

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-Biblioteca
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total en la Empresa Industrias Metalex
S.A.S**

Laura Cristina Celis Guerra

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería Industrial

Director

Frank Nicolás Delgado Moreno

Profesor de investigación de ciencias de la Calidad y Productividad

Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga

Facultad de Ingeniería Industrial

Programa de Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2017

Tabla de contenido

1. Generalidades del proyecto	9
1.1. Alcance	9
1.2. Objetivos	10
1.1.1. Objetivo general.....	10
1.1.2. Objetivos específicos	10
2. Generalidades de la empresa	11
2.1. Misión	11
2.2. Visión	11
2.3. Política de calidad.....	12
2.4. Valores corporativos	12
2.5. Reseña histórica	12
2.6. Organigrama.....	13
2.7. Productos	14
3. Marco referencia	17
3.1. Marco teórico.....	17
3.2. Marco conceptual	21
3.3. Marco legal y normativo	29
3.4. Marco histórico	33
4. Desarrollo proyecto	40
4.1. Proceso Productivo.....	44
4.1.1. Corte.....	44
4.1.2. Doble.....	45
4.1.3. Troquelado.....	45

4.1.4. Soldadura 46

4.1.5. Resolde 46

4.1.6. Limpieza..... 47

4.1.7. Pintura..... 47

4.1.8. Empaque..... 48

4.2. Fase de diagnostico inicial48

4.3. Aplicación del O.E.E.....59

4.4. Identificación de métricos..... 63

4.5. Análisis de prioridad..... 66

4.6. Diseño de mantenimiento total productivo..... 67

4.3. Informe final83

5. Referencias 86

Lista de tablas

Tabla 1 Productos de la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S	14
Tabla 2 Comparación mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo	20
Tabla 3 Las 6 grandes perdidas	24
Tabla 4 Normativa ambiental ley 223 de 2002	32
Tabla 5 Datos Diagrama Pareto	40
Tabla 6 Tabulación de encuestas	50
Tabla 7 Lista de verificación	58
Tabla 8 Aplicación herramienta Overall Equipment Effectiveness (O.E.E)	61
Tabla 9 Descripción de fallas y métricos	65
Tabla 10. Fases de implementación mantenimiento autónomo	68
Tabla 11 Etapas para la ejecución del mantenimiento planificado	78

Lista de ilustraciones

Figura 1 Organigrama INDUSTRIAS METALEX S.A.S	13
Figura 2 Eficiencia en la productividad.....	27
Figura 3 Diagrama de Pareto	43
Figura 4 Encuesta mantenimiento total productivo.....	49
Figura 5 Análisis pregunta 1 Encuesta.....	53
Figura 6 Análisis pregunta 2 Encuesta.....	53
Figura 7 Análisis pregunta 3 Encuesta.....	54
Figura 8 Análisis pregunta 4 Encuesta.....	54
Figura 9 Análisis pregunta 5 Encuesta.....	55
Figura 10 Análisis pregunta 6 Encuesta	55
Figura 11 Análisis pregunta 7 Encuesta	56
Figura 12 Análisis pregunta 8 Encuesta	56
Figura 13 Análisis pregunta 9 Encuesta	57

INTRODUCCIÓN

Recientemente el área de mantenimiento ha atravesado cambios tecnológicos, económicos y estratégicos, enfrentándose a la mejora continua y a la alta competitividad industrial que experimentan todas las empresas productivas, debido a esto el mantenimiento se ha convertido en un departamento fundamental a la hora de disponibilidad, optimización de rendimiento y calidad de la maquinaria implementada en el proceso de producción de las diferentes empresas, enfocados en la maximización de recursos invertidos.

Es por ello que el mantenimiento ha tomado gran importancia dentro de las organizaciones, requiriendo mas atención e implementación de metodologías y herramientas con el fin de mejorar su gestión, de acuerdo a esto podemos definirlo como “conjunto de actividades desarrolladas con el fin de lograr que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño”. [1]

Con el paso del tiempo las diferentes industrias han optado por aplicar técnicas enfocadas al cuidado de la maquinaria y diferentes equipos que emplean en sus procesos de fabricación, En este caso se diseñara un Mantenimiento Productivo Total (TPM), el cual es un sistema moderno orientado como soporte estratégico de desarrollo y progreso, con el objetivo de proteger y aumentar la vida útil de las maquinas aumentando y manteniendo la productividad, calidad y la eficiencia de la misma .

Este proyecto esta encaminado en diseñar un modelo de TPM basado en las necesidades de la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S, organización ubicada en la ciudad de Bucaramanga, Santander dedicada al sector metalmecánico, fabricante de formaleta metálica

para la construcción y lo que requiere esta como: accesorios, servicios de mantenimiento, consumibles y equipo de apuntalamiento.

En contexto con lo anterior la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S esta interesada en implementar metodologías como estas para fortalecer el funcionamiento de su departamento y así utilizar óptimamente sus recursos en tema de maquinaria y equipos, reforzando sus estrategias, políticas y misión de la compañía, para estar al nivel de los altos estándares de calidad de la competencia del sector.

1. Generalidades del proyecto

1.1. Alcance

Diseño de un Modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM), dirigido a la maquinaria involucrada en el proceso del producto de fabricación con mas venta durante el año 2017, en la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S.

El proyecto de grado incluirá la planeación, diseño y evaluación de las mejoras guiadas en las maquinas y equipos por medio del enfoque del mantenimiento planificado, preventivo, autónomo , pilares que buscan establecer mejoras dentro de la gestión del departamento de mantenimiento.

Una vez identificado el producto mas vendido, por medio de una análisis de datos y un diagrama de Pareto, el nivel de criticidad de las maquinas se establecerá a partir de la toma de tiempos durante este proceso productivo, datos fundamentales para calcular Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos (OEE) , con el cual se establecerá las maquinarias y equipos críticos durante este proceso con el fin de mejorar la confiabilidad operacional.

En este proyecto también incluirá toda la documentación y procedimientos necesarios para proporcionar las directrices de la gestión basada en el diseño de este modelo de TPM, y las mejoras necesarias para mejorar el mantenimiento de la maquinaria y equipos de la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S.

1.2. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento productivo total en la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S, que aumente la eficiencia de los equipos y mejore la calidad de la producción.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual de mantenimiento de maquinaria en que se encuentra la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S en la práctica de la metodología de mantenimiento productivo total.
2. Identificar métricos para determinar la eficiencia actual de maquinaria productiva en la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S.
3. Elaborar un análisis para determinar los distintos niveles de prioridad de las máquinas.
4. Diseñar un plan de mantenimiento productivo total según las necesidades productivas identificadas en el diagnóstico inicial para mejorar la eficiencia en la producción.
5. Desarrollar un informe comparativo entre el diagnóstico inicial y el resultado del diseño de un plan de mantenimiento productivo total para determinar los beneficios.

2. Generalidades de la empresa

2.1. Misión

Somos una compañía multinacional que brinda soluciones integrales a las necesidades constructivas, sin importar la complejidad de sus proyectos; Desde hace más de 25 años nos dedicamos a asesorar, diseñar, fabricar, vender y alquilar sistemas industrializados con tecnología de punta para la construcción de estructuras en Concreto, con estándares de calidad internacional y constante innovación en nuestros bienes y servicios.

Trabajamos constantemente para superar las expectativas de nuestros grupos de interés, soportados en capital humano competente y comprometido, que refleja en cada proceso desarrollado nuestra experiencia, garantizando respaldo, seguridad y cumplimiento de metas con responsabilidad y transparencia. [2]

2.2. Visión

Para el año 2020, consolidarnos como el grupo corporativo METALEX en nuestras operaciones Multinacionales, con nuestro propio modelo de empresa líder en el mercado de sistemas industrializados de construcción, incentivados por el desarrollo demográfico de nuestro mercado objetivo. [2]

2.3. Política de calidad

Desde hace más de 25 años en el Grupo Corporativo Metalex nos dedicamos al diseño, fabricación, alquiler y comercialización de encofrado metálico, comprometidos al 100% con las necesidades de nuestros clientes, presentando altos estándares de calidad y soluciones rentables, enfocadas a la mejora continua asegurando así la competitividad de nuestros productos y servicios. [2]

2.4. Valores corporativos

- Cumplimiento
- Compromiso
- Actitud al Servicio
- Honestidad
- Confidencialidad
- Lealtad
- Respeto

2.5. Reseña histórica

Desde el año 1989, después de un amplio estudio de los sistemas utilizados a nivel mundial de encofrados metálicos y gracias al esfuerzo de su fundador, VÍCTOR VIRGILIO RODRÍGUEZ SANABRIA, se inician actividades en la ciudad de Bucaramanga - Colombia. Para el año de 1.992 se obtiene un sistema de encofrado metálico que permite construcciones

sismo resistente con las mejores especificaciones del acabado del concreto, adquiriendo comercialmente el nombre de METALEX.

Después de varios años de posicionamiento del producto METALEX, y de cubrir el mercado a nivel nacional mediante la comercialización y desarrollo de obras civiles con los productos y brindar un servicio oportuno con representaciones estratégicamente distribuidas según la demanda del país y las zonas comerciales se dio la creación de las siguientes sucursales: Bogotá, Cali, Barranquilla, Medellín, y Brasil. [2]

2.6. Organigrama

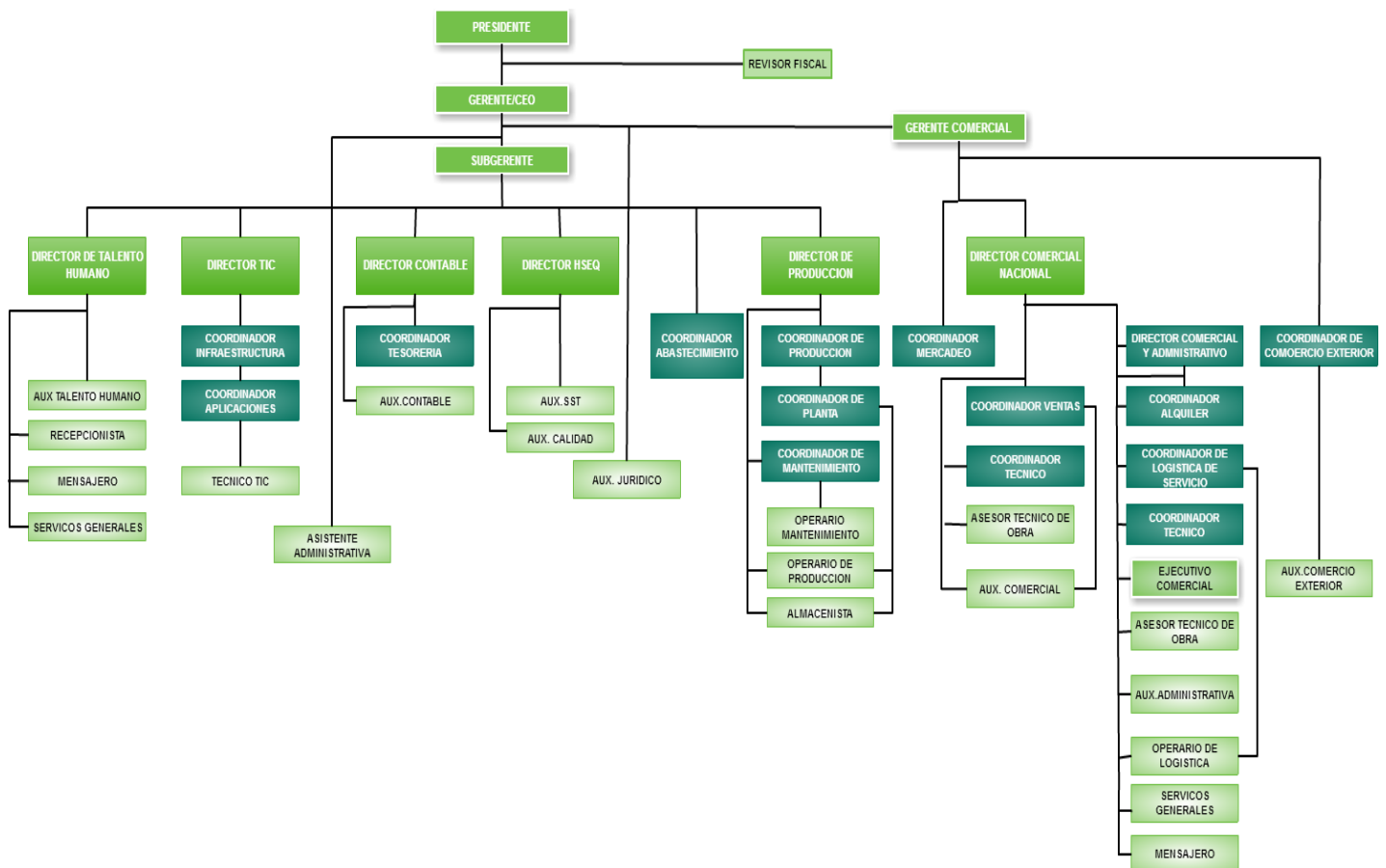


Figura 1 Organigrama INDUSTRIAS METALEX S.A.S

Fuente: Documentación de la empresa INDUSTRIAS METALES S.A.

2.7. Productos

Actualmente la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S fabrica 41 productos , dedicados al sector de la construcción, estos se dividen en 3 grandes líneas: tableros metálicos (formaleta metálica), equipo de accesorios y equipo de apuntalamiento.

Tabla 1 Productos de la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S

Nombre del Producto	Referencia del producto
Línea Tablero Metálico – Formaleta Metálica	
Tablero 600 X 1200	TAS600X1200
Tablero 725 x 1200	TAS725X1200
Tablero 650 x 1100	TAS650X1100
Tablero 700 x 1100	TAS700X1100
Tablero 700 x 1200	TAS700X1200
Tablero 850 x 1200	TAS850X1200
Tablero 800 x 1200	TAS800X1200
Tablero 875 x 1200	TAS875X1200
Tablero 825 x 1200	TAS825X1200
Tablero 725 x 1100	TAS725X1100
Tablero 750 x 1200	TAS750X1200
Tablero 875 x 1100	TAS875X1100
Tablero 775 x 1200	TAS775X1200

Nombre del Producto	Referencia del producto
Línea Tablero Metálico – Formaleta Metálica	
Tablero 675 x 1100	TAS675X1100
Tablero 650 x 1200	TAS650X1200
Tablero 625 x 1100	TAS625X1100
Tablero 825 x 1100	TAS825X1100
Tablero 625 x 1200	TAS625X1200
Tablero 750 x 1100	TAS750X1100
Tablero 775 x 1100	TAS775X1100
Tablero 850 x 1100	TAS850X1100
Tablero 800 x 1100	TAS800X1100
Tablero 675 x 1200	TAS675X1200
Tablero 600 x 1100	TAS600X1100
Accesorios	
Pin Sencillo	PINSENCILLO
Grapas	GRAPA
Alineador	ALE0900
Pin Doble	PINDOUBLE
Rinconeras	RID-14530-06
Rinconeras Especial	RIE010001851190N
Angulo Estándar	ANG1200
Uña	UÑA
Tensor	TENSOR
Tubo	TUBO

Nombre del Producto	Referencia del producto
Equipos de Apuntalamiento	
Paral Corriente	PC1500
Paral Telescópico	PT3000
Tapa Muro	TAE06001190N
Cercha 1500 MM	CERCHA1500

FUENTE: Elaboración propia

El departamento de producción, tienen instaladas estas 3 líneas, de las cuales su materia prima principal es la lamina HR de 3mm y la lamina aceitada y decapada, la producción es planificada de acuerdo a la demanda del mercado y las necesidades de la misma, trabajando bajo una metodología de Make to Order, es por esto que en sus instalaciones se cuenta con muy poco inventario almacenado.

Junto con la información comercial y históricos de ventas en el primer semestre del 2017, se determino por medio de la técnica de la metodología de Diagrama de Pareto, cual es el producto con mas movimiento comercial y productivo en la empresa.

3. Marco referencia

3.1. Marco teórico

El mantenimiento es la actividad operativa empresarial, utilizada para realizar control y seguimiento de las instalaciones productivas de todo tipo, es la unión de labores necesarias para mantener y conservar una estructura en óptimas condiciones y así garantizar su buen funcionamiento a un mínimo costo, el mantenimiento está compuesto de diferentes tareas que ayudan a lograr lo anterior; tales como : evaluar periódicamente el estado de las instalaciones productivas y administrativas conformadas por equipos y/o maquinarias que requieran mantenimiento, realizar oportunamente el arreglo de averías, realizar limpiezas constantemente a las instalaciones. [3]

El mantenimiento está dirigido especialmente a preservar en perfecto estado la maquinaria y/o equipos para funcionar dentro de unos límites de defectos determinados dependiendo de cada empresa de acuerdo a su funcionalidad productiva, con énfasis en mantener y extender su periodo de vida útil, es por eso que tiene como objetivo:

1. Reducir los costos de mantenimiento.
2. Prolongación de la vida útil del equipo.
3. Disponibilidad del equipo productivo.
4. Disminuir averías y fallas en la maquinaria.
5. Reducir la gravedad de las fallas presentadas en la maquinaria.
6. Reparación oportuna de fallas que no se pudieron prevenir.

7. Prevenir accidentes e incidentes, mejorando la seguridad del operario. [4]

TPM es el mantenimiento productivo total este es un sistema que permite mejorar la actividad operativa de cada máquina, asegurando la disponibilidad y operación del equipo, mediante la práctica de criterios como: prevención, cero defectos y cero accidentes.

Todo esto se logra con la vinculación del operario, requiriendo no solo la ayuda del personal especializado en estas actividades, también es fundamental el constante apoyo del personal de producción y/o administrativo que está expuesto a la efectividad de funcionamiento del equipo.

[5]

1. Mantenimiento: Para mantener siempre las instalaciones en buen estado
2. Productivo: Está enfocado a aumentar la productividad
3. Total: Implica a la totalidad del personal, (no solo al servicio de mantenimiento)

El mantenimiento industrial ha evolucionado con el paso del tiempo, desde el siglo XX se ha visto como una necesidad primordial para empresas de toda clase del sector productivo, es así como en el siglo XXI aquella empresa que no cuente con esta metodología puede presentar problemas de costo, tiempos, y cuellos de botellas en su proceso de producción, Francisco Javier González en su libro *Mantenimiento Industrial Avanzado* (2003) expone tres grandes etapas que denomina como principios básicos para la implementación del mantenimiento industrial: primera, segunda y tercera generación, pilares que han estado implementadas desde el siglo XX hasta la actualidad. . [6]

El objetivo de la primera generación es enfocarse en la reparación de averías, en donde la actividad del mantenimiento se enfocaba únicamente al arreglo y reparación de fallas, de acuerdo a las necesidades de la época esta necesitaba avances de mantenimiento, es ahí en donde empieza

la segunda generación su finalidad era aumentar la disponibilidad de las instalaciones, aumentar el tiempo de duración de funcionamiento de la maquinaria y disminuir costos, integrando las empresas productivas internacionales , dando paso a la tercera y última generación la cual tenía como principio fundamental aumentar la seguridad de las plantas productivas, aumentar la calidad de productos y servicios, proteger el medio ambiente , y profundizar los objetivos de las generaciones anteriores. [7]

El mantenimiento es una herramienta que se puede apoyar de otras metodologías industriales usadas por las empresas para aumentar su actividad productiva, y con ellos cumplir con los objetivos principales del sector empresarial como mejorar los tiempos productivos, eliminar despilfarro de tiempos y costos y aumentar la seguridad de sus instalaciones. Algunas de estas metodologías son : gestión de calidad total (TQM), mantenimiento total productivo (TPM), mejoras enfocadas (Kobetsu Kaizen), ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), mantenimiento autónomo (Jishu Hozen), mantenimiento planificado (Keikaku Hozen), y mantenimiento preventivo y predictivo. Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen).

Existen tres tipos de mantenimiento definidos a continuación:

Tabla 2 Comparación mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo

MANTENIMIENTO PREDICTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Consiste en hacer revisión periódica (Usualmente programadas) para detectar cualquier condición (presente o futura) que pudiera impedir el uso apropiado y seguro del dispositivo y poder corregirla, manteniendo de esta manera cualquier herramienta o equipo en óptimas condiciones de uso	Es hacer los ajustes, modificaciones, cambios, limpieza y reparaciones (generalmente sencillos) necesarios para mantener cualquier herramienta o equipo en condiciones seguras de uso, con el fin de evitar posibles daños al operador o al equipo mismo.	Es reparar, cambiar o modificar cualquier herramienta, maquinaria o equipo cuando se ha detectado alguna falla que pudiera poner en riesgo el funcionamiento seguro de la herramienta o equipo y de la persona que lo utiliza.

Fuente: [8]

Un mantenimiento deficiente se caracteriza por tener paros en la producción, ya que se presentan fallos o los equipos se encuentran fuera de servicio; además, esto podría traer consecuencias como accidentes en el proceso, equipo, maquinaria o recurso humano. Por ello, es importante contar con un sistema de mantenimiento dentro de cualquier tipo de empresa que evite reproceso y sobrecostos en las actividades cotidianas del proceso.

Tener un mantenimiento eficiente permite el cumplimiento y mejoramiento de las metas, reducción de fallos en el proceso, evita sobre costos, disminuye desperdicios, mitiga accidentes, y

un recurso humano más comprometido con sus actividades.

3.2. Marco conceptual

Para una mayor comprensión del proyecto, es necesario definir algunos términos que se usaran a lo largo del documento:

TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE: “Es un sistema de Gerencia de Mantenimiento, que busca la mejora continua de la maquinaria y el logro del 100% de eficiencia del proceso de producción, involucrando a todo el personal de la empresa. Es una filosofía a forma de pensar, que cambia nuestras actitudes en la búsqueda de la eficiencia y mejora continua de la maquinaria y su entorno. Todos trabajan como un solo equipo tras una meta común y la búsqueda de la mejora continua de las maquinarias. Cada persona es líder de un proyecto o áreas específicas, con roles que se puedan intercambiar según las necesidades de los programas TPM. [5]

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. [9]

MANTENIMIENTO: La real academia Española define mantenimiento como “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”

Realizar de forma periódica inspecciones tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, análisis, limpieza, lubricación, calibración... en base a un plan de mantenimiento establecido y no a la demanda del operario porque es necesaria una reparación. El objetivo del mantenimiento preventivo industrial es prever los problemas que pueda tener una máquina, corregirlos en el momento oportuno y mantener la maquinaria en el punto óptimo de funcionamiento y eficiencia. [10]

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: es el mantenimiento que sirve para prevenir las futuras fallas de un equipo mediante la planificación de ciertas revisiones periódicas, en este se intervine aunque en el equipo no exista ningún síntoma de tener problemas.

Las inspecciones son los procesos por el cual se procede al desmontaje total o parcial del equipo a fin de revisar el estado de sus elementos. Durante la inspección se reemplazan aquellos elementos que no cumplan con los requisitos de funcionamiento de la máquina. Los elementos también pueden ser sustituidos tomando como referencia su vida útil o su tiempo de operación con tal de reducir su riesgo de fallo.

Los periodos de inspección son cruciales para que el mantenimiento preventivo tenga éxito ya que un periodo demasiado corto comportará costos innecesarios mientras que un periodo demasiado largo conlleva a un aumento del riesgo de fallo.

El principal inconveniente del mantenimiento preventivo es el coste de las inspecciones. En algunos casos el paro en la máquina puede comportar grandes pérdidas y realizar un desmontaje e inspección de un equipo que funciona correctamente puede resultar superfluo. De todas maneras el riesgo de fallo siempre existe pese a que un periodo de inspección corto ayuda a reducirlo. [11]

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Este tipo de mantenimiento consiste en “Sustituir un equipo, pieza o elemento y reemplazarlo por uno nuevo. Corrección de fallos o averías y puesta en funcionamiento”. [12]

El mantenimiento correctivo resulta ideal en casos en que la restitución o reparación no afecte en gran medida a la producción o explotación llevada a cabo por la compañía o cuando la puesta en práctica de un sistema más complejo resulte menos rentable que una práctica correctiva; pero, no debe estar exento de tareas rutinarias de engrase, lubricación y/o sustitución de componentes que permitan alargar la vida útil del ítem, a menos que se trate de una instalación o componente en las fases finales de su vida útil.

Los principales inconvenientes están relacionados con la imprevisibilidad de las averías y fallos que resultan inoportunas. Debido a que las tareas no están programadas es esperable que cuando se produzca el fallo se tarde más y se necesite más mano de obra para corregirlo que en caso de tener un programa de mantenimiento que planee esta situación. Otro grave inconveniente que presenta este tipo de mantenimiento es que el problema que ha causado el fallo no se resuelve por lo que éste puede repetirse en situaciones posteriores en la misma máquina sin aumentar su fiabilidad es por ello que el mantenimiento correctivo normalmente viene acompañado de un acortamiento de periodos de reparación en la misma máquina. [11]

PERDIDAS: Una pérdida puede ser el resultado de “Una operación normal de la empresa o de un evento irregular que genera una caída de las actividades corporativas”. [13]

Tabla 3 Las 6 grandes perdidas

Las 6 Grandes Perdidas	Categoría de la Perdida OEE	Ejemplos de Eventos	Comentarios
Averías	Perdida por paradas	4. Fallas con las herramientas. 5. Mantenimiento no planificado. 6. Averías generales. 7. Fallas del equipo.	Existe cierta flexibilidad sobre donde establecer el umbral de una avería (perdida por parada) y una parada (perdida por velocidad).
Configuración y Ajustes	Perdida por paradas	8. Configuración/Cambio. 9. Escasez de material. 10. Escasez de operador. 11. Ajustes mayores. 12. Tiempos de calentamiento.	Esta pérdida se debe a menudo por programas de reducción de tiempo de configuración.

Las 6 Grandes Perdidas	Categoría de la Perdida OEE	Ejemplos de Eventos	Comentarios
Paradas Pequeñas	Perdida por velocidad	13. Obstrucción del flujo por el producto. 14. Atascos. 15. Problemas de alimentación. 16. Sensor bloqueado. 17. Entrega bloqueada. 18. Limpieza / Revisión.	Por lo general solo incluyen paradas que duran menos de cinco minutos y que no requieren personal de mantenimiento.
Velocidad Reducida	Perdida por velocidad	19. Correr en vacío. 20. Producción por debajo de la capacidad. 21. Desgastes del equipo. 22. Ineficiencia del operador.	Todo lo que ocasione que el proceso no se ejecute a su máxima velocidad teórica (capacidad nominal).

Las 6 Grandes Perdidas	Categoría de la Perdida OEE	Ejemplos de Eventos	Comentarios
Rechazo por Arranque	Perdida por calidad	<ul style="list-style-type: none"> 4. Reproceso. 4. Daños durante el proceso. 4. Caducidad en el proceso. 4. Embalaje incorrecto. 	<p>Rechazo durante la puesta en marcha, calentamiento o producción temprana.</p> <p>Puede ser debido a una configuración inadecuada, período de calentamiento, etc.</p>
Rechazo por Producción	Perdida por calidad	<ul style="list-style-type: none"> 1. Merma. 2. Reproceso. 3. Daños durante el proceso. 4. Caducidad en el proceso. 	<p>Rechazo durante la producción.</p>

Fuente: [14]

CALIDAD: La real academia Española define calidad como “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor”.

La calidad en la producción es la gestión eficiente del proceso de producción trae consigo varias consecuencias positivas, como por el ejemplo, una mayor capacidad de flexibilidad, unos costes reducidos y un producto de mayor calidad. Tener estos dos conceptos muy de la mano conlleva a las empresas a ajustarse a los requerimientos de los clientes y a organizarse de manera más comprometida. La calidad es sinónimo de entrega de productos que funcionan correctamente

y es la clave para tener competitividad en el mercado actual. Producción y calidad son elementos que deben ir siempre de la mano. [15]

EFICIENCIA: La real academia Española define eficiencia como “Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado”. La exigencia actual del mercado llega a la logística, cuya misión se ha convertido en la de dar un servicio de excelencia al cliente, apoyando los esfuerzos de producción de la empresa. La eficiencia de los procesos de producción es la clave para el posicionamiento de cualquier empresa, algo que es únicamente posible cuando se alcanza un alto nivel de calidad en el servicio ofrecido. [15]

Cabe resaltar, que se requiere utilizar los recursos racionalmente para que los procesos de producción sean eficientes; como se muestra en la gráfica siguiente.



Figura 2 Eficiencia en la productividad

Fuente: [16]

MAQUINARIA: La real academia Española define maquinaria como “Conjunto de máquinas para un fin determinado”.

La maquinaria industrial progresa al mismo ritmo que la innovación tecnológica y, actualmente, resulta necesaria para todo tipo de procesos de fabricación y manufactura. Estas funciones, orientadas a la producción y los servicios e implementadas de acuerdo con parámetros estandarizados y economías de escala, describen los distintos tipos de maquinaria que se emplean en el sector industrial y que se distinguen de la maquinaria doméstica.

La maquinaria industrial se cataloga como liviana y pesada, a grandes rasgos. La primera se usa en procesos que requieren precisión para trabajar con espacios o componentes pequeños. Por ejemplo, a la hora de agujerear, soldar y remachar o para fabricar re cambios de maquinaria específicos. Por el contrario, la maquinaria industrial pesada se utiliza en actividades con una aplicación compleja de fuerza. Casos paradigmáticos serían las cosechadoras que se manejan en la industria agrícola y la maquinaria de demolición.

Por lo que respecta a las clases de maquinaria industrial, destacan diversos tipos, según la energía que emplean. La eléctrica transforma la energía cinética. Forman parte de esta categoría los motores, los transformadores y las máquinas generadoras. La maquinaria hidráulica no tiene un uso tan común. Funciona mediante el aprovechamiento de fluidos. Asimismo, la de tipo térmico tampoco cuenta con una implantación mayoritaria, pero sí que se instala frecuentemente en sectores como el de la refrigeración. La maquinaria de brazo robótico se encuentra especialmente en los procesos de fabricación que conllevan el transporte de piezas. Por último, existen máquinas industriales que poseen componentes electrónicos de última generación.

En definitiva, contar con maquinaria industrial que incorpore las innovaciones tecnológicas punteras y recientes otorga un salto de calidad a las empresas. Facilita acometer tareas complejas y la reducción de costes de plantilla y tiempo invertido. [17]

3.3. Marco legal y normativo

Normatividad del trabajo:

1. Decreto 1528 de 2015 (16 de Julio): Por el cual se corrigen unos yerros del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, contenidos en los artículos 2.2.4.2.1.6., 2.2.4.6.42. y 2.2.4.10.1. del título 4 del libro 2 de la parte 2, referente a Riesgos Laborales. Modifica unos artículos incluidos en el Título correspondiente a las normas que regulan el Sistema General de Riesgos Laborales.
2. Decreto 036 de 2016 (12 de Enero de 2016): Por el cual se modifican los artículos 2.2.2.1.16. al 2.2.2.1.23. y se adicionan los artículos 2.2.2.1.24. al 2.2.2.1.32. del capítulo 1 del título 2 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, y se reglamentan los artículos 482, 483 y 484 del Código Sustantivo de Trabajo. Modifica y reglamenta aspectos relacionados con el Contrato Sindical.
3. Decreto 171 de 2016 (1 de Febrero): Por medio del cual se modifica el artículo 2.2.4.6.37. del Capítulo 6 del Título 4 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, sobre la transición para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Modifica aspectos relacionados con la transición de la adopción del Programa de Salud Ocupacional por el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

4. Decreto 583 DEL 08 DE ABRIL DE 2016: Por el cual se adiciona al título 3 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, un capítulo 2 que reglamenta el artículo 63 de la Ley 1429 de 2010 y el artículo 74 de la Ley 1753 de 2015. Reglamenta la inspección, vigilancia y control sobre la tercerización laboral.

5. Decreto 052 del 2017: Por medio del cual se modifica el artículo 2.2.4.6.37. del Decreto 1072 de 2015 Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, sobre la transición para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

6. El artículo 449 del Código Sustantivo del Trabajo: Efectos jurídicos de la huelga. La huelga sólo suspende los contratos de trabajo por el tiempo que dure. El empleador no puede celebrar entre tanto nuevos contratos de trabajo para la reanudación de los servicios suspendidos, salvo en aquellas dependencias cuyo funcionamiento sea indispensable a juicio del respectivo inspector de trabajo, para evitar graves perjuicios a la seguridad y conservación de los talleres, locales, equipos, maquinarias o elementos básicos y para la ejecución de las labores tendientes a la conservación de cultivos, así como para el mantenimiento de semovientes, y solamente en el caso de que los huelguistas no autoricen el trabajo del personal necesario de estas dependencias. [18]

Normatividad ambiental:

7. La gestión nacional específica en torno a la situación de los Residuos en el país se inicia en 1996, año en el que los ministerios de Medio Ambiente (Hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-MAVDT), de Salud (hoy Ministerio de Protección Social) y de Desarrollo Económico (actual Ministerio de Hacienda y Desarrollo Económico), con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud y el Banco Mundial, realizaron un análisis sectorial de los residuos sólidos en Colombia, el cual identificó varios puntos críticos por intervenir y propone la formulación de manera urgente de una política nacional que dirija la gestión gubernamental.

8. Es así como en 1997 es planteada por el Ministerio de Medio Ambiente la Política para la gestión integral de residuos esta política, enmarca en el plan nacional Ambiental, la Ley 99 de 1993 y la Ley 142 de 1994, tiene como objetivo fundamental “impedir o minimizar” de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico. [19]

9. Tener los equipos y herramientas del proceso de producción en óptimas condiciones evita reproceso que traen consigo mayor desperdicio y residuos los cuales afectan el medio ambiente de manera directa. Hoy en día existen sanciones que ha implementado el gobierno nacional con el fin de incentivar a las empresas a mitigar los desechos anteriormente mencionados, las empresas que no vayan en pro del medio ambiente no solo están expuestas a sanciones monetarias sino hasta clausuras de la empresa.

Además, las empresas que vayan con una cultura ambientalista son bien recibidas y de mayor atracción por el mercado local, nacional e internacional; y reciben beneficios como:

Tabla 4 Normativa ambiental ley 223 de 2002

Norma	Artículo	Sustento legal
Ley 223 de 1995	Artículo 40	Los equipos y elementos nacionales o importados que se destinen a la construcción, instalación, montaje y operación de sistemas de control y monitoreo, necesarios para el cumplimiento de las disposiciones, regulaciones y estándares ambientales vigentes, para lo cual deberá acreditarse tal condición ante el ministerios del medio ambiente.
	Artículo 60	<p>Importaciones que no causan impuestos:</p> <p>La importación de maquinaria o equipo, siempre y cuando dicha maquinaria o equipo no e produzca en el país, designados a reciclar y procesar basuras o desperdicios (la maquinaria comprende lavado, separado, reciclado y extrusión), y los destinados a la depuración o tratamiento de aguas residuales, emisiones atmosféricas, o residuos sólidos.</p> <p>Cuando se trata de contratos ya celebrados, esta extensión deberá reflejarse en un valor menor en el contrato.</p>

Fuente: [20]

3.4. Marco histórico

La palabra mantenimiento se emplea para designar las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios. Para los hombres primitivos, el hecho de afilar herramientas y armas, coser y remendar las pieles de las tiendas y vestidos, cuidar la estanqueidad de sus piraguas, etc. [21]

A finales del siglo XVIII y comienzo del XIX durante la revolución industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y de igual manera los conceptos de competitividad, costos entre otros. De la misma manera empezaron a tenerse en cuenta el término de falla y comenzaron a darse a cuenta que esto producía paras en la producción. Tal fue la necesidad de empezar a controlar estas fallas que hacia los años 20 ya empezaron a aparecer las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipo de aviación.

Por lo cual podemos concluir que la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo técnico-industria, ya que con las primeras máquinas se empezó a tener la necesidad de las primeras reparaciones. La mayoría de las fallas que se presentaban en ese entonces eran el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que eran sometidas las máquinas. En ese entonces el mantenimiento se hacía hasta cuando ya era imposible seguir usando el equipo. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación y producción.

Con el advenimiento de la primer guerra mundial y de la implementación de una producción en serie, las fabricas pasaros a establecer programas mínimos de producción por lo cual empezaron a sentir la necesidad de crear equipo que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible; el mantenimiento era de urgencia,

los accidentes y pérdidas que ocasionaron las primeras calderas y la apremiante intervención de las aseguradoras exigiendo mayores y mejores cuidados, proporcionaron la aparición de talleres mecánicos.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento hoy conocido como MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Esta situación se mantuvo hasta la década del año 50.

A partir de 1925, se hace patente en la industria americana la necesidad de organizar el mantenimiento con una base científica. Se empieza a pensar en la conveniencia de reparar antes de que se produzca el desgaste o la rotura, para evitar interrupciones en el proceso productivo. Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se llamó MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas a final del periodo anterior, y que la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción de fallas. Visualizando así la optimización de la actuación de los equipo de ejecución del mantenimiento.

Estos criterios fueron conocidos como MANTENIMIENTO PREDICTIVO los cuales fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Como así también hay otros tipos de mantenimiento como el MANTENIMIENTO PRODUCTIVO que fue una nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron más responsabilidades

a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo de la planta.

Diez años, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevos modelos de mantenimiento para así lograr una mejor calidad y una mejor excelencia. Estos modelos son: TPM, 5S, KAISSEN y RCM. [14]

Actualmente el mantenimiento afronta lo que se podría denominar como su tercera generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante mediciones periódicas o continuas de determinados parámetros: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis fisicoquímicos, tecnografía, ultrasonidos, endoscopia, etc., y la aplicación al mantenimiento de sistemas de información basados en ordenadores que permiten la acumulación de experiencia empírica y el desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos. Este desarrollo, conducirá en un futuro al mantenimiento a la utilización de los sistemas expertos y a la inteligencia artificial, con amplio campo de actuación en el diagnóstico de averías y en facilitar las actuaciones de mantenimiento en condiciones difíciles.

Por otra parte, existen cambios en las políticas de mantenimiento marcados por la legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo y por las presiones la de Medio Ambiente, como dispositivos depuradores, plantas de extracción, elementos para la limitación y atenuación de ruidos y equipos de detección, control y alarma.

Se vaticina que los costes de mantenimiento sufrirán un incremento progresivo, esto induce a la fabricación de productos más fiables y de fácil mantenimiento. [21]

Las metodologías de mantenimiento total productivo ha sido objeto de estudios en sectores productivos y manufactureros, con el fin de ofrecer información e instructivos de implementación y aplicación a las diferentes actividades económicas a las que se dedican las empresas en el país.

La mayoría de estos proyectos investigativos han estado enfocado a ayudar a mejorar y aumentar la cadena de valor de las empresas, generando métodos de control y seguimiento de los mantenimientos realizados en los diferentes procesos de producción.

Algunos de estos estudios realizados son los siguientes:

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO PARA MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO 2011. Actualmente las micro y pequeñas empresas del sector metalmecánico no manejan un plan de mantenimiento estructurado o aplican de manera empírica mantenimiento correctivo a sus máquinas, decisiones apresuradas que se ven reflejadas en paradas de producción, baja calidad de las reparaciones, productos defectuosos, re-procesos, tiempos altos de reparaciones, altos costos de producción y finalmente en la baja utilidad neta de su actividad en general. Se considera que todas estas situaciones se presentan porque dichas empresas cuentan con procesos administrativos y estratégicos muy bien enfocados hacia la producción y hacia la participación en el mercado, pero en ese afán por vender y crecer económicamente suelen olvidarse del adecuado manejo y seguimiento de muchos otros procesos, como el del control de la calidad, el correcto desarrollo de sus indicadores empresariales y el control del buen funcionamiento de su proceso productivo.

Como ingenieros industriales se identificó una oportunidad de mejora para este último aspecto, el cual se ve influenciado directamente por el buen uso y mantenimiento de todos los recursos con los que cuenta la empresa para desarrollar su actividad económica, en especial los

equipos productivos o máquinas. En la universidad ICESI ya se han desarrollado proyectos de grado en los que se ha buscado aportar alguna información a esta área y con base en estos resultados se ha decidido realizar una herramienta de planeación de mantenimiento que no requiere el uso de sistemas de información complejos o ERP's, sino que utiliza los recursos tecnológicos y humanos ya existentes en las empresas y de esta manera permite una mejor utilización de los equipos.

Con este proyecto se buscó continuar con la labor antes ya hecha por otros estudiantes de la universidad quienes solo se enfocaron en el análisis y diagnóstico de las empresas en cuanto a su gestión de mantenimiento. Con la herramienta que se desarrolló aquí se logró ir un paso más adelante y proponer un método de planeación de mantenimiento a las empresas con la que se puede aprovechar mejor su capacidad instalada y su mano de obra, buscando siempre el mejoramiento de indicadores como el de la productividad y el incremento de ventas, entre otros. Por otro lado, en este proyecto se logró aplicar una gran cantidad de conceptos aprendidos durante la carrera y utilizar herramientas de obtención y análisis de datos que permitieron que todo el desarrollo del trabajo se basara en información real de las empresas de la ciudad. También se vio como un reto trabajar con el tema del mantenimiento pues este casi no fue explorado durante la carrera y poder poner en práctica lo aprendido sobre programación en Excel. [22]

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA METALMECANICA 2013. La empresa metalmecánicas estudiada abarca un amplio campo de productos y servicios. Para hacer efectiva la realización de estos trabajos, se requiere el uso de distintas máquinas y equipos que deben encontrarse en condiciones óptimas de trabajo, lo cual se logra mediante un mantenimiento adecuado y periódico. En la actualidad, la empresa carece de un plan de mantenimiento que ayude a prevenir fallas repentinas, lo que conlleva a

realizar un gran número de acciones correctivas, ante esta necesidad, es lógico desarrollar un programa que certifique el buen funcionamiento de las máquinas y equipos. El plan de mantenimiento que se implementará en la empresa, se basa en la inspección, seguimiento e intervención de los equipos, con el objetivo de maximizar la disponibilidad, confiabilidad y reducir al mínimo las suspensiones de trabajo por fallas imprevistas, lo que afecta directamente la capacidad de producción. Es importante señalar que el plan de mantenimiento se aplicará en las máquinas y equipos del área de fabricación, debido a que su funcionamiento es continuo, por ende se necesita que la disponibilidad y confiabilidad de éstos sea alta. [23]

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARÍA PESADA DE LA EMPRESA L&L 2014. El área del mantenimiento industrial, es fundamental en la ingeniería mecánica, en razón a que después de construido y puesto a punto un equipo o máquina, explotado de tal manera que se asegure la vida útil necesaria, que permita recuperar la inversión y los intereses esperados. La importancia de una buena gestión de la función empresarial del mantenimiento, se debe a que es una manera segura de garantizar la disponibilidad del activo y el control de costos del mismo durante la vida útil o el periodo de uso. Para tener una alta probabilidad de tener la disponibilidad requerida, con los costos mínimos, la experiencia ha demostrado, que debe asegurarse la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, ajustado a las necesidades del activo, en razón de su vida utilizada, del estado operativo que tenga en el momento de inicio de la aplicación del plan de mantenimiento y de las condiciones operativas y del entorno. De esta manera se posee mejor control sobre el estado operativo y el nivel de degradación que se desarrolla, así como la manera de mitigar o atenuar el impacto de las causas de las fallas.

La empresa L &L se dedica a suministrar en alquiler maquinaria pesada, por lo cual posee una flota de vehículos, a la cual se le viene realizando un mantenimiento programado, que en la práctica termina siendo más de tipo correctivo porqué en promedio mensual, el 80 % de las actividades de mantenimiento se dedica a reparar fallas inesperadas, por lo que le está ocasionando un incremento en costos adicionales tales como Servicio de Grúa por desvares, pagos de horas extras a los operarios y mecánicos, altos inventarios de insumos y partes, así como el consumo de los mismos, entre otros. Las directivas de la empresa, estiman que el sobre costo de 14 mantenimientos para el año 2012, es del 65 %, respecto al presupuesto que se asignó para ese periodo al departamento de mantenimiento. Las cifras anotadas han prendido las alarmas y las directivas, han comunicado a los autores de la presente propuesta, la necesidad que tienen de reconfigurar los planes de mantenimiento a aplicar para mejorar el desempeño mostrado. De esta situación nace la presente propuesta, de crear un plan de mantenimiento preventivo, que facilite encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas, aumentado de esta manera la probabilidad de mejorar la disponibilidad de los vehículos y reducir costos en el mantenimiento. [24]

4. Desarrollo proyecto

La empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S cuenta con un amplio portafolio de productos, con el fin de satisfacer las necesidades del mercado de la construcción nacional e internacional, es por ello que actualmente cuenta con 41 producto fabricados por medio de una línea de producción bajo pedido, para el desarrollo de este proyecto se utilizo la metodología “Diagrama de Pareto” con el fin de priorizas y elegir.

Tabla 5 Datos Diagrama Pareto

<i>Nombre del producto</i>	<i>Referencia del producto</i>	<i>Ventas Mensuales (unidades)</i>	<i>Ran king</i>	<i>Ventas acumuladas (unidades)</i>	<i>Venta porcentual acumulado (Y %)</i>	<i>Porcentaje acumulado (X %)</i>
Tablero 600 x 1200	TAS600X1200	5641	1	5641	8,27%	2,44%
Pin Sencillo	PINSENCILLO	4300	2	9941	14,58%	4,88%
Grapas	GRAPA	4234	3	14175	20,79%	7,32%
Tablero 725 x 1200	TAS725X1200	3120	4	17295	25,37%	9,76%
Alineador	ALE0900	3012	5	20307	29,79%	12,20%
Distanciadores 1200	DIS600X1200	2987	6	23294	34,17%	14,63%
Tablero 650 x 1100	TAS650X1100	2345	7	25639	37,61%	17,07%
Tablero 700 x 1100	TAS700X1100	2345	8	27984	41,05%	19,51%
Tablero 700 x 1200	TAS700X1200	2341	9	30325	44,48%	21,95%
Tablero 850 x 1200	TAS850X1200	2341	10	32666	47,92%	24,39%
Pin Doble	PINDOBLE	2341	11	35007	51,35%	26,83%

<i>Nombre del producto</i>	<i>Referencia del producto</i>	<i>Ventas Mensuales (unidades)</i>	<i>Ran king</i>	<i>Ventas acumuladas (unidades)</i>	<i>Venta porcentual acumulado (Y %)</i>	<i>Porcentaje acumulado (X %)</i>
Tablero 800 x 1200	TAS800X1200	2310	12	37317	54,74%	29,27%
Rinconeras	RID-14530-06	1900	13	39217	57,53%	31,71%
Paral Corriente	PC1500	1765	14	40982	60,12%	34,15%
Tablero 875 x 1200	TAS875X1200	1678	15	42660	62,58%	36,59%
Rinconera Especial	RIE010001851190N	1582	16	44242	64,90%	39,02%
Tablero 825 x 1200	TAS825X1200	1559	17	45801	67,19%	41,46%
Tablero 725 x 1100	TAS725X1100	1500	18	47301	69,39%	43,90%
Angulo Estándar	ANG1200	1430	19	48731	71,48%	46,34%
Tablero 750 x 1200	TAS750X1200	1340	20	50071	73,45%	48,78%
Tablero 875 x 1100	TAS875X1100	1300	21	51371	75,36%	51,22%
Tablero 775 x 1200	TAS775X1200	1299	22	52670	77,26%	53,66%
Tablero 675 x 1100	TAS675X1100	1244	23	53914	79,09%	56,10%
Tablero 650 x 1200	TAS650X1200	1234	24	55148	80,90%	58,54%
Tablero 625 x 1100	TAS625X1100	1234	25	56382	82,71%	60,98%
Uña	UÑA	1232	26	57614	84,51%	63,41%
Tablero 825 x 1100	TAS825X1100	1230	27	58844	86,32%	65,85%
Tensor	TENSOR	1217	28	60061	88,10%	68,29%
Tablero 625 x 1200	TAS625X1200	1200	29	61261	89,86%	70,73%
Tablero 750 x 1100	TAS750X1100	1000	30	62261	91,33%	73,17%

<i>Nombre del producto</i>	<i>Referencia del producto</i>	<i>Ventas Mensuales (unidades)</i>	<i>Ranking</i>	<i>Ventas acumuladas (unidades)</i>	<i>Venta porcentual acumulado (Y %)</i>	<i>Porcentaje acumulado (X %)</i>
Tablero 775 x 1100	TAS775X1100	1000	31	63261	92,80%	75,61%
Cercha 3000MM	CERCHA3000	931	32	64192	94,16%	78,05%
Paral Telescópico	PT3000	698	33	64890	95,19%	80,49%
Tapa Muro	TAE06001190N	643	34	65533	96,13%	82,93%
Tubo	TUBO	546	35	66079	96,93%	85,37%
Tablero 850 x 1100	TAS850X1100	500	36	66579	97,66%	87,80%
Cercha 2000 MM	CERCHA2000	450	37	67029	98,32%	90,24%
Tablero 800 x 1100	TAS800X1100	400	38	67429	98,91%	92,68%
Cercha 1500 MM	CERCHA1500	340	39	67769	99,41%	95,12%
Tablero 675 x 1200	TAS675X1200	212	40	67981	99,72%	97,56%
Tablero 600 x 1100	TAS600X1100	190	41	68171	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriores se logro realizar el Diagrama Pareto, y en este podemos identificar y priorizar la información concluyendo que el producto mas vendido por la empresa fue el tablero de 600 X 1200 referencia TAS600X1200 , convirtiéndose en la insignia de representación y reconocimiento ante el mercado constructivo.

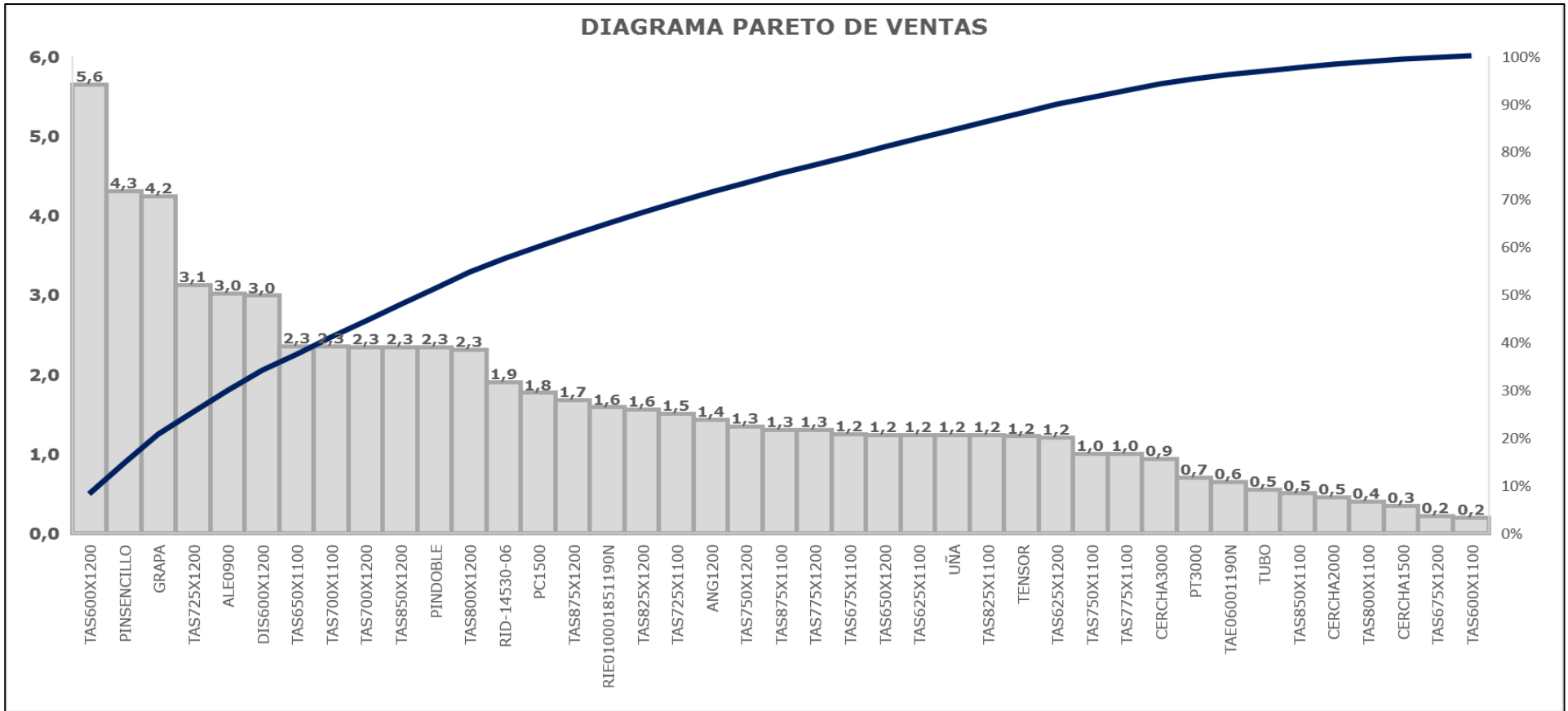


Figura 3 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

4.1. Proceso Productivo

El proceso de producción del tablero de 600 X 1200 consta de 8 procesos en donde se transforma la materia prima convirtiendo esta en un tablero metálico, las cuales son : corte, doblado, troquelado, soldadura, resoldado, limpieza, pintura y finalmente empaque y se desarrollan de la siguiente manera:

4.1.1. Corte

El proceso inicia con la recepción de la lamina HR de 3 milímetros, la cual en su mayoría es distribuida por el proveedor Aceros y Hierros de Bucaramanga - Santander; seguido a esto el Coordinador de Abastecimiento realiza la prueba de calidad para verificar el estado del material, en este se evalúa el cumplimiento de los estándares de calidad estipulados por la empresa, una vez se cuenta con el visto del líder del proceso de compras se inicia con la configuración de patrones en la maquina Cizalla Mebusa, cuando se realiza respectivamente configuración por parte del operario se ingresa una lamina para realizar prueba de corte, terminado esta se realiza una inspección por parte del Coordinador de producción para verificar que las medidas estén correctas según lo requiere el tablero de 600 X 1200, si se encuentran correctas el operario de producción inicia cortando la lamina según sea el numero de tableros de la orden de producción entregado al inicio del turno.

4.1.2. Doblez

Una vez es cortada la lamina en las medidas estipuladas en el instructivo de producción, se realiza el dobléz de venas en las esquinas superiores e inferiores de la lamina, para esto el operario debe programar la Dobladora Ermak AP 3180, en su configuración debe cuadrar las medidas de los dados, cuchillas, alineación de los topes y ajustar la profundidad de la maquina, realizada esta actividad el operario realiza el dobléz de venas en una lamina almacenada para prueba y es inspeccionada por el Director de Producción, contando con la aprobación de este realiza las venas de todas las laminas cortadas por el proceso anterior.

4.1.3. Troquelado

En el proceso de la troqueladora se realizan diferentes actividades necesarias para el optimo funcionamiento del tablero, se fabrican los pescados, las bandas y se ranura los refuerzos del tablero.

El proceso inicia con la elaboración de pescados, para esto se utilizan tiras de lamina aceitada y decapada cortadas por el proceso de corte, estas son introducidas a la troqueladora que tenga en el momento el troquel correspondiente y se genera la figura que será utilizada como accesorio del tablero para unir con otros productos y/o tableros y así formar un muro metálico.

Las bandas son las generados de fuerza y soporte, los tableros de 600 X 1200 llevan (2) bandas debido a la presión de concreto que están diseñados a resistir, para la fabricación de estos se utiliza la misma lamina aceitada y decapada cortada por el primer proceso, en la

troqueladora se ingresa el material y se troquelan las tiras, terminada la operación se transporta en zorra las bandas y los pescados al área de soldadura.

Por ultimo la ranuración de los refuerzo del tablero se realiza en la troqueladora # 4 y # 5 debido a la capacidad instalada de las mismas, para este se debe ingresar a la troqueladora el tablero con las venas dobladas y se realiza la respectiva ranuración de este, su propósito principal es crear el efecto de refuerzo necesario para unir los tableros en la obra y así al momento del vaciado de concreto no se filtre material por ninguna unión.

4.1.4. Soldadura

Es este proceso se monta el tablero en el mesón de trabajo en donde esta ubicada la matriz diseñada por la empresa de acuerdo a la medidas de cada producto con el fin de optimizar tiempos, En esta matriz se ubica el tablero, y todos sus accesorios (pescados, bandas) y se empieza a ensamblar pieza por pieza, luego se desmonta el tablero soldado y se transporta con zorra al área de resolde.

Este es de los procesos mas importantes de la línea de producción ya que de el depende que las uniones del tablero funcionen correctamente y no se filtre material al momento de la fundición de concreto, es por ello que se tiene con un procedimiento de resolde.

4.1.5. Resolde

El objetivo principal de este procedimiento es reforzar las uniones con soldadura en el proceso anterior, para este se debe realizar un proceso de enfriamiento de los tableros a

temperatura ambiente, la empresa aun no cuenta con una área de frio para agilizar tiempos debido a la inversión y presupuesto.

Para resoldar los tableros se deben montar de nuevo a las matrices diseñadas y asegurar los puntos de soldadura aplicados en el proceso anterior, una vez terminado se dejan enfriar los tableros a temperatura ambiente y pasan a limpieza.

4.1.6. Limpieza

Una vez finalizado el procedimiento de soldadura y resolde se evidencian en los tableros manchas, salpicadura y la lamina del tablero tiende a presentar una curva por las altas temperaturas y amperajes a la que fue sometida, por esto los operarios de limpieza con ayuda de una espátula y pulidora se elimina todo rastro que pudo dejar los procedimientos anteriormente mencionados.

Para enderezar el tablero este se ubicado sobre tres tablas de madera con el fin de soportar los golpes generado por el pinzón para disminuir las abolladuras y dejar el tablero recto, este es verificado con una regla llana de construcción.

4.1.7. Pintura

Después de ser limpiado el tablero, el operario de pintura acomoda todos las unidades dejando de distancia entre cada una 3 cm, luego con ayuda del compresor pinta todo el tablero y sus respectivos accesorios con color verde oliva, pintura diseñada para resistir altas temperaturas y exposiciones al ambiente, adicional a ello se aplica una paca de anticorrosivo, utilizado para evitar la oxidación del tablero.

4.1.8. Empaque

Por ultimo se encuentra el proceso de empaque en el los operarios se dirigen a envolver los tableros en estibas y rollos de polietileno para conservar y proteger de la suciedad durante el traslado de los tableros a las instalaciones del cliente.

El numero de estibas depende de los requerimiento del cliente acordados con el comercial quien debe informar por medio de correo electrónico al proceso de producción.

4.2. Fase de diagnostico inicial

Para el desarrollo de esta fase se aplico la lista de verificación y chequeo con el propósito de identificar el estado actual de la maquinaria e equipos de la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S, adicional a esto se generaron encuestas a los operarios de producción enfocadas en determinar procesos de mantenimiento aplicado en cada procedimiento.

El modelo de la encuesta aplicada al personal que fue expuesto a el proceso de observación para la toma de datos es la siguiente:

ENCUESTA MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO

Área: _____

Turno: _____

Marca con una X la respuesta que usted considera correcta

1. ¿Usted trabaja en el área de :?

A . Gerencia y administración

C. Área productiva

B. Mantenimiento de equipos

D. Otro (especifique)

2. Si tuviera que evaluar la calidad de los equipos y maquinaria productiva, ¿Como lo calificaría?

A. Mala

C. Bueno

B. Regular

D. Excelente

3. ¿Conoce los parámetros de mantenimiento preventivo que debe hacer a los equipos y maquinaria?

A. Si

B. No

4. ¿Ha realizado mantenimiento preventivo a la maquinas y equipos que usualmente usa?

A. Si

C. No

B. Algunas veces

D. Casi nunca

5. ¿ Ha aplicado metodología 5` s en el lugar de trabajo?

A. Si

C. No

B. Algunas veces

D. Casi nunca

6. ¿Tiene capacitación y entrenamiento para realizar mantenimiento?

A. Si

C. No

B. Muy poco

7. ¿Cree que hace falta un equipo mas estructurado para realizar el mantenimiento preventivo?

A. Si

B. No

8. ¿De quien cree usted que es responsabilidad el mantenimiento de los equipos y maquinaria?

A. Director producción

C. Equipo de mantenimiento

B. Coordinador de producción

D. Operarios productivos

9. ¿ como cree usted que puede ayudar a mejorar la vida útil de los equipos y maquinaria ?

A. Capacitando y entrenando al personal operativo

C. Comprando maquinaria nueva

B. Aplicando metodologías de mantenimiento

D. No esforzando la maquinaria

Figura 4 Encuesta mantenimiento total productivo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Tabulación de encuestas

Fecha	Centro de trabajo / área	Turno	Preguntas Encuestas									
			¿Usted trabaja en el área de :?				Si tuviera que evaluar la calidad de los equipos y maquinaria productiva, ¿Como lo calificaría?				¿Conoce los parámetros de mantenimiento preventivo que debe hacer a los equipos y maquinaria?	
			A . Gerencia y administración	B. Mantenimiento de equipos	C. Área productiva	D. Otro	A. Mala	B. Regular	C. Bueno	D. Excelente	A. Si	B.No
25/10/17	Corte	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Doblez	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Pintura	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm			x				x			
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Limpieza	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm		x				x				x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm		x			x					x
25/10/17	limpieza	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm			x			x				x
25/10/17	Limpieza	6:00 am - 2:00 pm			x							x
25/10/17	Empaque	6:00 am - 2:00 pm			x		x					x
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm			x		x					x
25/10/17	Empaque	6:00 am - 2:00 pm			x				x		x	
TOTAL			0	10%	90%	0	15%	70%	5%	5%	10%	90%

Fecha	Centro de trabajo / área	Turno	Preguntas Encuestas													
			¿Ha realizado mantenimiento preventivo a la maquinas y equipos que usualmente usa?				¿ Ha aplicado metodología 5` s en el lugar de trabajo?				¿Tiene capacitación y entrenamiento para realizar mantenimiento?					
			A. Si	B. Algunas veces	C. No	D. Casi nunca	A. Si	B. Algunas veces	C. No	D. Casi nunca	A. Si	B. Muy poco	C. No			
25/10/17	Corte	6:00 am - 2:00 pm	x							x						x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Doble	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Pintura	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm	x							x						x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Limpieza	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm	x							x						x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	limpieza	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm					x			x						x
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Limpieza	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Empaque	6:00 am - 2:00 pm		x						x						x
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
25/10/17	Empaque	6:00 am - 2:00 pm			x					x						x
TOTAL			15%	5%	75%	5%	0%	20%	80%	0%	0%	0%	0%			100%

Fecha	Centro de trabajo / área	Turno	Preguntas Encuestas											
			¿Cree que hace falta un equipo mas estructurado para realizar el mantenimiento preventivo?		¿De quien cree usted que es responsabilidad el mantenimiento de los equipos y maquinaria?				¿ como cree usted que puede ayudar a mejorar la vida útil de los equipos y maquinaria ?					
			A. Si	B.No	A. Director producción	B. Coordinador de producción	C. Equipo de mantenimiento	D. Operarios productivos	A. Capacitando y entrenando al personal operativo	B. Aplicando metodologías de mantenimiento	C. Comprando maquinaria nueva	D. No esforzando la maquinaria		
25/10/17	Corte	6:00 am - 2:00 pm	x					x		x				
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm	x					x						x
25/10/17	Doble	6:00 am - 2:00 pm	x					x						x
25/10/17	Pintura	6:00 am - 2:00 pm	x					x						x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm	x					x						x
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm	x		x									x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm	x					x						x
25/10/17	Troquelado	6:00 am - 2:00 pm	x					x			x			
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm	x		x					x				
25/10/17	Limpieza	6:00 am - 2:00 pm	x		x					x				
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm	x						x	x				
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm	x						x	x				
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm	x						x	x				
25/10/17	limpieza	6:00 am - 2:00 pm	x						x		x			
25/10/17	Soldadura	6:00 am - 2:00 pm	x						x		x			
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm	x						x		x			
25/10/17	Limpieza	6:00 am - 2:00 pm	x						x		x			
25/10/17	Empaque	6:00 am - 2:00 pm	x					x			x			
25/10/17	Resolde	6:00 am - 2:00 pm	x					x			x			
25/10/17	Empaque	6:00 am - 2:00 pm	x					x				x		
TOTAL			100%	0%	15%	0%	50%	35%	30%	35%	5%	30%		

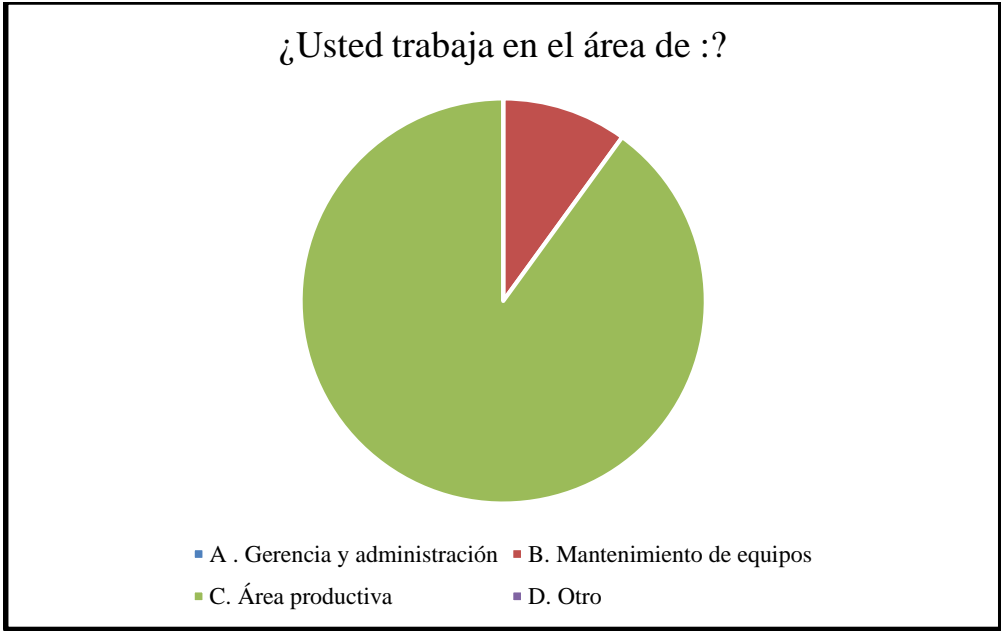


Figura n 5 Análisis pregunta 1 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

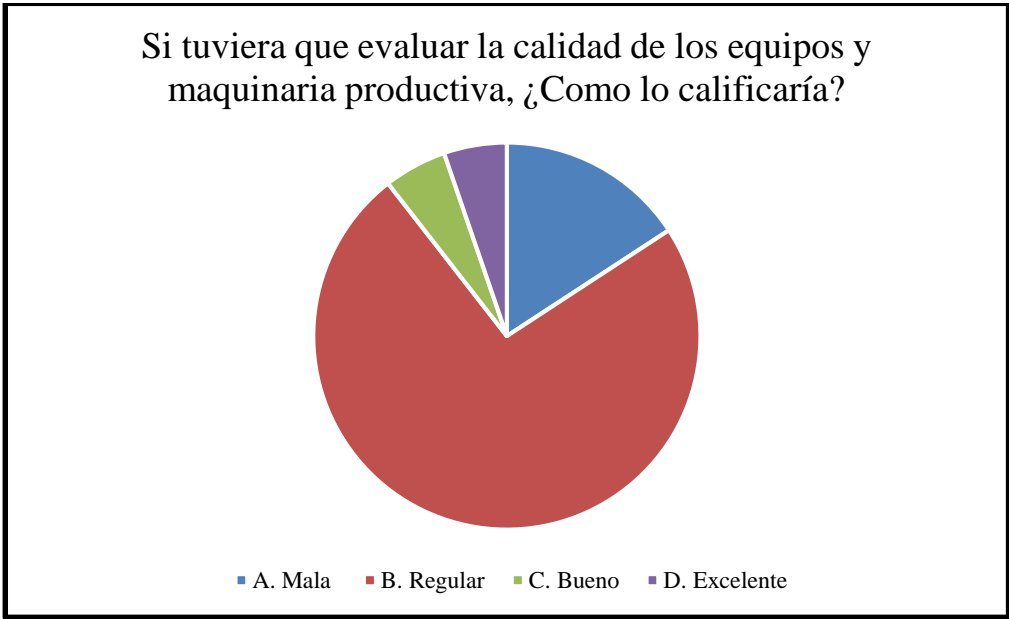


Figura n 6 Análisis pregunta 2 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

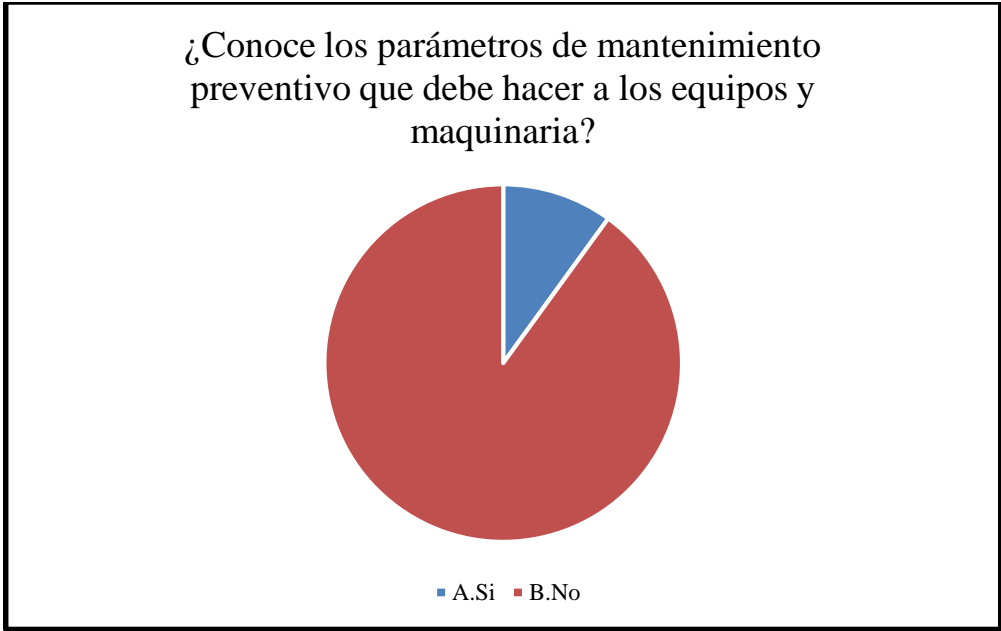


Figura 7 Análisis pregunta 3 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

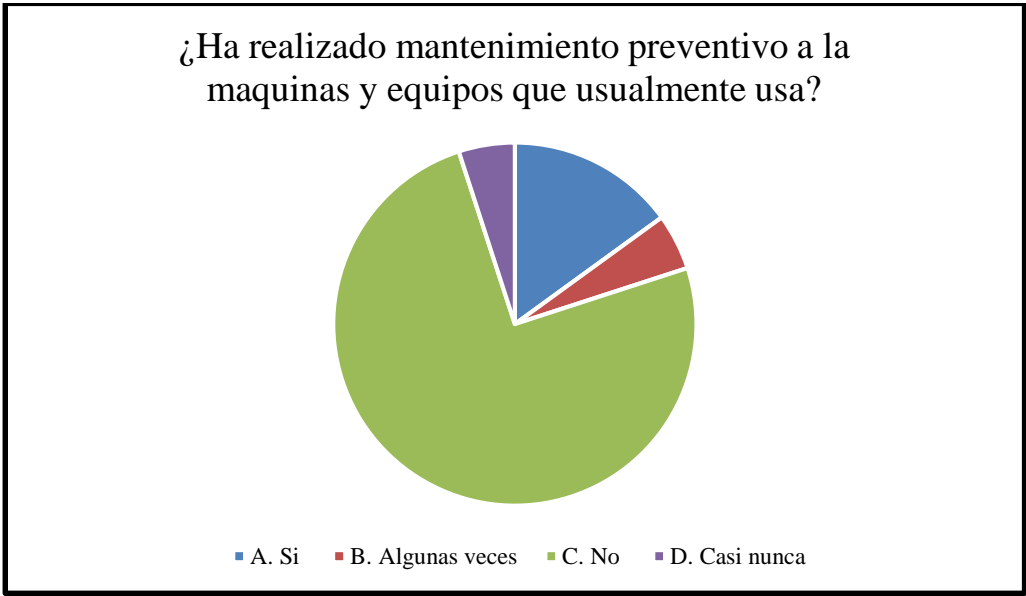


Figura 8 Análisis pregunta 4 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

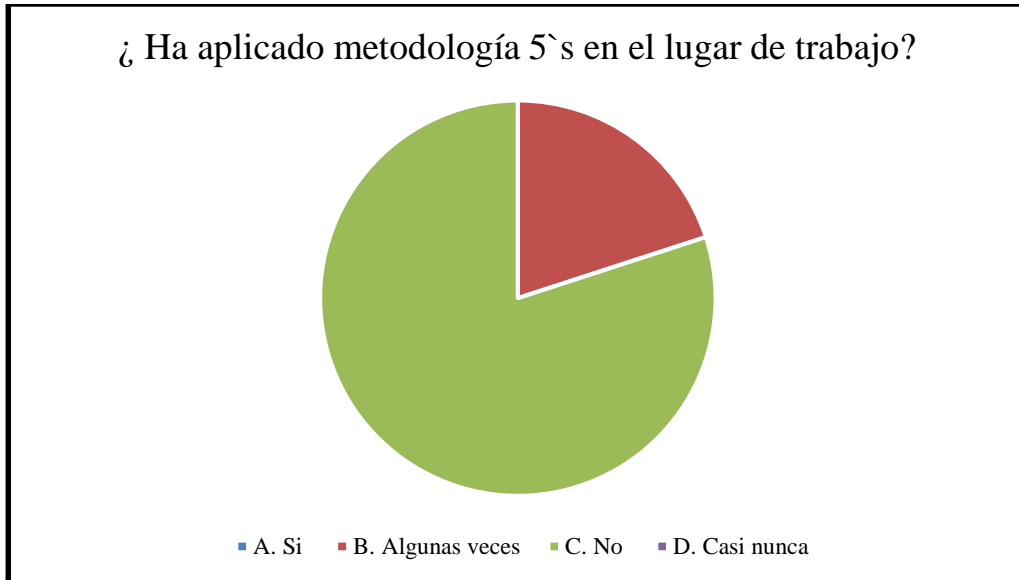


Figura 9 Análisis pregunta 5 Encuesta

Fuente: Elaboración propia



Figura 10 Análisis pregunta 6 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

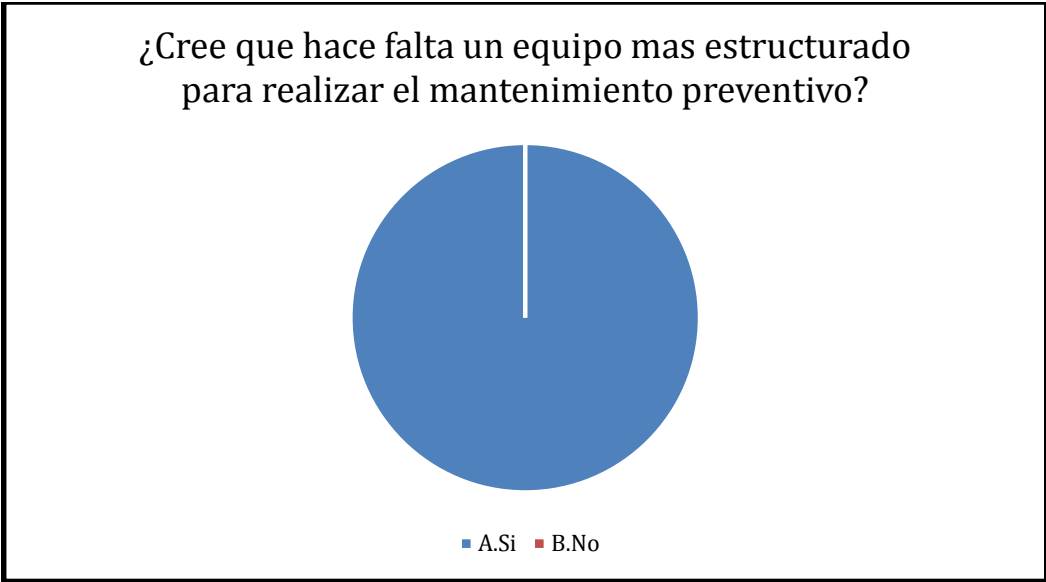


Figura 11 Análisis pregunta 7 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

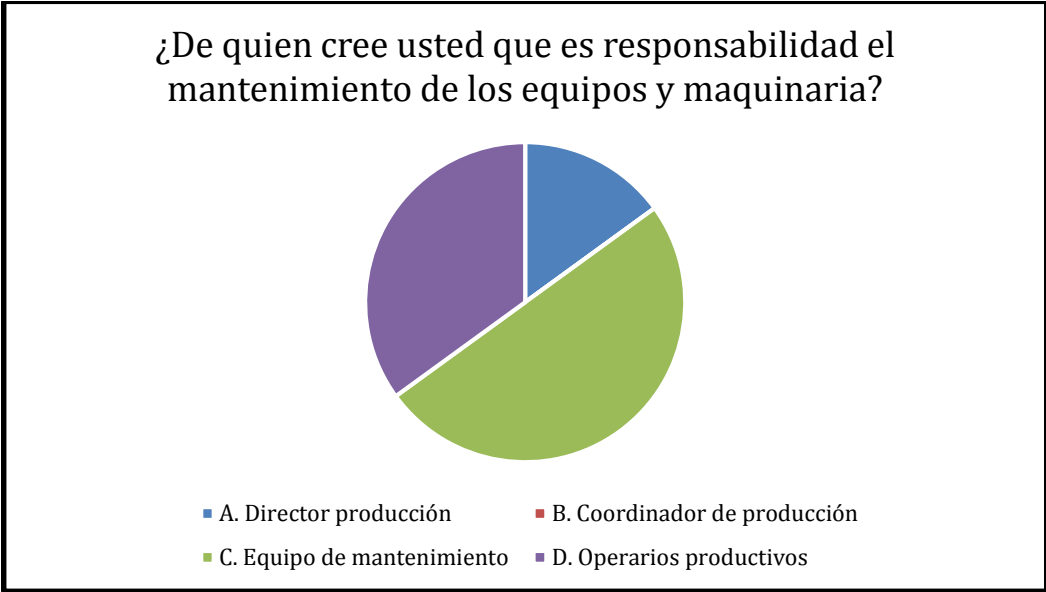
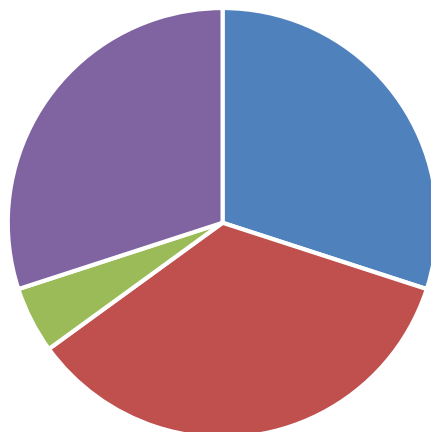


Figura 12 Análisis pregunta 8 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

¿ como cree usted que puede ayudar a mejorar la vida útil de los equipos y maquinaria ?



- A. Capacitando y entrenando al personal operativo
- B. Aplicando metodologías de mantenimiento
- C. Comprando maquinaria nueva
- D. No esforzando la maquinaria

Figura 13 Análisis pregunta 9 Encuesta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Lista de verificación

LISTA DE CHEQUEO ESTADO DE EQUIPOS										
EQUIPOS	PARÁMETROS									
	Funcionamiento del equipo (automático)		Ruidos extraños		Goteo de Fluidos		Estado General		Condiciones de aseo	
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
Equipo de Soldadura Miller 251	X		X		X		X		X	
Dobladora Ermak AP 3180	X			X	X		X			X
Torno	X		X		X		X		X	
Compresor de Pintura	X			X		X		X	X	
Soplete de Pintura	X		X		X		X		X	
Cizalla Neumática	X		X		X		X		X	
Cizalla Mebusa		X	X		X		X		X	
Troqueladora #1	X		X		X		X		X	
Troqueladora #2	X			X	X		X		X	
Troqueladora #3	X			X	X		X		X	
Troqueladora #4		X		X	X			X		X
Troqueladora #5		X		X	X			X		X
Esmeril #1	X		X			X	X		X	
Esmeril #2	X			X		X		X		X
Robot KCF		X		X	X			X		X
Abreviaturas: B= Bueno , M= Malo										
Nota: Si el equipo no cuenta con alguno de los parámetros escriba en el aspecto a evaluar N.A. (No aplica)										

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la información obtenida después de la aplicación de la lista de chequeo y las encuestas al personal operativo encargado del mantenimiento de la empresa podemos diagnosticar que los operarios no cuentan con conocimiento y entrenamiento necesario para realizar este, por ello recurren al mantenimiento correctivo realizado por un coordinador y 2 operarios distribuidos en los turnos de la empresa, lo que deja un margen reducido debido a la disponibilidad de tiempo, adicional a esto se evidencia que la maquinaria de la empresa

INDUSTRIAS METALEX S.A.S cuenta con una larga vida de uso a niveles elevados debido a la alta productividad, en algunos casos los equipos ya han excedido su vida útil recomendado por el fabricante, lo que deja como conclusión que se necesita implementar un modelo de mantenimiento productivo total con el fin de conservar y mejorar el funcionamiento óptimo de dicha maquinaria sin arriesgar el personal operativo y la producción de la empresa.

4.3. Aplicación del O.E.E

De acuerdo a la información obtenida en el numeral anterior se vio necesario implementar Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos (OEE) para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial, su aplicación se realizó por centros de trabajo de acuerdo a la línea de producción del tableros de 600 X 1200.

$$\text{O.E.E} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

- ✓ Disponibilidad: Es el tiempo real en producción sobre el tiempo programado para producción. En este factor se consideran los alistamientos como puntos clave de mejora así como los tiempos improductivos que le restan disponibilidad al proceso.

$$\text{Disponibilidad} = (\text{Tiempo de funcionamiento} / \text{Tiempo de producción}) \times 100$$

- ✓ Rendimiento: Son las unidades hora a las que está operando la máquina o el proceso sobre las unidades hora estándar.

$$\text{Rendimiento} = (\text{Unidades producidas} / \text{Unidades programadas}) \times 100$$

- ✓ Calidad: Es la producción (en unidades o peso) buena (sin problemas de calidad) sobre la producción total.

$$\text{Calidad} = \left(\frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo neto}} \right) \times 100 = \left(\frac{\text{Unidades optimas}}{\text{Unidades producidas}} \right) \times 100$$

Para la aplicación del O.E.E fue necesario realizar un proceso de observación durante 15 en días, en donde se recopilaron los siguientes datos:

Tabla 8 Aplicación herramienta Overall Equipment Effectiveness (O.E.E)

Aplicación herramienta Overall Equipment Effectiveness (O.E.E)							
Línea productiva	Fabricación tablero de 600 X 1200			Turno(horario trabajo)	8 horas (28.800 segundos)		
Demanda	18 650 tableros (diferentes medidas según proyecto mes)			Días observados	15 días		
Producto producido	8,322 tableros			Producto optimo	7,002 tableros		
Centro de trabajo	Tiempo de ciclo (TC) Seg	Nº de operarios	Tiempo de producción	Tiempo de funcionamiento (Seg)	Nombre de maquinada del centro de trabajo	Fallas maquina	Tiempo neto
Corte	3123,3	1	432000	378000	Cizalla mebusa -	3	356350
Dobleza	3312,4	1	432000	378000	Dobladora ermack AP3180	4	363600
Troquelado	1659,3	4	432000	378000	Troqueladoras	9	342000
Soldadura	2059,1	5	432000	378000	Equipo soldadura Miller 251	2	367200
Resolde	1230,6	2	432000	378000	Equipo soldadura Miller	1	374400
Limpieza	2871	4	432000	378000	Pulidora	0	378000
Pintura	890,4	1	432000	378000	Compresor de pintura – soplete de pintura	5	349200
Empaque	1239,5	2	432000	378000	Montacarga	2	320400
Media				378 000			356393,75
Total	16385,6	20	432000			26	2851150

Fuente: Elaboración propia

Con la información registrada anteriormente se aplica la formula del Overall Equipment Effectiveness (O.E.E) :

$$\text{O.E.E} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad} &= (\text{Tiempo de funcionamiento} / \text{Tiempo de producción}) \times 100 \\ &= (378\,000 / 432\,000) \times 100 = 82 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= (\text{Unidades producidas} / \text{Unidades programadas}) \times 100 \\ &= (8\,322 / 9\,325) \times 100 = 89 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Calidad} &= (\text{Tiempo útil} / \text{Tiempo neto}) \times 100 = (\text{Unidades optimas} / \text{Unidades} \\ &\quad \text{producidas}) \times 100 \\ &= (7\,002 / 8\,322) \times 100 = 84 \% \end{aligned}$$

$$\text{O.E.E} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

$$= 82 \% \times 89 \% \times 84 \% = 61 \%$$

Los cálculos anteriores reflejan que la maquinas de la empresa INDUSTRIA METALEX S.A.S fabrican los tableros de 600 X 1200 con una eficiencia de 61 % de su capacidad total.

4.4. Identificación de métricos

La importancia de aplicar métricos cuantificables es clave al momento de implementar nuevas herramientas ya que reflejan los factores críticos del éxito de su desarrollo, por que son estos los que expresan la misión, visión y objetivos de la organización.

Es por ello de acuerdo a los datos mencionados en los numerales anteriores se determino la aplicación de métricos de mantenimiento y efectividad del mismo tales como:

- ✓ Tiempo medio entre fallas (MTBF) : Es el tiempo medio entre cada vez que se presenta una parada ocasionada por una falla de maquinaria y/o equipo, es decir frecuencia con la que ocurre una pausa de proceso. (RENOVETEC)

$$\text{MTBF} = \text{No de horas totales del tiempo analizado} / \text{No de averías}$$

- ✓ Tiempo medio de reparación (MTTR) : También conocido como tiempo medio entre fallas (MTBF) hace referencia al promedio que pasa entre una avería y la siguiente, así mismo se puede entender como el tiempo medio que lleva reparar una maquina y/o equipo cuando presenta una falla. (Olofsson)

$$\text{MTTR} = \text{No de horas por paro de fallas} / \text{No de averías}$$

- ✓ Disponibilidad por avería : Su importancia dentro de la metodología Mantenimiento total Productivo es significativa ya que por medio de este métrico se determina el tiempo que disponible que posee la maquinaria de una planta productiva al momento de presentarse una falla sin afectar las líneas productivas.

$$\text{Disponibilidad avería} = \frac{[(\text{Tiempo medio entre fallas (MTBF)} - \text{Tiempo medio de reparación (MTTR)})]}{(\text{Tiempo medio entre fallas (MTBF)})}$$

Este indicador permite que la empresa se proponga metas de tiempo mínimo de disponibilidad para averías, ya que al controlar este tiempo podemos asegurar que la productividad no se vea afectada y prolongando tiempos de entrega al cliente o ocasionando trabajo de periodos en tiempo extra.

Tabla 9 Descripción de fallas y métricos

DESCRIPCIÓN DE FALLAS Y METRICOS								
Equipo y/o Maquinaria	Unidades	Falla presentada	No de fallas	Tiempo de observación (horas)	Tiempo afectado o averías (horas)	Tiempo medio fallos MTBF	Tiempo medio de reparación MTT R	Disponibilidad por averías
Equipo de Soldadura Miller 251	11	Los equipos de soldadura son lo únicos que cuentan con un control de mantenimiento, en donde se realiza seguimiento 2 días a la semana para verificar su funcionamiento, electricidad y sus consumibles, sin embargo presentan fallas eléctricas.	2	120	3	60	1,5	0,98
Dobladora Ermak AP 3180	1	Falla por falta de empaque en la conexión del motor	4	120	4	30	1,0	0,97
Compresor de Pintura	1	Falta de fuerza en el motor	3	120	6	40	2,0	0,95
Soplete Pintura	2	Falla en los filtros de pintura	2	120	2	60	1,0	0,98
Equipo soldadura Miller (Resolde)	1	No se evidencio durante el tiempo de observación	1	120	1	120	1,0	0,99
Cizalla Mebusa	1	Falta de torque en el motor	3	120	6,01	40	2,0	0,95
Troqueladora #1	1	No se evidencio falla durante el tiempo de observación	9	120	10	13,3	1,1	0,92
Troqueladora #2	1	Falta de lubricación en piezas de eje						
Troqueladora #3	1	Falta de lubricación y limpiezas en los troqueles principales						
Troqueladora #4	1	Daños eléctrico en el pedal del equipo						
Troqueladora #5	1	Fallas en los troqueles por falta de mantenimiento						
Montacarga	1	Falla en los frenos y dirección del volante	2	120	16	60	8,0	0,87
TOTAL	23		26		48,01			

Fuente : Elaboración propia

4.5. Análisis de prioridad

Durante el tiempo estipulado para el desarrollo de este proyecto se realizaron reuniones con los directivos de la empresa por 10 semanas, todos los miércoles a las 7:00 am con una duración de 2 horas aproximadamente.

En estas reuniones se debatieron los intereses de cada director de proceso con el fin de beneficiar no solo el proceso de producción, si no mejorar e implementar estrategias para procesos tales como: Contable y financiero, Talento humano, Comercial, Abastecimiento y HSEQ.

En estos comités también se evaluaron los puntos críticos de la planta y las líneas de producción con mayor importancia durante el proceso productivo, los centros de trabajo identificados con un alto nivel de criticidad fueron:

- ✓ Área de soldadura
- ✓ Área de troqueladoras
- ✓ Área de limpieza

De acuerdo a lo analizado junto con los líderes de áreas administrativas, se concluyo que es de gran importancia enfocar la fuerza del diseño del mantenimiento productivo total en los cuellos de botellas que mayor representan retrasos e incumplimiento de tiempo por falta de disponibilidad de maquina y personal, así mismo el Gerente que a su vez es el representante legal de la empresa manifestó su interés en prolongar y preservar los equipos implementados en soldadura y mantener los troqueles (moldes) utilizados en las troqueladoras, ya que en la actualidad la organización no tendría como responder ante la compra de una maquinaria y/o equipo debido a la inversión necesaria.

4.6. Diseño de mantenimiento total productivo

La prioridad del mantenimiento total productivo (TPM) es implementar mejoras significativas dentro de la organización optimizando los recursos actuales con los que cuenta la empresa en maquinaria y en personal, Para disminuir la presencia de perdidas se debe capacitar a los empleados e entrenar en beneficio de la efectividad el mantenimiento y el equipo, es de gran importancia contar con la disponibilidad y actitud de los colaboradores ya que son ellos los responsables del desarrollo y conservación de esta metodología.

Para ejecutar el Mantenimiento Autónomo se diseño un plan de trabajo en donde se tuvo en cuenta todos los requerimientos nombrados por los directores en los comités realizados, este fue manejado por medio de fases y ciclos con el objetivo de lograr la disminución de retrasos y aumentar las mejoras, crear nuevas prácticas de control de calidad de acuerdo al estado de la maquinaria realizada por parte de los operarios de producción fortaleciendo la auto inspección del funcionamiento de estas.

Los ciclos sugeridos y recomendados son:

Tabla 10. Fases de implementación mantenimiento autónomo

Etapas	Actividades
Preparación de mantenimiento	<p>✓ Selección del centro de trabajo seleccionado para el proceso de implementación de prueba en donde se realizara el mantenimiento autónomo.</p> <p>Este centro de trabajo debe ser una de las tres áreas de mayor criticidad identificado por los directivos de la empresa, y se debe tener en cuenta la misión y visión de la organización para trabajar de acuerdo a las metas y objetivos planteadas.</p>
Capacitación y entrenamiento	<p>✓ Recolección de formato de capacitación y cronograma de la misma para programar exposiciones con metodología dinámica y explicativa sobre los temas importantes a tratar para la implementación del TPM.</p> <p>Las capacitaciones se iniciaron con los directores de cada proceso, coordinador de producción y líder del equipo de mantenimiento, estuvo dirigida del ingeniero Felipe Millan consultor de la empresa.</p> <p>Las jornadas de capacitación y entrenamiento del personal operativo y socialización de los temas tratados estuvo a cargo del director de Producción Jaime Llorente y en para los lideres de cada centro de trabajo de planta se realizo una jornada a parte con la autorización del Gerente realizaba bajo el programa de calidad productiva.</p>

	<p>De igual manera se propuso a la gerencia llevar este proyecto de la mano con la aplicación y mejoras que estaban realizando desde el área de calidad para el aumento y optimización de la productividad.</p>
<p>Capacitación y entrenamiento</p>	<p>La campaña a implementar para impactar positivamente a los trabajadores y contar con la disposición y motivación de ellos es crear vivencias y expectativas personales de interés para ello se estructuro una salida de campo en donde asistieran los directores de áreas, gerente y lideres de producción, una integración de lideres en donde se explotaran por medio de actividades en equipo las actitudes e importancia de mantener todos los integrantes y implementos en buen estado para el buen rendimiento y obtención de resultados.</p>
<p>Capacitación y entrenamiento</p>	<p>Esta actividad cuenta con las siguiente programación:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Charla motivacional encargada por el director Comercial David Serrano. b) Asignación de equipos de trabajo c) Actividad de reconocimiento (identificación de habilidades y conocimientos de cada integrante con el fin de conocer y aprender nuevos talentos y competencias). d) Retos empresariales (actividad destinada a exposición de toma de decisiones y enfrentamiento de retos físicos). e) Reflexión de resultados y análisis conocimiento e importancia de metodologías que guíen y

	<p>direccionen la empresa.</p> <p>f) Capacitación de calidad en temas de productividad (5's , Mantenimiento total productivo, metodología lean six sigma).</p> <p>Estas capacitaciones tendrán un duración de un (1) año, realizando una (1) capacitación por mes, en donde los temas a capacitar serán los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Mantenimiento (importancia, objetivos, metodologías). • Implementación de las 5's. •Mantenimiento autónomo y preventivo. •Mantenimiento predictivo. •Mantenimiento proactivo. •Mantenimiento planificado. •Metodología de Mantenimiento Total Productivo (TPM). •Técnicas de manejo de fallas. • Implementación del Overall Equipment Effectiveness (O.E.E). •Indicadores de gestión. •Estrategias de mejora de productividad. •Análisis de resultados de conocimiento.
<p>Elaboración de fichas técnicas</p>	<p>✓ Es importante precisar que para el desarrollo de esta metodología es necesario que el área de producción elabore y determine la información de los equipos y maquinas con las que se cuentan actualmente en la empresa, esto con el fin de generar fichas técnicas de equipos a cargo del Coordinador o líder de</p>

<p>Elaboración de fichas técnicas</p>	<p>mantenimiento.</p> <p>En estas fichas técnicas se debe consignar la información de los elementos y accesorios que contienen estos equipos, sistema principal y subsistema del mismo, características funcionales, estructura, acondicionamiento, lubricación cuando aplique) y instalación, de igual manera debe ir incluidas las recomendaciones brindadas por el fabricante para su buen funcionamiento.</p> <p>Para ello se deben consultar la información de folletos de operación de las maquinas, manuales de servicio, recomendación de registros de mantenimiento, cálculos de programación de maquinaria (cuando aplique).</p> <p>Estas fichas técnicas deberán contar con la aprobación del Director de Producción y el Director de HSEQ.</p> <p>Las fichas técnicas deben contar con la codificación y estar incluidos en el sistema de gestión de calidad de la empresa, esto es responsabilidad del auxiliar de calidad.</p>
<p>Limpieza e inspección</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En esta fase se procura lograr las condiciones básicas de la maquinaria y establecer una técnica que permita cumplir las condiciones básicas para el correcto funcionamiento. <p>Es por esto que en la capacitación del personal se</p>

<p>Limpieza e inspección</p>	<p>incluye la formación en la metodología de las 5's y para ellos se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none">- Implementar proceso de inspección de los sitios de trabajo para verificar el estado de limpieza, orden y clasificación de herramientas, e insumos utilizados.- Realizar control de calidad realizado por el departamento de HSEQ.- Los hallazgos que se encuentren en esta verificación deben corregirse de manera inmediata por medio de una plan de acción implementado por cada operario, al cual se le debe hacer seguimiento por parte del auxiliar de calidad.- Realiza un diagnostico inicial del estado de la planta de producción por centros de trabajo.- De acuerdo a esta información y identificación de fase en que se encuentran los puestos de trabajo se inicia con la ejecución de las fases de las 5's. <p>Estas se dividirán en dos fases divididas de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none">- Seiri, Seiton, Seiso.- Seiketsu, shitsuke.- una vez implementada la
------------------------------	---

<p>Limpieza e inspección</p>	<p>primer fase, por orden de la Gerencia se efectuara una auditoria para inspeccionar su funcionamiento y aplicabilidad por los operarios, dicha auditoria estará bajo la responsabilidad del Director de Tecnología informática Gerson Martínez.</p> <p>Para esta auditoria se utilizara una check list en donde se evaluaran los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación del puesto de trabajo. - Ubicación y clasificación de herramientas e implementos utilizados según su función y rotación de uso. - Orden de puesto de trabajo y sus alrededores. - Limpieza del área de trabajo. - Análisis de resultados. - Recomendaciones y/o mejoras.
<p>Disminución de fuentes de origen de contaminación y suciedad</p>	<p>✓ El objetivo de esta fase es buscar que el trabajador implemente de acuerdo a la etapa anterior una metodología diseñada por el para eliminar las fuentes de suciedad que deterioran el funcionamiento de la maquinaria y que así mismo generan un ambiente de desorganización.</p>

<p>Disminución de fuentes de origen de contaminación y suciedad</p>	<p>Para establecer el plan de acción a atacar se debe comenzar a identificar las causas que generan la suciedad y desorden generando confusión de producción y no identificación de control de calidad , por ello se deben resolver estas 3 preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿cuales son los centros de trabajo con mayor suciedad? ¿por qué? - ¿cuál es la maquinaria que mas genera desperdicios que al final de jornada se convierten en suciedad? - ¿ la suciedad proviene únicamente de la maquinaria de la empresa? <p>De las respuestas obtenidas se terminaran la prioridad para atacar y fortalecer la implementación de las 5´s en la empresa.</p> <p>Sera responsabilidad del coordinador de producción realizar la tabulación de respuesta de los resultados y la socialización de los mismos en el comité semanal de directores, para generar la aprobación de fortalecimiento.</p>
	<p>✓ En los ciclos anteriores se desea analizar e identificar el estado actual y el deterioro de funcionamiento</p>

Inspección total orientada

anticipado que presenta la maquinaria de la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S.

Lo que se busca en las inspecciones guiadas y acompañadas por un ente externo de la compañía es realizar una autoevaluación aplicable y real que arroje inconformidades para desarrollar y evaluar el nivel de desarrollo y eficiencia de la misma.

El objetivo de identificar las falencias durante el desarrollo del mantenimiento total productivo (TMP) es solucionar todos los inconvenientes y situaciones que no permiten que la metodología avance y se convierta en una cultura Metalex.

Esta auditoria se debe desarrollar por medio de un cronograma propuesto por el auditor externo en donde se consigne el proceso de ejecución de la misma, este debe ir aprobado por el equipo auditor de la compañía liderado por el Director HSEQ.

Los temas importantes a revisar serán las fichas técnicas de los equipos, listas de chequeo y análisis de resultado de inspecciones anteriores.

Los hallazgos identificados deben ir sustentados de soluciones y recomendaciones procedimentales para ejecutar por parte del operario y del área de producción.

El seguimiento de estos planes y programas arrojados por la auditoria será responsabilidad de el auxiliar de

Inspección total orientada	calidad y se deberán generar informes que comuniquen el avance de estos a la gerencia.
Estandarización	<p>✓ El principal objetivo de esta implementación se basa en la fase de estandarización y depende de la misma para poder mantener y fortalecer con el paso del tiempo esta metodología, la creación de cultura de los empleado administrativos y productivos depende del desempeño de las actividades y ejecución de responsabilidades diarias, es por eso que debe implementarse tareas asignadas con tiempos determinados para desempeñar y entregar resultados, las cuales deberán ser revisadas por el jefe superior.</p> <p>Así mismo el líder de mantenimiento y los dos operarios de apoyo a esa gestión deberán asignar medidas de control que se realizaran y ejecutaran por los empleados a inicio y finalización del turno.</p> <p>Estas directrices se pueden basar en los siguientes lineamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estado de entrega del equipo y/o maquinaria. -inspección de lugar de trabajo. - Respuesta de programación y configuración de

<p>Estandarización</p>	<p>maquinaria.</p> <ul style="list-style-type: none"> - limpieza de maquinaria. - Identificación de desperdicios. -Funcionamiento de maquinaria. <p>Cuando se identifica el incumplimiento de alguno de los parámetros mencionados anterior debe informarse al proceso de producción para realizar y aplicar el conocimiento informado y actuar ante la situación para no generar un mantenimiento correctivo.</p>
<p>Control predeterminado</p>	<p>✓ en esta gestión se reconoce la capacidad de control determinado e implementado por el director de producción, este control requiere que el operario disponga de autoridad para tomar decisiones dentro de su puesto de trabajo con el fin de controlar, diseñar mejoras, planes de acción, planes y programas de mejoramiento continua basado en los lineamientos del sistema de gestión de calidad de la empresa que aumenten la productividad, la calidad de la fabricación de los mismos y el desempeño de las actividades de su cargo.</p>

Fuente : Elaboración propia

Para realizar el Mantenimiento planificado se elaboro un modelo del plan de acción para desarrollar las directrices mencionadas en los numerales anteriores de acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas y comités desarrollados, de la siguiente manera:

Tabla 11 Etapas para la ejecución del mantenimiento planificado

Etapas	Actividades a ejecutar
Hojas de vidas equipo y/o maquinaria	<p>✓ Estas también son llamadas históricos de manteamiento de equipos y/o maquinarias , y son utilizadas para almacenar y recolectar toda la información cronológica que se ha realizado en el equipos desde que hace parte de la empresa.</p> <p>Debido a ello se requiere la implementación de dicha documentación en donde se debe incluir lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nombre del equipo y/o maquinaria. - Actividad realizada durante todo el tiempo que el equipo lleva con la empresa. - Se debe contar con las fechas de las actividades. - Nombre del responsable que ejecuta dichas actividades.

<p>Hojas de vidas equipo y/o maquinaria</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de mantenimiento que se ha realizado durante ese periodo de tiempo. - Fechas y tipos de inspecciones que se realizaron. - Análisis del estado actual de cada maquinaria. <p>La responsabilidad de estos registro es del auxiliar de calidad, coordinador de producción, líder de mantenimiento y líder de cada centro de trabajo.</p> <p>Estos formato deben ir bajo los lineamientos estipulados en el sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015.</p>
<p>Estrategias de mejoras a implementar</p>	<p>✓ Con conocimiento de las necesidades con las que cuenta la empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S, se recomendó que para la implementación de la metodología de Mantenimiento Total Productivo se utilizaran las siguientes tácticas enfocadas en el mejoramiento continuo de la compañía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calcular y mantener implementado el indicador Overall Equipment Effectiveness (O.E.E), hata cumplir con

<p>Estrategias de mejoras a implementar</p>	<p>la meta programada por la gerencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar trimestralmente las causas principales que generan perdidas y desperdicios en el proceso de mantenimiento. - Establecer objetivos específicos y medibles para la disminución de perdidas y aumento de la eficiencia de equipos.
<p>Condiciones básicas para mantener los equipos y/o maquinaria</p>	<p>✓ Para el desarrollo de esta herramienta es primordial mantener y fortalecer las condiciones básicas de la maquinaria para lograr su buen funcionamiento y para controlar y garantizar estos se debe realizar actividades propias de mantenimiento realizadas únicamente por los trabajadores designados para esta tarea.</p> <p>Las labores que se deben realizar periódicamente, sin abandonar y dejar apartando ningún centro de trabajo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisiones periódicas a través de listas de verificación. - Jornadas de limpieza. - Ejecución de orden y aseo.

<p>Condiciones básicas para mantener los equipos y/o maquinaria</p>	<p>- Lubricación de maquinaria (cuando aplique).</p>
<p>Plan de acción para disminuir desperdicios y pérdidas evidenciadas</p>	<p>✓ La reducción de pérdidas presentadas en el área de producción debido a la falta de mantenimiento y control de manejo de desperdicios y causas, genera incertidumbre para la gerencia de la empresa por que no conoce una estimación de costos no calculados.</p> <p>Para ellos se propone implementar un análisis de investigación de anomalías (PM).</p> <p>Este análisis consiste en realizar un estudio para observar y razonar los mecanismos y fenómenos que producen las anomalías y dependiendo de que se pueden producir y en que procesos y áreas son originados para poder controlar y atacar la causa raíz de estos. (APDC)</p> <p>Este estudio se vuelve en un instrumento primordial para la investigación de fallas y averías que producen desperdicios y pérdidas a la organización y que porcentajes y eventualidad son producidas.</p> <p>Para esta implementación es necesario tener en cuenta las siguientes fases o etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instaurar la falla a estudiar, en este caso

<p>Plan de acción para disminuir desperdicios y pérdidas evidenciadas</p>	<p>se deben responder las siguientes preguntas:</p> <p>¿Qué sucedió?</p> <p>¿Cuál es el problema?</p> <ul style="list-style-type: none">- Investigación específica de la falla. <p>¿Cuáles son los acontecimientos que pueden haber provocado la falla?</p> <ul style="list-style-type: none">- Clasificación de las condiciones que producen la falla. <p>¿Cuáles son las condiciones que se cumplen para que ocurra dicha falla?</p> <ul style="list-style-type: none">- Definir tareas de mejoras para estudiar los equipos, máquinas y herramientas que pueden estar involucrado en la falla. <p>¿cuáles son los componentes que han afectado en la falla?</p> <ul style="list-style-type: none">- Estudiar los instructivos de producción y realizar verificación de métodos de producción de los empleados.- Implementar acciones preventivas y correctivas para no incurrir en la falla identificada.
---	---

<p>Valoración de resultados y progreso de mejoras</p>	<p>✓ Se deberá realizar una valoración de para estimar los resultados obtenidos después y determinar una evaluación de la implementación de la metodología.</p> <p>De igual manera se deberá documentar dicha ejecución en una acción de mejora en el sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015.</p> <p>Las mejoras evidenciadas durante el proceso de estimación y registro deben estar enfocadas en los parámetros establecidos por el Mantenimiento Productivo Total (TPM).</p> <p>Estas mejoras se deben aplicar por medio de la técnica del ciclo de PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), ya manejado por la empresa.</p>
---	--

Fuente : Elaboración propia

4.3. Informe final

Durante el desarrollo de este proyecto de grado en la empresa INDUSTRIAS METALES S.A.S, se evidencio el compromiso de los trabajadores administrativos y operativos, la empresa se encontró en un desconocimiento total de metodologías y herramientas que beneficiarían y optimizarían recursos físicos y monetarios al momento de atacar el mantenimiento de la maquinaria y equipos.

Se trabaja bajo un mantenimiento correctivo y aunque se documentada la información de esta actividad no se sabia como atacar y disminuir estos, convirtiendo el proceso de mantenimiento en preventivo.

El acompañamiento que se realizó en la empresa no solo fue teórico, también fue práctico se apoyó en la fase de capacitación y entrenamiento de los trabajadores productivos, por medio de una reunión de líderes de centros de trabajo.

Durante el proceso de recolección de información y aplicación de encuestas se evidenciaron:

- Pérdidas de material en ocasiones pasadas debido a fallas en la maquinaria, con una estimación aproximada de \$ 35.000.000 de pesos colombianos, su valoración se realizó por medio del cálculo de los 5 costos de los desperdicios (Costo de materia prima, Costo de personal, Costo de arreglar lo que hizo mal, Costo de los puestos de control que no funcionaron, Costos de mala imagen)

Aunque si se creía que esta inconformidad había generado grandes pérdidas para la organización nunca se logró creer que fuera de tan alto nivel como lo fue.

Debido a esto el departamento de HSEQ instauró formatos para identificar estas fallas mecánicas de equipos que afectan la calidad del producto ofrecido y actualmente se lleva un control y seguimiento más óptimo.

- Se encontró maquinaria deteriorada y parada por falta de mantenimiento, ya que no se contaba con el conocimiento para realizar dicha reparación, para ello se contrató una empresa de servicios de mantenimiento con el fin de que realizará un diagnóstico y revisión de las fallas presentadas,

con esta información se logro detectar como se reparaba la maquina y se estima que esta entrara a producción a finales del diciembre del 2017.

- La empresa aunque cuenta con un grupo de trabajadores de manteamiento, estos no poseen las competencias necesarias para desarrollar óptimamente su lado, debido a la falta de entrenamiento y capacitación.

Para ello se apoyo al proceso de talento humano la inscripción empresarial a la capacitaciones ofrecidas por el SENA y se empezaran a desarrollar formaciones para fortalecer y entregar conocimientos estructurados de acuerdo al mantenimiento de equipos industriales.

La empresa INDUSTRIAS METALEX S.A.S se encuentra en la implementación del Mantenimiento Total Productivo de acuerdo a los lineamientos ofrecidos y estipulados en este proyecto de grado.

5. Referencias

- [1] Lopez, B. S. (2016). *Mantenimiento Industrial*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2017, de *Ingenieria Industrial Online*: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/>
- [2] S.A.S, I. M. (08 de 2017). *INDUSTRIAS METALEX S.A.A*. Recuperado el 09 de 2107, de *INDUSTRIAS METALEX S.A.S: WWW.METALEX.COM.CO*
- [3] NAVARRO, J. (2004). *Tecnicas del mantenimiento industrial* (Vol. 02). Calpe Institute of technology serie manuales.
- [4] MOLINA, J. (2009). *Mantenimiento y seguridad industrial*. Macaray: Universidad nacional de san luis.
- [5] *Ingenieria Industrial Online*. (s.f.). Recuperado el 10 de 02 de 2017, de TPM: www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/.
- [6] DONGHI, T. (2000). *La busqueda de un nuevo equilibrio*. Historia comtemporanea de america latina.
- [7] NAVARRO, J. (2004). *Tecnicas del mantenimiento industrial* (Vol. 02). Calpe Institute of technology serie manuales.

- [8] *CUADRO COMPARATIVO*. (2001). Recuperado el 20 de 03 de 2017, de cuadrocomparativo.org/cuadros-comparativos-entre-mantenimiento-preventivo-predictivo-y-correctivo/
- [9] *ALVAREZ LA VERDE*. (2008). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de www.ceroaverias.com/centroTPM/articulospublicados/definicion%20para%20publicar%20en%20web.pdf.
- [10] *GRUP CERVISIMAG*. (s.f.). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de www.cervisimag.com/es/p/2-servicios/14-mantenimiento-preventivo
- [11] *COMERCIAL COLOMBIANA DE ELEVADORES ELEVECC*. (s.f.). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de ELEVECC: www.elevecc.com/data/documents/06-presentaciòn-mantenimiento-ELEVECC.pdf.
- [12] *ATMOSFERIS*. (s.f.). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo
- [13] *PYME*. (s.f.). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de la voz de Houston: www.pyme.lavoztx.com/qu-se-considera-una-prdida-de-negocios-10068.html
- [14] *MANTENIMIENTOS INDUSTRIALES*. (2009). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de mantenimientosindustriales2009.blogspot.com.co/2009/05/historia-delmantenimiento.html
- [15] *XTENDEN STUDIES*. (07 de 05 de 2016). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de Blog de logística: www.blogdelogistica.es/produccion-y-calidad-dos-elementos-que-deben-ir-de-la-mano/.

[16] *GMbH*. (2016). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de Eficiencia en la producción: www.arburg.com/fileadmin/redaktion/mediathek/prospekte/arburg_production_efficiency_680244_es.pdf.

[17] *BLUMAQ*. (s.f.). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de www.blumaq.com/es/la-importancia-de-la-maquinaria-industrial-hoy-en-dia/.

[18] *NATIONAL LAWS LABOUR*. (s.f.). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de Social security and human relatec: www.ilo.org/dyn/natlex/docs/WEBTEXT/21646/64829/S90COL01.htm.

[19] *ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA*. (s.f.). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de Secretaria Distrital de Ambiente: www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/224727/guia_metalmecanica.pdf.

[20] *COMERCIOS S.* (2002). Recuperado el 04 de 04 de 2017, de Superintendencia de industria y comercio: www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/normatividad/Leyes/1995/Ley_223_1995.pdf.

[21] ABELLA, M. (s.f.). *Universidad Carlos III de Madrid*. Recuperado el 04 de 04 de 2017, de ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-demaquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf

[22] GOMEZ RESTREPO, M. (2011). *Universidad ICESI*. Obtenido de Insuasty Chamorro A: repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68140/1/dise%C3%B1o_elaboracion_herramienta.pdf.

[23] INOSTROZA PÈREZ, A. &. (2013). *Universidad BIO - BIO*. Recuperado el 04 de 04 de 2017, de www.repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/407/Inostroza_Perez_Alex.pdf

[24] BUELVAS DIAZ, C. E. (2014). *Universidad Autonoma del Caribe*. Recuperado el 04 de 04 de 2017, de repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf?sequence=1.

[25] RENOVETEC. (s.f.). *RENOVETEC*. Recuperado el 04 de 04 de 2017, de Indicadores de mantenimiento: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

[26] Olofsson, O. (s.f.). *WORLD CLASS MANUFACTURING*. Recuperado el 25 de 10 de 2017, de Mantenimiento Lean: <http://world-class-manufacturing.com/es/KPI/mtbf.html>

[27] Seiichí., N. (1991). *Implementación MPT*. Madrid, España: Instituto Japonés para el mantenimiento de plantas.

[28] APDC. (s.f.). Recuperado el 11 de 10 de 2017, de Análisis PM – Metodología para investigar anomalías: [https://www.pdcahome.com/pma/\(s.f.\)](https://www.pdcahome.com/pma/(s.f.)).

