias de aceite que recomiendan algunos fabricantes, como por ejemplo, el fabricante SALKOR afirma en el Apéndice A que si el sistema de lubricación es defectuoso, se debe lubricar las pistolas manualmente aplicando de 2 a 6 gotas de aceite diariamente o en intervalos de dos horas después de operación.

A lo anterior se suma que el mantenimiento preventivo no es suficiente y que sólo se realiza mantenimiento correctivo cuando hay un paro imprevisto, debido a un fallo parcial o funcional en los equipos, es decir, no existe un plan de mantenimiento que abarque todas las eventualidades que se puedan generar y al presentarse una falla se detiene de forma no programada la línea de ensamble, ocasionando altos costos en las reparaciones y pérdidas de tiempo de producción y en la calidad del producto ensamblado, además se presentan altos costos de consumo energético por fugas de aire en la red neumática; adicional a esto las pistolas se encuentran muy deterioradas, lo cual afecta el cumplimiento de entrega del producto terminado y la satisfacción de los clientes internos y externos.

Por esta razón es conveniente implementar un programa de mantenimiento autónomo en la línea de ensamble de motocicletas de la empresa AUTECO MOBILITY SAS, donde sea el operador de la línea el directo responsable de inspeccionar los equipos de la red neumática, con el fin de identificar de manera anticipada las fallas potenciales y, de esta forma, realizar paradas de forma programada para la intervención de los equipos de la línea, y así no afectar la disponibilidad de los equipos, mejorar la calidad del producto terminado y evitar accidentes y/o perdidas por averías.

### 3.1.2 Contexto operacional

Actualmente se cuenta con dos compresores de marca Kaitec e Ingersoll Rand respectivamente, que se pueden ver en la Figura 5, seguidos de sus características (ver Figura 6).



**FIGURA 5. CUARTO DE COMPRESORES**

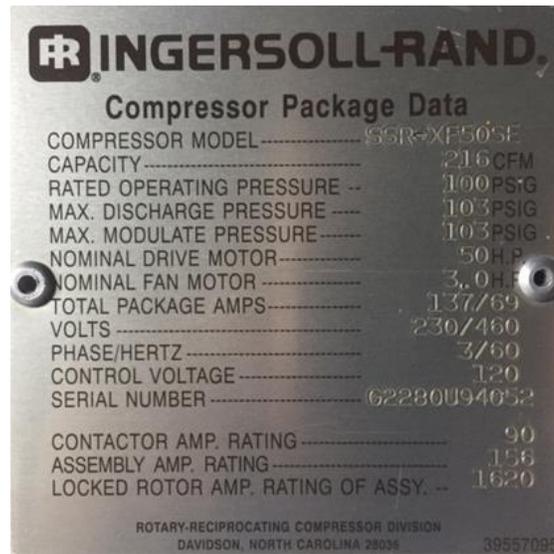
(SOLUCION AIRE SAS, 2019)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

**TABLA 1: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

MARCA	MODELO	CAPACIDAD (ACFM)	PRESION (psi)	hp
Kaitec	KHE 378	210	125	51
Ingersoll Rand	SSRXF50SE	216	103	50

(Fuente: Autor)



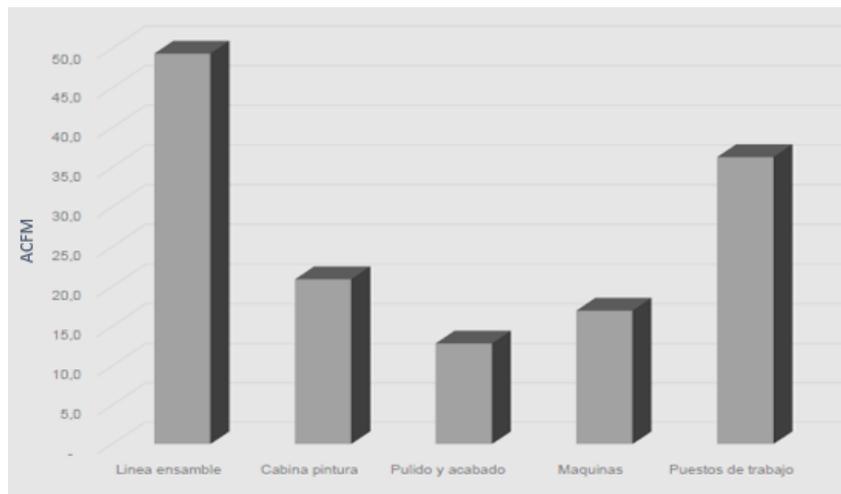
**FIGURA 6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

(FUENTE: AUTOR)

Los compresores alimentan simultáneamente toda la red de aire comprimido, es decir, permanecen encendidos durante 12 horas diarias pero la distribución de los CFM no se hace homogénea puesto que tienen características técnicas y tiempo de vida útil diferente, adicional el consumo por área es diferente.

En la Figura 7 se especifican los valores exactos del consumo de aire de cada proceso:

### Consumidores



**FIGURA 7. CONSUMO DE AIRE EN CFM POR ÁREA**

(SOLUCION AIRE SAS, 2019)

Es decir, la anterior imagen indica que la línea de ensamble es el principal consumidor de aire; por consiguiente, el caudal y la presión requerida son mayores con respecto a los demás procesos, seguidamente la humedad en la red y el desgaste en los elementos actuadores aumenta considerablemente, por lo tanto, se define la línea de ensamble por obvias razones, como el proceso más crítico y en este caso, el proceso con más falencias a mejorar.

Por ejemplo, la red de aire de la línea de ensamble cuenta con una unidad de mantenimiento por cada 4 puntos de conexión de acople rápido y en total se tienen 145 puntos, los cuales alimentan simultáneamente las pistolas neumáticas durante el turno de trabajo (9,6 horas). Esta condición, como se ha mencionado anteriormente, presenta un déficit de lubricación. Adicionalmente, el tanque acumulador del compresor no cuenta con un drenaje automático No-lost y manualmente no se realiza con frecuencia lo que ocasiona un aumento en la humedad en diferentes partes de la línea. En las figuras 8 y 9 se muestra la unidad de mantenimiento y el sistema de drenaje del compresor:

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08



**FIGURA 8. UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

(FUENTE: AUTOR)



**FIGURA 9. DRENAJE COMPRESOR**

(Fuente: Autor)

### 3.1.3 Situación actual

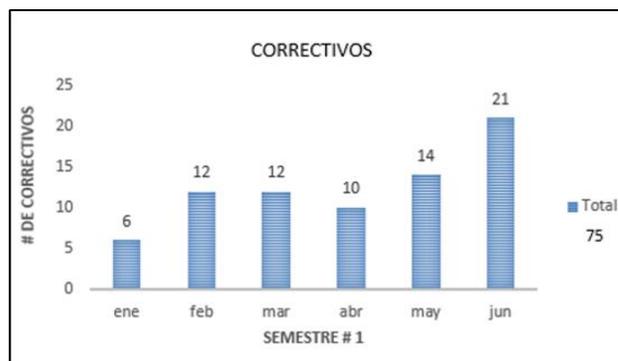
Actualmente se cuenta con un inventario de pistolas neumáticas de 363 unidades, de las cuales hay 337 de impacto y 26 de impulso respectivamente. El mantenimiento preventivo para ambos tipos de pistolas es el mismo y como se menciona no es efectivo, tanto que no existe un cronograma de actividades de mantenimiento para estas herramientas; solo se atienden cuando el operario percibe fallas parciales, cuando hay pérdida de la función o cuando hay paro de línea por herramienta averiada; una vez reportada la falla se presenta un técnico de mantenimiento para realizar la revisión y reparación de la herramienta neumática, para esto el área de mantenimiento tiene un estándar definido (ver figura 10) el cual consiste en el desarme completo de la herramienta neumática, este estándar tiene definido como tiempo promedio de intervención 115 minutos, para efectos de veracidad, este dato se extrajo del ERP (Enterprise Resource Planning)

específicamente de SAP implementado en la compañía; con el objetivo de cuantificar intervenciones correctivas que se han realizado en el último semestre (ver Figura 10).

Resumen general operación					
Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrl	Descripción operación
0010		PLANMTTO	1000	ZM01	DESARME
0010	0010	PLANMTTO	1000	ZM11	quitar accesorios superiores
0010	0020	PLANMTTO	1000	ZM11	abrir herramienta
0010	0030	PLANMTTO	1000	ZM11	quitar contratuerca motor
0010	0040	PLANMTTO	1000	ZM11	desensamblar motor
0010	0050	PLANMTTO	1000	ZM11	desensamblar motor
0010	0060	PLANMTTO	1000	ZM11	limpiar partes (grasa)
0020		PLANMTTO	1000	ZM01	ANALISIS
0020	0010	PLANMTTO	1000	ZM11	revisar desgaste o ruptura de piezas
0020	0020	PLANMTTO	1000	ZM11	revisar rotor
0020	0030	PLANMTTO	1000	ZM11	revisar aspas,
0020	0040	PLANMTTO	1000	ZM11	revisar rodamientos
0030		PLANMTTO	1000	ZM01	LUBRICACION
0030	0010	PLANMTTO	1000	ZM11	ensamblar motor
0030	0020	PLANMTTO	1000	ZM11	poner aceite en motor para ensamblar
0030	0030	PLANMTTO	1000	ZM11	ensamblar motor
0040		PLANMTTO	1000	ZM01	ARMADO
0040	0010	PLANMTTO	1000	ZM11	ensamblar motor
0040	0020	PLANMTTO	1000	ZM11	roscar tapa
0040	0030	PLANMTTO	1000	ZM11	roscar tapa
0040	0040	PLANMTTO	1000	ZM11	poner tornillos o roscar
0040	0050	PLANMTTO	1000	ZM11	ensamblar cabeza
0050		PLANMTTO	1000	ZM01	VERIFICACION
0050	0010	PLANMTTO	1000	ZM11	prueba de torque

**FIGURA 10. ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO**

(FUENTE: AUTOR)



**FIGURA 11. INTERVENCIONES CORRECTIVAS**

(FUENTE: AUTOR)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

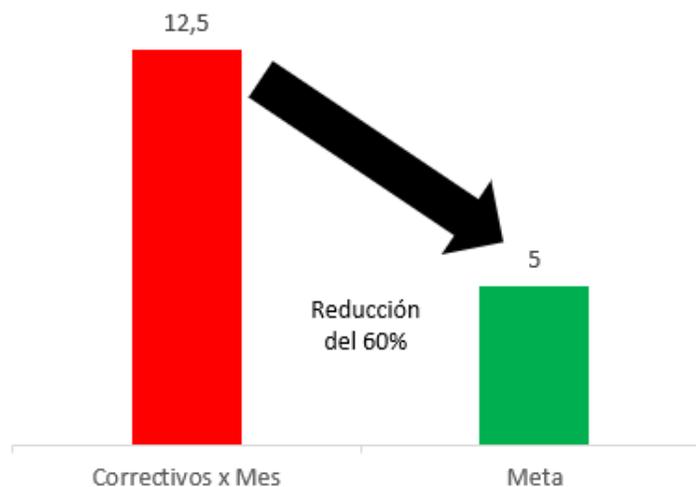
De la información que se observa en la Figura 11 es que nace la meta que se propone inicialmente con el mantenimiento autónomo y que consiste en reducir el número de intervenciones correctivas. Además, la reducción de la mano de obra de mantenimiento en un 50%, la cual se ve reflejada en tiempos y en costos. No obstante, por efectos de comparación y tiempo de implementación los anteriores datos se promedian por mes y en ese orden de ideas se plantean las siguientes metas parciales:

**TABLA 2. PROMEDIO DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS SEMESTRALES**

Meses	Número de intervenciones
Ene	6
Feb	12
Mar	12
Abr	10
May	14
Jun	21
Promedio mes	12,5

(FUENTE: AUTOR)

En la figura 12 se plantea reducir el 60% de intervenciones correctivas en el mes, es decir, de 12.5 intervenciones mensuales, se espera tener solo 5. Sin embargo, esta meta también propone aumentar la disponibilidad y la mantenibilidad en las herramientas; puesto que la disminución en intervenciones está directamente relacionada con la disminución de averías.



**FIGURA 12. META INTERVENCIONES CORRECTIVOS**

(FUENTE: AUTORES)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

Además, el aumento en la mantenibilidad concierne en tener herramientas en mejores condiciones de lubricación y operación, lo que conlleva a reducir las fallas funcionales, el desgaste de los componentes internos y el tiempo de reparación o mantenimiento. A continuación, en la figura 13 se ilustra el tiempo promedio de reparación para una herramienta neumática:



**FIGURA 13. TIEMPO MANO DE OBRA TÉCNICO**

(Fuente: Autor)

### 3.1.4 Plan de Mantenimiento Autónomo

A continuación se describen las tareas propuestas para los compresores, unidades FRL y pistolas neumáticas de la línea de ensamble de motocicletas, las cuales tienen como finalidad disminuir el número de intervenciones correctivas aumentando la disponibilidad de dichos equipos.

#### 3.1.4.1 Rutinas diarias de mantenimiento Autónomo

A continuación se presentarán las rutinas propuestas para la ejecución del mantenimiento autónomo en los equipos de la red neumática de la línea de ensamble de motocicletas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## Compresores

*Utilizar los elementos de protección especificados para la operación del compresor.*

- [Guantes](#)
- [Gafas de seguridad](#)
- [Protector auditivo](#)
- [Botas de seguridad](#)



**Frecuencia: Diaria**

**Responsable: Técnico de mantenimiento**

1. Realizar limpieza del compresor.
2. Verificar visualmente el sistema de lubricación para confirmar que funcione de manera correcta, según el manual de instrucciones del fabricante.
3. Supervisar las condiciones de funcionamiento del compresor, como las presiones y las temperaturas de proceso, etc. Los cambios repentinos pueden ser indicio de un problema dentro del compresor.
4. Drenar todos los puntos de acumulación de líquido del sistema de aire comprimido.
5. Verificar la presencia de fugas de aire en el compresor.
6. Comprobar la presencia de cambios de color en la pintura, que pueden ser indicio de exceso de calor.
7. Verificar la presencia de equipo periférico suelto, como tuberías de aire de proceso, instrumentación, etc.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## Unidad de mantenimiento o unidad FRL del Compresor

*Utilizar los elementos de protección especificados para la operación.*

- [Guantes](#)
- [Gafas de seguridad](#)
- [Protector auditivo](#)
- [Botas de seguridad](#)



### INSPECCIÓN DIARIA

**Responsable: Técnico de mantenimiento**

1. Limpiar la unidad de mantenimiento o unidad FRL.
2. Verificar visualmente el sistema de lubricación para confirmar que funcione de manera correcta, según el manual de instrucciones del fabricante.
3. Supervisar las presiones monitoreadas en los indicadores de la unidad FRL. Los cambios repentinos pueden ser indicio de un problema dentro de la red neumática.
4. Drenar el punto de acumulación de líquido de la unidad FRL.
5. Verificar la presencia de fugas de aire o lubricante en la unidad FRL.
6. Verificar la presencia de equipo periférico suelto, como tuberías de aire de proceso.

## Pistolas neumáticas

*Utilizar los elementos de protección especificados para la operación.*

- [Guantes](#)
- [Gafas de seguridad](#)
- [Protector auditivo](#)
- [Botas de seguridad](#)



### INSPECCIÓN DIARIA

**Responsable: Operador**

1. Limpiar la pistola neumática, revisar estado de la pintura y estado mecánico o funcional de la herramienta.
2. Lubricar la herramienta neumática con el lubricante recomendado.
3. Evaluar el estado del punto de conexión (acople) y de la manguera.

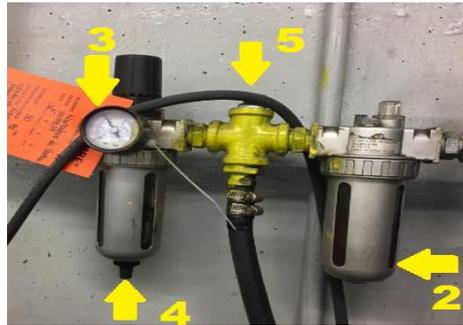
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

### 3.1.4.2 Instructivos de mantenimiento autónomo

A continuación se anexan los instructivos propuestos para el mantenimiento autónomo de los compresores, unidades FRL y pistolas neumáticas; estos tienen como objetivo definir un procedimiento para todos los operarios con el fin de simplificar las tareas y estandarizar los tiempos de ejecución de estas actividades; estos contienen las instrucciones paso a paso de cada actividad de manera que sea muy claro y entendible para cualquier persona; estos instructivos se deben suministrar a cada operario para su uso diario.

COMPRESOR		
DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN GRAFICA	
Máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar aire. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido al aire que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.		
RIESGOS	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Ruido</li> <li>*Proyección de partículas</li> <li>*Golpes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Guantes</li> <li>*Gafas de Seguridad</li> <li>*Protector auditivo</li> <li>*Los demás definidos por salud ocupacional</li> </ul>	
MATERIALES	TIEMPO ESTIMADO	FRECUENCIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Bayetilla o whypall</li> <li>*Limpiador Industrial</li> <li>*Aceite ISO VG 32</li> </ul>	5 min	Diaria
ACTIVIDADES PARA REALIZAR		
1. Realizar limpieza del compresor.		
2. Revisar estado de lubricación de ser necesario adicionar lubricante.		
3. Supervisar las condiciones de funcionamiento del compresor, como las presiones y las temperaturas de proceso, etc. Los cambios repentinos pueden ser indicio de un problema dentro del compresor.		
4. Drenar todos los puntos de acumulación de líquido del sistema de aire comprimido.		

5. Verificar la presencia de fugas de aire en el compresor.	
6. Comprobar la presencia de cambios de color en la pintura, que pueden ser indicio de exceso de calor.	
7. Verificar la presencia de equipo periférico suelto, como tuberías de aire de proceso, instrumentación, etc.	
RESPONSABLE: Técnico de mantenimiento	

UNIDAD DE MANTENIMIENTO O UNIDAD FRL		
DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN GRAFICA	
Es una unidad utilizada para purificar el aire comprimido, ajustar una presión constante del aire y añadir una fina neblina de aceite al aire comprimido, para lubricar las herramientas neumáticas.		
RIESGOS	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Ruido</li> <li>*Proyección de partículas</li> <li>*Golpes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Guantes</li> <li>*Gafas de Seguridad</li> <li>*Protector auditivo</li> <li>*Los demás definidos por salud ocupacional</li> </ul>	
MATERIALES	TIEMPO ESTIMADO	FRECUENCIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Bayetilla o whypall</li> <li>*Barsol</li> <li>*Aceite ISO 32</li> </ul>	2 min	Diaria
ACTIVIDADES A REALIZAR		
1. Limpiar la unidad de mantenimiento o unidad FRL.		
2. Verificar visualmente el sistema de lubricación para confirmar que funcione de manera correcta, según el manual de instrucciones del fabricante.		
3. Supervisar las presiones monitoreadas en los indicadores de la unidad FRL. Los cambios repentinos pueden ser indicio de un problema dentro de la red neumática.		
4. Drenar el punto de acumulación de líquido de la unidad FRL.		
5. Verificar la presencia de fugas de aire o lubricante en la unidad FRL.		

6. Verificar la presencia de equipo periférico suelto, como tuberías de aire de proceso.

RESPONSABLE: Técnico de mantenimiento

PISTOLA NEUMÁTICA		
DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	
Herramienta que utiliza la energía del aire comprimido y lo convierte en energía mecánica de rotación e impacto y un alto torque.		
RIESGOS	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Ruido</li> <li>*Proyección de partículas</li> <li>*Golpes</li> <li>*Sobre esfuerzo</li> <li>*Posiciones mantenidas</li> <li>*Vibración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Guantes</li> <li>*Gafas de Seguridad</li> <li>*Protector auditivo</li> <li>*Los demás definidos por salud ocupacional</li> </ul>	
MATERIALES	TIEMPO ESTIMADO	FRECUENCIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Bayetilla o whypall</li> <li>*Barsol</li> <li>*Aceite ISO 32</li> </ul>	4 min	Diaria
ACTIVIDADES A REALIZAR		
1. Realizar limpieza de la pistola.		
2. Lubricación: Adicionar 6 gotas diarias de aceite por el colector de la herramienta (ver imagen). Distribuir las 6 gotas en 2 secciones, es decir, aplicar 3 gotas antes de iniciar turno y las otras 3 antes de reiniciar operaciones después de almuerzo.		

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

<p>3. Revisar estado de la conexión a la manguera.</p>	
<b>RESPONSABLE:</b> Operador de ensamble	

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1 Implementación planes de mantenimiento Autónomo

#### 4.1.1 Implementación de las 5S

El punto de partida para la implementación del mantenimiento autónomo fue realizar la ejecución de la política de 5s, al cuarto de herramientas neumáticas, pues sin duda alguna, esclarece la situación actual. En las siguientes imágenes se explica las actividades realizadas a través cada “S”:

- Seiri (clasificar): En este primer paso, se observa que además de almacenar las herramientas neumáticas, esta zona estaba siendo utilizada para almacenar dispositivos obsoletos y ajenos a la operación. Por consiguiente se procedió a realizar un inventario de los objetos a destruir o a retirar de dicha zona.



**FIGURA 14. SELECCIÓN DE OBJETOS INNECESARIOS**

(Fuente: Autor)

Seguidamente, se complementa la anterior actividad por medio de la selección objetos o herramienta necesaria.



**FIGURA 15. SELECCIÓN DE OBJETOS NECESARIOS**

(Fuente: Autor)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

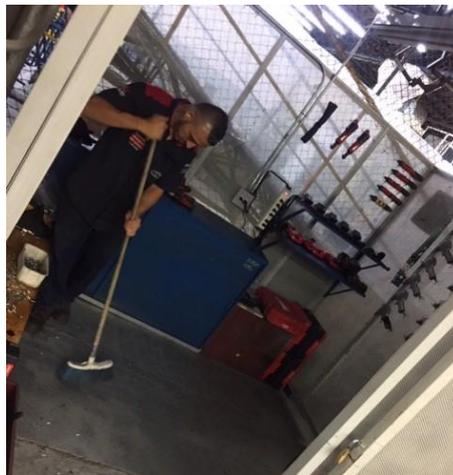
- Seiton (Orden): En este paso, se ordenaron y se almacenaron las herramientas por tipo y geometría.



**FIGURA 16. ALMACENAMIENTO CORRECTO DE HERRAMIENTA**

(Fuente: Autor)

- Seiso (Limpieza): Teniendo el cuarto de herramientas ordenado y con la herramienta clasificada, se procedió a realizar un aseo general al lugar, es decir, se barrió y se sacudió el polvo.



**FIGURA 17. ASEO GENERAL AL CUARTO DE HERRAMIENTAS**

(Fuente: Autor)

- Seiketsu (Estandarizar): En este paso, se realizó la demarcación del lugar de almacenamiento asignado para cada herramienta. Esto para facilitar la visualización de la ubicación, para evitar almacenarla en otro lugar y estandarizar el proceso de almacenamiento.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08



**FIGURA 18. DEMARCACIÓN DEL LUGAR DE ALMACENAMIENTO**

(Fuente: Autor)

- Shitsuke (Disciplina): Como último paso de esta metodología (5s), fue necesario diseñar un plan de vigilancia, el cual garantiza por medio de auditorías periódicas el cumplimiento de los anteriores pasos y el mejoramiento continuo. No obstante, es importante mencionar que la anterior actividad se encuentra incluida en el referencial de auditoría diseñado para el control y mejoramiento de todo el plan de mantenimiento autónomo.

#### 4.1.2 Cronograma de capacitación

Por efectos de planeación, disponibilidad del personal y lugar, fue necesario realizar y presentar un cronograma a la gerencia de operaciones. Pues este, nos sirvió de soporte para obtener los recursos y el personal necesario. Además, fue efectivo como guía para ejecutar las actividades en el tiempo establecido.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

		<b>CRONOGRAMA DE CAPACITACION</b>							
ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UBICACIÓN	RESPONSABLES	MÉTODO	P/R	Septiembre			
						Sem 36	Sem 37	Sem 38	Sem 39
Introducción al mantenimiento autónomo	Dar a conocer los conceptos mas prácticos y las generalidades del mantenimiento autónomo	Sala Kaizen	Santiago Gallego	Presentación en diapositivas	Plan				
					Real				
Plan de mantenimiento a compresores	En compañía de un técnico de mantenimiento, realizar el plan y posteriormente explicar lo aprendido	Cuarto de compresores	Técnico de mantenimiento	Explicación teórico-práctica	Plan				
					Real				
Plan de mantenimiento a unidades FRL del Compresor	En compañía de un técnico de mantenimiento, realizar el plan y posteriormente explicar lo aprendido	Cuarto de compresores	Técnico de mantenimiento	Explicación teórico-práctica	Plan				
					Real				
Plan de mantenimiento a herramientas neumáticas	En compañía de un técnico de mantenimiento, realizar el plan y posteriormente explicar lo aprendido	Cuarto de herramientas	Santiago Gallego Técnico de mantenimiento	Explicación teórico-práctica	Plan				
					Real				

PROGRAMADO	
EN PROCESO	
EJECUTADO	
ATRASADO	

**FIGURA 19. CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN**

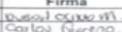
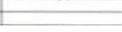
(Fuente: Autor)

### 4.1.3 Evidencias de Capacitación

Es importante mencionar que la capacitación fue recibida sólo por los líderes de la línea de ensamble, pues ellos como dueños del proceso y como jefes directos, son las personas indicadas para transmitir al operario la cultura del mantenimiento autónomo y lo aprendido en el entrenamiento. No obstante, por cuestiones de normalización y calidad, fue necesario dejar registro lo aprendido.

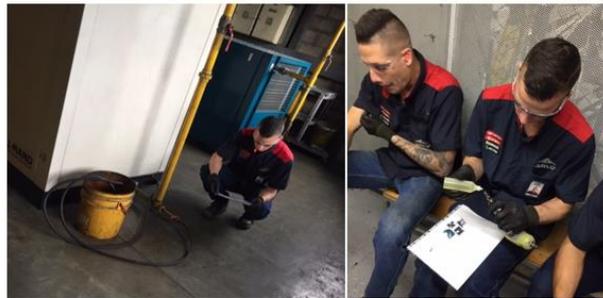
En las Figuras 20, 21 y 22 se visualiza escrito y gráficamente lo aprendido por los líderes de ensamble:

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

		REGISTRO DE CAPACITACIÓN	
Programa: Difusión planes de Mantenimiento Autónomo para la herramienta neumática de la línea de ensamble de combustión			
Facilitador: Santiago Gallego Valencia			
Fecha: 5/09/2019			
Hora: 2:00 p. m.			
Duración: 90 min			
Fecha de verificación efectividad del entrenamiento:			
Origen de la Formación: Marque con una ( X )			
Problemas de Calidad:	<input type="checkbox"/>	Alerta de Proceso	<input type="checkbox"/>
Lup	<input type="checkbox"/>	Nuevos Procesos:	<input checked="" type="checkbox"/>
Objetivo del programa: (logro que se quiere alcanzar) : Capacitar a los líderes en la aplicación de los planes de mantenimiento autónomo para la herramienta neumática, para que ellos posteriormente entrenen a todo el personal operativo de la línea de ensamble de combustión			
Nombre completo	Sección	Firma	
Diego A. Jarama Castro Mesa	Ensamble		
Carlos Andrés Guerrero Perea	Ensamble		
Juan David Suarez	Ensamble		
Juan David Velez Rodriguez	Ensamble		

**FIGURA 20. REGISTRO DE CAPACITACIÓN ESCRITO**

(Fuente: Autor)



**FIGURA 21. REGISTRO DE CAPACITACIÓN FOTOGRÁFICO**

(Fuente: Autor)



**FIGURA 22. REGISTRO DE CAPACITACIÓN FOTOGRÁFICO**

(Fuente: Autor)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

#### 4.1.4 Indicadores

La globalización de los mercados y la industria hacen que las empresas busquen cada día ser más competitivas implementando en sus procesos estrategias de mejoramiento continuo, para evaluar la implementación y el desarrollo de estas estrategias se definen los indicadores de proceso; para evaluar el TPM se han definido gran variedad de indicadores que muestran el desarrollo o aumento de la productividad, calidad, costos, etcétera.

Para la evaluación del desarrollo de este proyecto solo implementaremos el indicador de disponibilidad, con el cual evidenciaremos si se lograron reducir los paros en la línea de ensamble; los pilares del mantenimiento autónomo se vienen implementando desde el mes de agosto del presente año.

- Disponibilidad [%]

La disponibilidad es un indicador el cual se obtiene como resultado del cociente del Tiempo Productivo, entre el Tiempo Disponible, para un periodo de producción determinado. Se ve afectada por las paradas que se producen en el proceso de fabricación como, por ejemplo: arranques de máquinas, cambios, averías y esperas.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (1)$$

Siendo el tiempo productivo, el tiempo de trabajo neto luego de descontar los tiempos planeados para comidas, pausas activas, alistamiento de la línea.

En la Figura 23, se relacionan los tiempos estándar de paros de la línea.

<b>Unidad de tiempo</b>	Minutos	
<b>Tiempo por turno</b>	600	Minutos/turno
<b>Tiempo planeado (comidas, reuniones, juntas, etc.)</b>	30	Minutos/turno
<b>Tiempo de alistamiento</b>	10	Minutos/turno

**FIGURA 23. TIEMPO DE OPERACIÓN**

(Fuente: Autor)

Año 2019	Tiempo productivo [min/turno]	# paradas correctivos	Tiempo promedio intervención [min]	Tiempo paradas [min/turno]	Tiempo disponible [min]	Disponibilidad [%]
ENERO	560	6	115	34.5	525.5	94%
FEBRERO	560	12	115	69	491	88%
MARZO	560	12	115	69	491	88%
ABRIL	560	10	115	57.5	502.5	90%
MAYO	560	14	115	80.5	479.5	86%
JUNIO	560	21	115	120.75	439.25	78%
JULIO	560	4	115	23	537	96%
AGOSTO	560	2	115	11.5	548.5	98%
SEPTIEMBRE	560	4	115	23	537	96%
OCTUBRE	560	1	115	5.75	554.25	99%

**FIGURA 24. TABLERO DE INDICADORES**

(Fuente: Autor)

En la Figura 24 se relacionan los tiempos de intervención de los equipos, el tiempo productivo, entre otros datos relevantes para el análisis de la implementación del mantenimiento autónomo, en esta tabla podemos identificar que con la implementación de este pilar del TPM se logró reducir el número de intervenciones correctivas, superando la meta propuesta correspondiente a reducir en un 60% las paradas intempestivas en los equipos.



**FIGURA 25. DISPONIBILIDAD DE HERRAMIENTA**

(Fuente: Autor)

La figura 25 nos muestra que con la reducción de las paradas correctivas se logra un aumento en la disponibilidad de los equipos neumáticos de la línea de ensamble en los meses en que se empezó a implementar el mantenimiento autónomo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

#### 4.1.5 Seguimiento

##### 4.1.5.1 Referencial de auditoría

Como es común, las 5s y el mantenimiento autónomo son herramientas que exigen mucha disciplina y cultura, por ende, es importante sostener y mejorar en el tiempo lo que hasta ahora se ha implementado, y para esto se propone realizar una auditoría de proceso a un puesto de trabajo (línea de ensamble) diferente cada semana, es decir, se elige al azar o por efectos de imparcialidad se sortea en una ruleta el puesto a auditar; se realiza la observación del puesto de trabajo siempre en compañía del operador, ejecutada por el personal de calidad y basada en una lista de chequeo calificable de 1 a 3, siendo 1 conforme, 2 con falencias en el cumplimiento y 3 incumplimiento total. Adicionalmente, se audita también el cuarto de compresores y almacenamiento en compañía del líder, es decir, debido a lo complejo que puede ser auditar toda la línea de ensamble, se elige solo una estación, pero se complementa la auditoria con los hallazgos zona de compresores y almacenamiento. Finalmente se emite un resumen con una calificación final y un informe con los pendientes a cerrar. A continuación, en la tabla 3 se presenta el referencial de auditoria:

**TABLA 3. REFERENCIAL DE AUDITORIA**

<b>AUDITORÍA PLAN DE MANTENIMIENTO AUTONOMO</b>	
<b>FECHA</b>	
<b>OBJETIVO</b>	
<b>AUDITOR</b>	
<b>AUDITADO</b>	

PUESTO DE TRABAJO EN LINEA		CALIFICACIÓN			
		N/A	1	2	3
1	Condiciones generales de 5s		x		
2	Aceite recomendado a la mano e identificado			x	
3	Trapo a la mano e identificado			x	
4	Varsol a la mano e identificado				x
5	Brocha a la mano e identificada		x		
6	Herramienta limpia				x
7	Herramienta correctamente almacenada				
8	Mangueras sin fugas de aire				x

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

9	Acoples en buen estado				x
---	------------------------	--	--	--	---

**CUARTO DE ALMACENAMIENTO**

19	Condiciones generales de 5s				x
20	Se respeta el estándar de almacenamiento (Ubicación)		x		
21	Herramienta correctamente almacenada			x	
22	Herramienta limpia			x	

**CUARTO DE COMPRESORES**

23	Condiciones generales de 5s				x
24	Compresor limpio				x
25	Drenaje de tanque conforme (llave, tubo y mangueras sin fugas)			x	
26	Unidad de mantenimiento bajo parámetros definidos				x

<b>VALORACION DE CRITERIOS:</b> N/A - Criterio no evaluado 1- El criterio está bien definido y se aplica 2- El criterio tiene falencias en definición o en aplicación 3- El criterio no está definido ni se aplica.		<b>TOTALES</b>	0	2	3	7
INDICE DE CONFORMIDAD= (No de criterios en 1 + 1/2 de criterios en 2) / total de criterios evaluados X 100			I.C.	29%		
Satisfactoria: I.C. > 90%	Acept. = I.C. de 75% a 90%	Inaceptable: I.C. < a 75% ó algún criterio en 3				
<b>RESUMEN</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>IC</b>	
PUESTO DE TRABAJO EN LINEA		1	0	3	25%	
CUARTO DE ALMACENAMIENTO		1	2	1	50%	
CUARTO DE COMPRESORES		0	1	3	13%	
IC TOTAL		29%				

(Fuente: Autor)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

1. Se logra diseñar planes de mantenimiento capaces de inculcar al operador la cultura Kaizen, especialmente rutinas de mantenimiento autónomo para la herramienta neumática; pues esta involucra actividades diarias de limpieza, lubricación básica y aplicaciones genéricas de 5s al puesto de trabajo. Además, se logra también diseñar un referencial de auditoría con el objetivo de sostener y mejorar diariamente lo planteado en dichos planes.
  
2. Seguidamente se logra divulgar las rutinas de mantenimiento, entrenar a los líderes de ensamble y especialmente se concientiza a estos acerca de la importancia que tiene el mantenimiento autónomo y las 5s en la industria automotor. Y consecuente a esto, se logra implementar los planes por casi dos meses, es decir, se dispone de un operador de ensamble, previamente entrenado por los líderes; para que ejecute diariamente las rutinas y para la recolección de datos.
  
3. Finalmente, se logra demostrar después de casi dos meses de labores y de recolección de datos, la necesidad de continuar con la ejecución de los planes y la facilidad para que estos sean ejecutados por los operadores. Además, se concluye también, que el mantenimiento autónomo va de la mano de Kaizen, es decir, comulga con el mejoramiento continuo; pues en dicho tiempo de implementación se cumple con la meta planteada en intervenciones correctivas. Por consiguiente, se reducen los paros por falla de herramienta y aumenta la disponibilidad a un 99%.

Como recomendación, se plantea a la Gerencia de Operaciones, en cabeza del señor Federico Sierra, continuar ejecutando los planes; ya que se ha demostrado beneficios tangibles e intangibles que sin duda alguna pueden ser mejores si se considera la ejecución de estos por parte del operador de ensamble. Para esto, se propone desarrollar este proyecto bajo el marco de la metodología Kaizen, pues esta facilita la implementación total, la estandarización, divulgación y el reconocimiento a los autores. Además, se recomienda también ejecutar un proceso de auditoría basado en el referencial que se propone en el numeral 4.1.5.1. Esto, para sostener y mejorar continuamente el plan de mantenimiento autónomo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

## REFERENCIAS

- Améndola, L. (2002). Modelos Mixtos de Confiabilidad. España: PMM Institute for Learning.
- Calle, J. (2019). Los 8 pilares del TPM. BSG Institute. Recuperado de: <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Los-8-Pilares-del-TPM-1134>
- Cardona, D. (2015). Estudio de casos de implantación exitosa de TPM en industrias ubicadas en el Eje Cafetero y Norte del Cauca – Colombia. Medellín: Universidad EAFIT.
- EUSKALIT. (2019). Metodología 5s. Recuperado de: <https://www.euskalit.net/es/diagnosticos-evaluacion/metodologia.html>
- Japan Institute of Plant Maintenance. (2019). About JIMP. Recuperado de: <https://www.jipm.or.jp/en/company/issues/>
- Gálvez, C. (2009). Herramientas para la Mejora de los Procesos. [En línea] 2 de enero del 2009.
- Roberts, J. (2012). TPM mantenimiento productivo total, su definición e historia. Mantenimiento planificado. Texas: A&M University-Commerce. Recuperado de: [http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm\\_archivos/definicion%20e%20historiaTPM%20Mantenimiento%20Productivo%20Total.doc](http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/definicion%20e%20historiaTPM%20Mantenimiento%20Productivo%20Total.doc) .
- Tavares, L. (2003). Auditorías de mantenimiento. En Tavares (Presidencia). Primer congreso mexicano de confiabilidad y mantenimiento. Conferencia llevada a cabo por el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, México.
- Tuarez, C. (2013). Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total). (Tesis de maestría). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Departamento de Matemáticas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

Valdez, J. (2017). Implementación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos Trackless en Uchucchacua. (Tesis de maestría). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica.

Vargas, L. (2016). Implementación del pilar “Mantenimiento Autónomo” en el centro de proceso vibrado de la empresa Finart S.A.S. (Tesis de ingeniería). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-07-08

# APÉNDICE

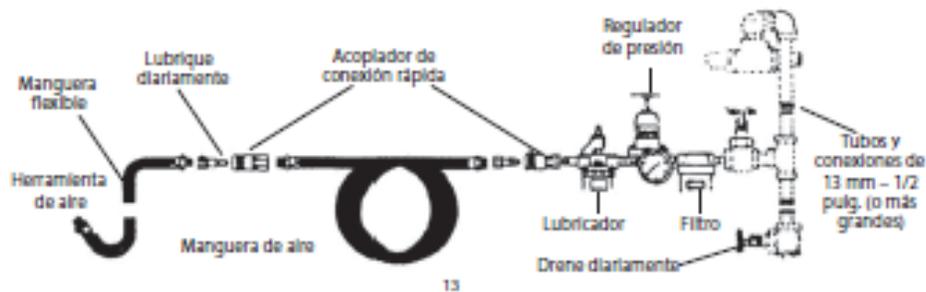
## Apéndice A

### Manual del Usuario



#### ¡IMPORTANTE!

Si no se instala un filtro / regulador / lubricador en el sistema del aire, debe lubricar la llave de impacto, añadiendo de 2 a 6 gotas de aceite, aplicándolas directamente a través del conector macho de la caja de la llave de impacto. Debe hacerlo al menos cada día o después de 2 horas de trabajo, según el lugar de trabajo.



#### Lubricación del mecanismo de impacto

Lubrique el mecanismo de impacto cada mes

**ADVERTENCIA:** Desconecte la llave de impacto del abastecimiento de aire, antes de lubricarla

1. Desconecte la llave de impacto del abastecimiento del aire.
2. Quite el tornillo con una cabeza Allen del orificio de la puerta para aceite, que se encuentra en el lado derecho de la herramienta, encima del gatillo.
3. Presione 1 oz / 30 ml aproximadamente de aceite para herramienta de aire, en el orificio de la puerta para aceite. Vuelva a colocar el tornillo.
4. Vuelva a conectar el abastecimiento del aire con la llave de impacto y póngala a funcionar durante 20 a 30 segundos. Lubrique completamente el mecanismo de impacto, girando la herramienta al revés y de lado, cuando esté funcionando la herramienta.
5. Quite el tornillo y mantenga el orificio de la puerta para aceite encima de un contenedor apropiado, para permitir drenar el aceite excedente. A veces, una presión del gatillo durante el drenaje del aceite ayudará a la salida del aceite excedente.
6. Si el aceite está sucio, repita el procedimiento hasta que el aceite salga claro. Vuelva a colocar el tornillo y apriételo. El residuo de aceite que queda en la cámara del mecanismo de impacto será suficiente para obtener una lubricación apropiada.

#### Preparación y funcionamiento

**ADVERTENCIA:** Asegúrese de leer, comprender y aplicar las reglas de seguridad, antes de proceder con el uso.

**ADVERTENCIA:** Desconecte la llave de impacto del abastecimiento del aire, antes de cambiar los dados o tubos. Ya que al no hacerlo, puede provocar lesiones serias.

#### Ajuste de velocidad

Nunca utilice la llave de impacto para establecer el par de torque. Utilice un TORQUIMETRO para establecer el par de torque. Para quitar tuercas en general, ajuste el regulador en Posición máxima. Para instalarlas, siempre utilice un TORQUIMETRO, para obtener el nivel apropiado de apriete para las tuercas.