



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“Diseño de un Sistema de mantenimiento para la línea de Extrusión de la máquina Reifenhäuser de la empresa PLAMI S.A. de C.V.”

PRESENTA:

JHOALY RENDÓN LÓPEZ

CON NÚMERO DE CONTROL
17TE0510*

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA INDUSTRIAL

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO
IIND-2010-227

DIRECTOR (A) DE TESIS:
M.S.C. GUSTAVO ADOLFO APANGO MÉNDEZ

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, MARZO 2022



PRELIMINARES

AGRADECIMIENTOS

A MI FAMILIA

Porque son un pilar en mi vida, por su apoyo incondicional, por ser mi fortaleza durante este arduo proceso de preparación. Mis padres, que sin duda alguna son lo más importante en mi vida y son mi fuerza constante para salir adelante, buscando siempre ser su orgullo. Por su amor y por la paciencia que me han tenido siempre, por darme todo sin pedir nada a cambio. Por acompañarme cada noche que tuve que trabajar hasta tarde y por su puesto por solventar estos enormes gastos que trajo conmigo mi vida como estudiante.

Mis abuelos, tíos y primos que siempre me aconsejaron y estuvieron en constante comunicación conmigo durante todo este proceso de evolución.

A DIOS

Por darme la oportunidad de cumplir este gran proyecto de vida a nivel profesional y personal, siempre he sido muy creyente a la frase "Los tiempos de Dios son perfectos". Por dejarme vivir esta gran y satisfactoria experiencia y por cuidar de mí y nunca desampararme. Por darles salud a mi familia y mantenernos unidos y sanos. Gracias dios por haberme puesto en el camino a gente tan maravillosa, así como también las pruebas que me pusiste para hacerme más fuerte, realmente ni yo misma conocía mi propia fuerza, me colocaste en el lugar correcto y en el momento correcto.

A MIS AMIGOS

En la universidad conocí a mis mejores amigos y amigas, que se volvieron mi familia y que todos al inicio teníamos y tenemos algo en común, convertirnos en Ingenieros Industriales. Por todas aquellas experiencias y vivencias, por compartir risas, aventuras, proyectos, evaluaciones. Gracias América, Rosa, Andrea, Óscar y Francisca por ser cómplices en este proceso.

Y a la persona más especial que me ha brindado su amistad incondicional desde muchos años, Aldo mi querido amigo, gracias por acompañarme en este último proceso, por orientarme, guiarme y motivarme a seguir adelante y por estar ahí en los momentos más difíciles de toda mi vida.

A LA EMPRESA PLAMI S.A. DE C.V.

Por darme esta oportunidad y recibirme a esta gran familia que es PLAMI.

Gracias al Ing. Jorge del Razo y al Ing. Alfredo Aguayo por la confianza depositada y de igual forma por el recibimiento, calidez, apoyo, paciencia y aprendizaje dado.

A MIS MAESTROS

Primero que nada, muchas gracias al Mtro. José Antonio Montiel Carmona, porque gracias a él descubrí mis habilidades y decidí que quería estudiar una Ingeniería, además de tomar clases particulares durante 3 años.

Muchas gracias a los mejores ingenieros y maestros que he conocido y a los que les debo demasiado, porque trabajar con ellos ha sido la mejor experiencia y me he llevado un sin número de aprendizajes, porque han estado ahí para resolver todo tipo de dudas, para corregirme y para motivarme a dar lo mejor de mí. Sin más preámbulos viviré eternamente agradecida con el Mtro. Aram Beciez Salazar por todo ese gran apoyo brindado, por las grandes enseñanzas y aprendizajes aun cuando no tuve la oportunidad que impartiera alguna materia, siempre ha estado a la disposición de apoyar ante cualquier duda suscitada y nos da un panorama real de la vida profesional.

Mtro. Arnulfo Casiano Contreras, realmente fue de mis primeros docentes al inicio de la carrera, gracias por esa forma de trabajo y por la disposición que tiene, para nosotros sus alumnos.

Mtro. Gustavo Adolfo Apango que, pese a que al inicio consideraba que era uno de los docentes más estrictos, al día de hoy le agradezco y le reconozco ese excelente trabajo que realiza y por transportarnos y hacernos poner en práctica todo a nivel laboral y también gracias por aceptar ser mi asesor de Residencia y por su excelente trabajo como docente del Tec, sin duda alguna de los mejores ingenieros de la academia de Ingeniería Industrial.

RESUMEN

El Mantenimiento debería de considerarse la razón de ser de las empresas, ya que, si las líneas de producción se encuentran trabajando de forma eficaz, se garantiza que el proceso de producción se realice de la mejor manera.

El mantenimiento debería ser considerado una orden de producción adicional, entendiendo que, si en un determinado tiempo no está produciendo unidades, está siendo restaurada para que se mantengan las propiedades que el producto requiere.

En ocasiones se suele pensar que si las líneas de producción están funcionando aparentemente de forma correcta no hay necesidad de pararlas. La gran mayoría de las empresas no invierten en la realización de mantenimientos preventivos, porque consideran que, al parar su producción se ve disminuida. Lo que no consideran es que cuando se presenta un mantenimiento correctivo los tiempos inactivos de las máquinas aumentan de forma exorbitante.

Unos de los principales problemas que presenta la empresa PLAMI S.A. de C.V. ubicada en el estado de Tlaxcala, es que tiene una gran cantidad de horas muertas por mantenimiento. La empresa cuenta con tres líneas de producción, pero de la cual se tiene poco registro de los componentes que la conforman y que ha estado ocasionando un sin número de inconvenientes es la línea de extrusión con la máquina alemana Reifenhäuser.

La empresa cuenta con personal de Mantenimiento Eléctrico y Mecánico, responsables del buen funcionamiento y reparación de los equipos. La línea de Extrusión requiere una reducción de tiempos muertos por mantenimiento.

A continuación se presenta un proyecto para lograr reducir las horas muertas por mantenimiento mecánico (como primer alcance).

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento surge de la necesidad de las empresas de mantener sus equipos en correcto funcionamiento, efectuando las actividades para las cuales las máquinas o líneas fueron adquiridas.

Todas las empresas requieren que sus máquinas por muy simples que puedan parecer, se les realice algún tipo de mantenimiento para garantizar su funcionamiento. Aunque existen diferentes tipos de mantenimiento, uno de los más presentes es el mantenimiento correctivo, que se realiza cuando se presenta un problema mayor y las líneas paran la producción.

La empresa PLAMI Papalotla presenta un alto número de horas muertas por mantenimiento. Existen muchos factores presentes que ocasionan esa alta de horas.

Este proyecto, presenta de forma detallada información sobre el giro de la empresa y las principales causas de las horas muertas mencionadas anteriormente.

Antes de poder entrar a abordar la problemática es necesario conocer el giro de la empresa, su ubicación, para posteriormente conocer sus instalaciones, departamentos, funciones que realiza cada departamento y el proceso de producción.

Este proyecto se encuentra conformado por VII capítulos, en el capítulo I se presentan las Generalidades de la empresa y a su vez se presentan los objetivos del proyecto.

En el capítulo II se presenta el marco teórico con los temas base para poder entender los problemas y las herramientas a utilizar.

El desarrollo del proyecto presenta en el capítulo III en donde se presenta la propuesta a realizar, la forma y orden de seguimiento, en el capítulo IV se muestran los resultados obtenidos para saber si se logró el objetivo y la hipótesis establecida. Las conclusiones en el capítulo V, las competencias desarrolladas en el capítulo VI y las fuentes de información en el VII.

ÍNDICE GENERAL

PRELIMINARES	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I GENERALIDADES DE LA EMPRESA	11
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	12
1.1.1 Antecedentes de PLAMI	15
1.1.2 Localización PLAMI	17
1.1.2.1 Macrolocalización	17
1.1.2.2 Microlocalización	18
1.1.2.3 Ubicación	19
1.1.3 Identidad de PLAMI	21
1.1.3.1 Misión	21
1.1.3.2 Visión	21
1.1.3.3 Valores	21
1.1.3.4 Certificaciones	21
1.1.4 Estructura Organizacional	23
1.1.5 Datos de la Empresa	24
1.2 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	25
1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	27
1.4 OBJETIVOS	28
1.4.1 Objetivo General	28
1.4.2 Objetivos Específicos	28
1.5 JUSTIFICACIÓN	29
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	30
2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO	31
2.1.1 Historia y evolución del Mantenimiento	31
2.1.1.1 Primera Generación	31
2.1.1.2 Segunda Generación	32
2.1.1.3 Tercera Generación	32
2.1.1.4 Cuarta Generación	32

2.1.2 Tipos de Mantenimiento	33
2.1.2.1 Mantenimiento de Conservación	33
2.1.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	36
2.1.4 Los Pilares del TPM	38
2.1.4.1 Pilar 1: Mejora enfocada o Método Kaizen	38
2.1.4.2 Pilar 2: Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen	40
2.1.4.3 Pilar 3: Mantenimiento Programado (Keikaku Hozen)	42
2.1.4.4 Pilar 4: Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen.	42
2.1.4.5 Pilar 5: Prevención del Mantenimiento	42
2.1.4.6 Pilar 6: Mantenimiento a áreas soporte	43
2.1.4.7 Pilar 7: Polivalencia y desarrollo de actividades	43
2.1.4.8 Pilar 8: Seguridad y Entorno	43
2.1.5 Herramientas de Mantenimiento	44
2.1.5.1 Método Kaizen	44
2.1.5.2 Just in Time	44
2.1.6 SMED	44
2.1.6.1 Herramientas básicas a utilizar	45
2.1.6.2 Hoja de control	45
2.1.6.3 Histograma	45
2.1.6.4 Diagrama de Pareto	45
2.1.6.5 Diagrama de causa y efecto	45
2.1.6.6 Diagrama de correlación y dispersión	46
2.1.6.7 Gráficos de Control	46
2.1.6.8 Metodología de aplicación SMED	46
2.1.7 ¿Qué son los Plásticos?	47
2.1.7.1 ¿Cómo se producen los polímeros?	48
2.1.8 Clasificación de los Polímeros	48
2.1.9 Procesamiento de los Polímeros	49
2.1.9.1 Extrusión	50
2.1.9.2 Moldeo por soplado	50
2.1.9.3 Moldeo por inyección	50
2.1.9.4 Conformado al vacío	50

2.1.9.5 Calandreo	50
2.1.9.6 Hilado.....	51
2.1.9.7 Moldeo por compresión.....	51
2.1.9.8 Moldeo por transferencia	51
2.1.9.9 Colado.....	51
CAPÍTULO III DESARROLLO Y METODOLOGÍA	54
3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS	55
3.1.1 Departamentos y funciones realizadas en Plami	55
3.1.2 Estandarización de Tiempos para Mantenimiento Preventivo	64
.....	73
3.1.3 Planeación de Mantenimiento Preventivo	74
3.1.4 Asignación de actividades de Mantenimiento Preventivo de acuerdo a perfil y grado de dificultad.....	77
3.1.5 Caracterización y descripción de Refacciones.....	77
3.1.6 Calcular Unidades de Tiempo Referentes al tipo de reparación a través de una matriz de tiempo estándar.....	78
3.1.7 Conformación del Sistema Experto de Mantenimiento.....	79
3.2 ALCANCE Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	100
3.2.1 Alcance.....	100
3.2.2 Enfoque de la Investigación.....	106
3.2 HIPÓTESIS	107
3.3 DISEÑO Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	108
3.3.1 Métodos Mixtos en General	108
3.4 SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	110
3.4.1 Selección de Muestra Cualitativa	110
3.4.2 Selección de Muestra Cuantitativa	110
3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	116
3.5.1 Selección del Instrumento.....	116
3.5.2 Aplicación del Instrumento.....	117
3.5.3 Preparación de Datos.....	119
3.6 Análisis de Datos	120
3.6.1 Análisis de datos obtenidos	122
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	128

4.1 ACTIVIDADES REALIZADAS	129
4.2 ACTIVIDADES ALCANZADAS	135
4.3 PRUEBA Y COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	135
4.4 ACTIVIDADES SOCIALES	137
4.4.1 Plantar árboles	137
CAPÍTULO V CONCLUSIONES	138
5.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO	139
5.2 CONCLUSIONES RELATIVAS	139
5.3 LIMITACIONES DEL MODELO	140
5.4 RECOMENDACIONES	141
5.5 EXPERIENCIA	141
5.5.1 Experiencia Personal	141
5.5.2 Experiencia Profesional	141
CAPÍTULO VI COMPETENCIAS DESARROLLADAS	142
6.1 COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	143
6.1.1 Competencias genéricas	143
6.1.2 Competencias específicas	144
CAPÍTULO VII FUENTES DE INFORMACIÓN	145
7.1 FUENTES DE INFORMACIÓN	146
ÍNDICE FIGURAS	147
ÍNDICE DIAGRAMAS	150
ÍNDICE DE TABLAS	150
GRÁFICO	151

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

PLAMI es una empresa orgullosamente mexicana, líder en la fabricación de películas plásticas de PVC, PET y PE en Latinoamérica, cuenta con una amplia gama de soluciones para industrias farmacéuticas, alimenticias, empaques en general, mueblera, artes gráficas, construcción, sellado de alta frecuencia, etc.

Empresa con más de 50 años de experiencia dentro del mercado competitivo, siendo un proveedor importante de la industria, PLAMI cuenta con personal capacitado para brindar asesoría técnica a sus clientes durante sus procesos, el desarrollo de productos y la mejora de los existentes. Cuenta con equipos para producción por calandreo, extrusión, coextrusión, laminado e impresión. Tiene 8 puntos de venta que brindan servicio al territorio nacional, así como a Norte, Centro y Sudamérica con precios competitivos y con productos de calidad.

Presenta 3 instalaciones:

1. Naucalpan (Con una superficie de 16,000 m²)
2. Calpulalpan (Con una superficie de 27,000 m²)
3. Papalotla (Superficie de 60,000 m²)

Produce un total de 50,000 toneladas anuales.

Plami produce películas plásticas por los siguientes procesos:

- Calandreo: Película de PVC monocapa. Película de PVC bicapa laminada con PVdC o PE. Película de PVC trilingular laminada con PE y PVdC.
- Coextrusión rígida: Película de PET R monocapa. Película de PET A y PET G bicapa o tricapa.
- Coextrusión flexible: Película de HDPE para empaque flexible.

Actualmente PLAMI cuenta con una amplia cartera de productos de PVC y PET que comprende una gama completa de soluciones para industrias tales como:

FARMACÉUTICA

Películas de PVC termoformables diseñadas para empaques y acondicionamiento de productos farmacéuticos normales, fotosensibles e higroscópicos.

La clasificación farmacéutica se subdivide a su vez en:

- 1) Pharmaplami, mono película de material PVC rígido de color o transparente.
- 2) Pharmaplami HS, son blíster de empaques de medicamentos farmacéuticos.
- 3) Pharmaplami MPH, película dúplex de alta barrera para producir blíster de medicamentos higroscópicos.
- 4) Pharmaplami PVC/PE, película dúplex de alta barrera para producir blíster packs.

- 5) Pharmaplami PVC/PE/PVdC, película triplex transparente para producir blíster higroscópico.

ALIMENTARIA

Películas de PVC, PET y Coextruidas rígidas, semi-rígidas o flexibles de dos o más capas unidas por adhesivos, con o sin impresión para empaque, envasado, conservación y presentación de productos alimenticios.

Principales productos:

- 1) Food Plami o Alimentos Plami, película mono transparente y rígida de PVC.
- 2) Plami PET (Alta barrera), para producir envases blíster de alimentos primarios.
- 3) Plami PET (Mediana barrera), para producir envases blíster de alimentos sensibles a humedad.
- 4) Coextrusión, películas flexibles para producir envases que protejan de humedad y sellado al vacío.

EMPAQUE GENERAL

Películas de PVC y PET monocapa termoformables diseñadas para obtener empaques de uso general.

Principales productos:

- 1) Termoplami
- 2) Plami PET (R PET)
- 3) Plami PET (PET G)

MUEBLERA

Películas de PVC grabadas y estampadas en diseños maderas que imitan vetas reales con diferentes grados de espesor, ancho y rigidez para ser trabajados en canteadoras, prensas de membrana y laminadoras.

Principales productos:

- 1) Plami Maderas
- 2) Bandas para Cantos Plami

ARTES GRÁFICAS

Películas de PVC de primera calidad, ambas caras presentan un grabado homogéneo que facilita el anclaje y depósito de los diferentes tipos de tintas usadas en proceso de impresión (digital, offset seco/húmedo y serigrafía, solo o en combinación)

Principales productos:

- 1) Corestock
- 2) Overlay
- 3) PVC Rígido Cristal
- 4) Credit Card
- 5) Film Blanco

CONSTRUCCIÓN

Pisos de PVC de alta resistencia, diseñados para ser instalados en áreas de tráfico pesado. Aplicaciones de geomallas, geodrenes, geomembranas, geotextiles para la industria minera y petrolera.

Principales productos:

- 1) Pisos Plami
- 2) Geosintéticos

SELLADO DE ALTA FRECUENCIA

Películas de PVC flexibles o semi-flexibles con altas propiedades dieléctricas y mecánicas diseñadas para operar en equipos de sellado electrónico, impresión, grabados, costura recta y sistemas de transformación automático.

Principales productos:

- 1) PVC cristal flexible
- 2) PVC cristal semi-rígido
- 3) PVC grabado atóxico flexible
- 4) PVC grabado grado industrial

Actualmente PLAMI cuenta con dos plantas de producción de películas plásticas ubicada en Naucalpan, Papalotla y una planta de producto terminado ubicada en Calpulalpan, contando con un total de 10 líneas de producción y más de 50 equipos para imprimir, laminar, recubrir, cortar, hojear, etc.

1.1.1 Antecedentes de PLAMI

PLAMI S.A. de C.V. es una compañía mexicana fundada por el Sr, José Miguel Nader. El significado de su nombre es Plásticos Miguel, en la actualidad el dueño es el Ing. Javier Miguel Checa mismo que funge como Presidente y Director General.

Sus inicios se remontan en el año de 1954, misma en que se fundó la tienda de "Plásticos y Novedades", en la calle de Correo Mayor en el centro del D.F.

Inicialmente se comercializaban productos de cristal flexible, producidos por el método de extrusión, en donde se adicionó la venta de cordones y cintas; además de comercializar otras cintas plásticas importadas.

Ante las nuevas necesidades que surgen para el desarrollo y fluidez de la empresa, se funda en 1959, en la colonia Anáhuac la fábrica que llevaba por nombre PYN S.A. de C.V. o mejor conocido como Tienda de Plásticos y Novedades.

En 1961 se cambia de domicilio de forma definitiva, ubicándose ahora en el Fraccionamiento Industrial Alce Blanco en Naucalpan, en ese mismo año se instala la primera Calandria de procedencia alemana, llevando a cabo su instalación.

Se sigue fabricando cristal flexible por medio del proceso de extrusión, y a su vez se comenzó a importar resina para poder fabricar.

A mediados de los años setentas se instala la calandria 2, en donde se continuó fabricando material flexible y de línea.

Alrededor de los años de 1969 y 1970 se instala la calandria 3, en donde se inicia la producción de material rígido.

En 1971 se funda la Planta Calpulalpan en el estado de Tlaxcala, y en el mismo año se comienza a la venta de material rígido a la Industria Farmacéutica.

Entre los años de 1975 y 1976, comienza la venta de materiales dirigidos a la Industria Alimenticia.

En 1977, se suma su participación en la Industria del Mueble, principalmente en el mercado de los terminados de madera, tales como películas de madera y productos laminados, adquiriendo una estampadora italiana.

En 1982 se funda la Planta Papalotla en Tlaxcala, creada como Plano con 2 calandrias que son la 7 y 8. Una de esas dos calandrias, en específico la calandria 7 es originaria de Estados Unidos, la cual fue destinada para materiales flexibles y materiales gruesos de gran ancho.

En 1987 debido al éxito de venta, crecimiento y a la demanda de materiales rígidos se compra e instala la calandria 5 y 6.

El mayor éxito posterior a la instalación de éstas calandrias fue la compra y adquisición de una línea para aplicar PVDC al PVC atóxico con el fin de ofrecer a los laboratorios farmacéuticos un producto que le diera protección a los medicamentos higroscópicos ya que antes se habían producido materiales que daban protección a medicamentos fotosensibles.

En la actualidad Plami S.A. de C.V. es uno de los principales productores de películas de PVC en Latinoamérica. Posee tecnología para los procesos de Calandreo, extrusión, coextrusión, laminado e impresión.

Tiene tres plantas: Naucalpan, Papalotla y Calpulalpan, estas dos últimas, en el estado de Tlaxcala.

1.1.2 Localización PLAMI

1.1.2.1 Macrolocalización

PLAMI Papalotla se localiza en el estado de Tlaxcala, ocupa la posición número 29 de las 32 entidades federativas que conforman la República Mexicana. Su capital es Tlaxcala de Xicohtécatl. Está ubicado en la región este del país, limitando al norte con Hidalgo, al norte, y sur con Puebla y al oeste con el Estado de México. Con 1 342 977 habitantes en 2020 es el quinto estado menos poblado con una superficie de 4 060.923 km². Con coordenadas geográficas extremas al norte 19°44´, al sur 19°06´ de latitud norte; al este 97°38´, al norte 98° 43´ de longitud oeste. El 99.2 % de la superficie del estado presenta clima templado subhúmedo, el 0.6 % presenta clima seco y semiseco, localizado hacia la región este, el restante 0.2 % presenta clima frío, localizado en la cumbre de La Malinche. La temperatura media anual es de 14 °C. La temperatura máxima promedio es de alrededor de 25 °C y se presenta en los meses de abril y mayo. La temperatura mínima promedio es de 1.5 °C en el mes de enero. Véase la **Figura 1** para poder observar la ubicación del estado de Tlaxcala dentro de la República Mexicana.

Figura 1 Macrolocalización del Estado de Tlaxcala

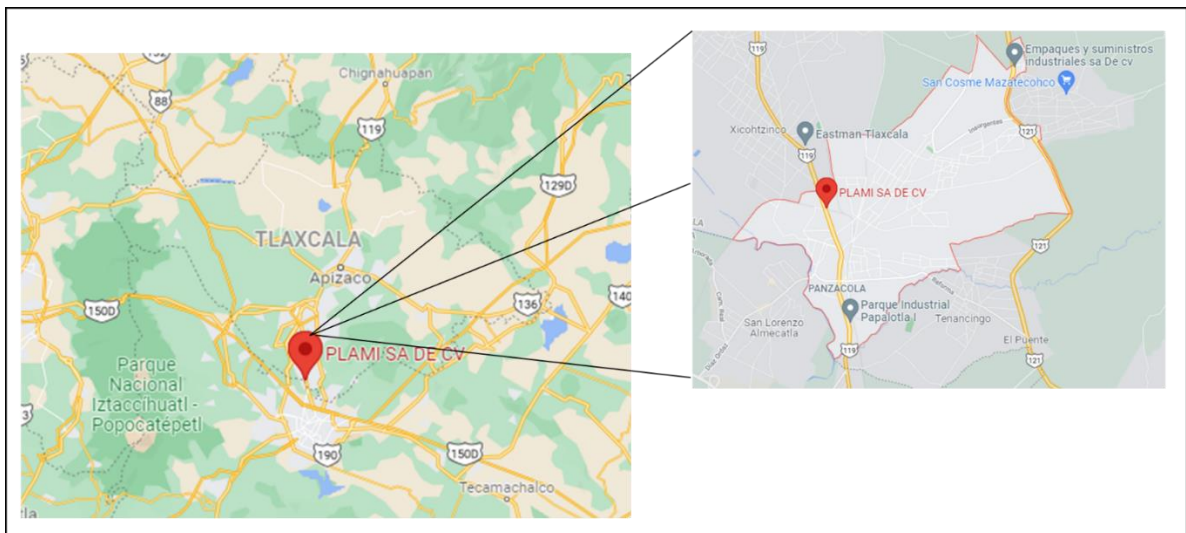


Fuente: Google (s.f.). [Fotografía del área territorial del estado de Puebla dentro de la República Mexicana]. Recuperado el 29 de agosto de 2021 de: <https://goo.gl/maps/NtHgHZqcv98hERqJ6>.

1.1.2.2 Microlocalización

Plami se encuentra localizado en el estado de Tlaxcala, en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, es un municipio mexicano del centro sur del estado de Tlaxcala conurbado a la ciudad de Puebla. Su cabecera municipal es la ciudad de Papalotla. Es parte de la zona metropolitana de Puebla-Tlaxcala. Ubicado en el Altiplano central mexicano a 2200 metros sobre el nivel del mar, el municipio de Papalotla de Xicohténcatl se sitúa en un eje de coordenadas geográficas entre los 19° 10 min latitud norte y 98° 12min longitud oeste. Localizado al sur del estado, el municipio de Xicohténcatl colinda al norte con el municipio de Quilehtla, al sur colinda con el estado de Puebla, al oriente se establecen linderos con los municipios de Tenancingo y Mazatecochco, asimismo al poniente colinda con los municipios de Xicohtzinco y Ayometla. Véase la **Figura 2** para poder observar la ubicación del municipio de Papalotla dentro del estado de Tlaxcala.

Figura 2 Microlocalización del municipio de Papalotla

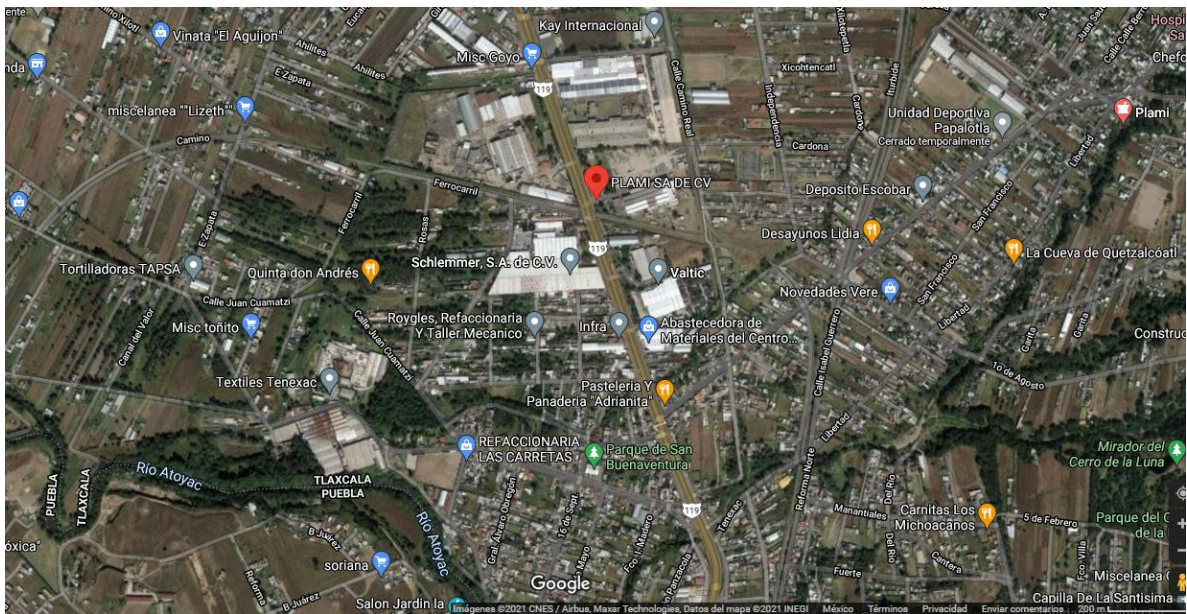


Fuente: Google (s.f.). [Fotografía del área territorial del municipio de Papalotla dentro del Estado de Tlaxcala]. Recuperado el 29 de agosto de 2021 de: <https://goo.gl/maps/Cr6S5yPyrrQnfVf18>

1.1.2.3 Ubicación

PLAMI S.A. de C.V. se encuentra ubicado en el municipio de Papalotla de Xicohtécatl, con dirección en Carretera Fed. Puebla Tlaxcala Km. 34.5 San Francisco Papalotla 90790 Papalotla, Tlaxcala. Véase la **Figura 3** para poder observar la vista satelital de la ubicación de PLAMI dentro del municipio de Papalotla, Tlaxcala y la **Figura 4** para observar las instalaciones de la empresa.

Figura 3 Vista satelital de PLAMI



**Fuente: Google (s.f.). [Fotografía satelital de PLAMI Papalotla dentro del Estado de Tlaxcala].
Recuperado el 29 de agosto de 2021 de: <https://goo.gl/maps/Cr6S5yPyrrQnfVf18>**

Figura 4 Instalaciones de PLAMI



Fuente: Propia, 2021.

1.1.3 Identidad de PLAMI

En Plami se caracteriza por ser una empresa que cuenta con la capacidad técnica y de fabricación para satisfacer las necesidades de la industria, que sabe escuchar, entender y entregar la mejor solución integral a sus clientes.

1.1.3.1 Misión

Satisfacer los requerimientos y expectativas del cliente, fomentando el desarrollo técnico y humano, para lograr la autorrealización del personal en conjunto con los objetivos de la empresa y de nuestros clientes, asumiendo siempre una actitud responsable con los accionistas, colaboradores, el medio ambiente y el entorno social.

1.1.3.2 Visión

Ser la empresa #1 en producción, venta y distribución de películas plásticas de PVC, PET y PE a nivel nacional e internacional a través de la mejora continua reflejada en cada uno de los procesos y acciones desarrolladas tanto individualmente como en equipo.

1.1.3.3 Valores

- Respeto, hacia nuestros clientes y colaboradores.
- Ética como fundamento de nuestras actividades.
- Actitud permanente de servicio.
- Trabajo en equipo.
- Integridad, pensamos, decidimos y hacemos lo correcto.
- Calidad e innovación en todos nuestros procesos, procedimientos y tecnologías.

1.1.3.4 Certificaciones

Sistema de Gestión de Calidad
Certificado ISO 9001: 2015
RSGC 880

Fabricación de películas atóxicas calandradas, cortadas u hojeadas de PVC (policloruro de vinilo) tipo rígidas con y sin recubrimiento de PVdC (cloruro de polivinilideno) y tipo flexibles, semirrígidas no atóxicas. Así como la fabricación de películas coextruídas de polietileno.

**Food Safety System Certification 22000
Certificate IND.19.3891U/1**

Manufacture of high density Polyethylene films for the primary food packaging.

**FDA
Drug Master File Number**

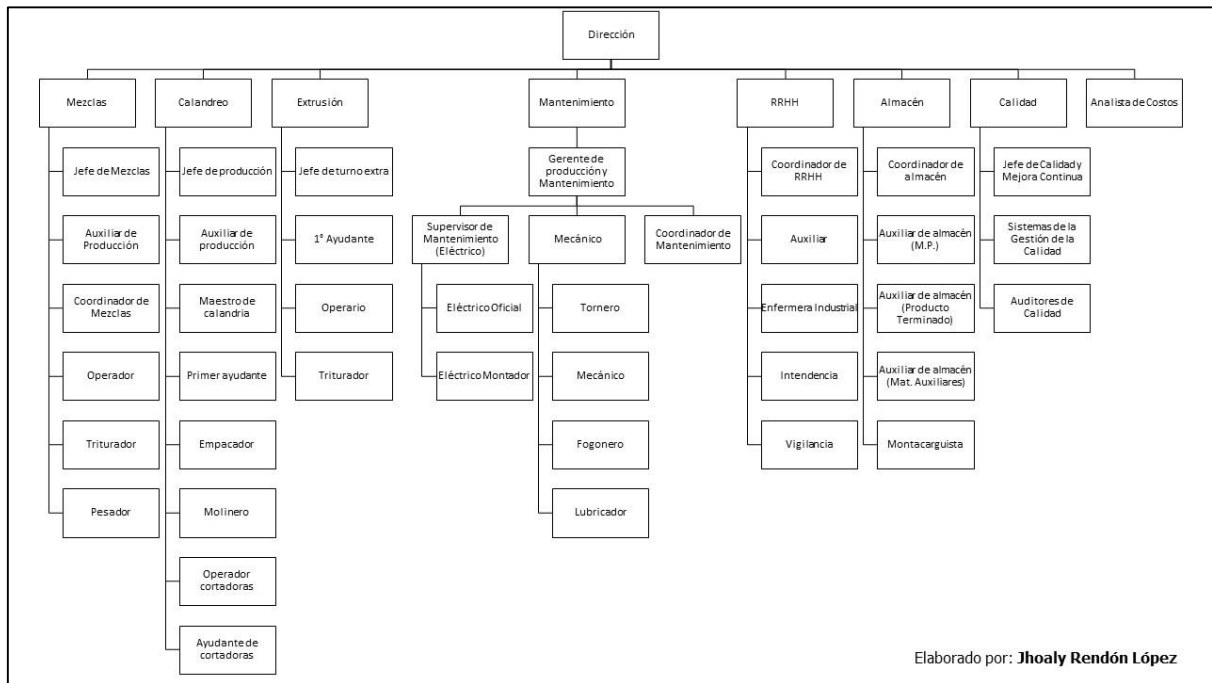
(DMF) #17508 por la FDA (EEUU)

Blister Films.

1.1.4 Estructura Organizacional

PLAMI Papalotla es una empresa líder en el mercado, que cuenta con personal capacitado para brindar asesoría de sus clientes durante sus procesos y el desarrollo de productos y la mejora de los existentes. La estructura organizacional se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5 Estructura organizacional de PLAMI



Fuente: Propia.

1.1.5 Datos de la Empresa

La empresa PLAMI, ubicada en Papalotla presenta los siguientes datos correspondientes a la empresa:

Tabla 1 Datos de Plami Papalotla

Giro	Secundario
Nombre de la empresa	PLAMI S.A. de C.V.
Razón social	PLAMI S.A. de C.V.
Dirección	KM. 34.5 Carretera Tlaxcala-Puebla
Comunidad	Papalotla
Municipio	Papalotla de Xicohténcatl
C.P.	90790
Teléfonos	2222810481
Página Web	www.plami.com.mx
Sector	Industria Manufacturera
Subsector	Industria del Plástico y Hule
Rama	Fabricación de Productos de Plástico
Tamaño de la empresa	Mediana

Fuente: Propia.

1.2 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Actualmente la Industria del Plástico es valorado uno de los sectores productivos, más integrales y versátiles de la actividad económica.

Está considerada como una de las actividades productivas de mayor dinamismo a nivel nacional e internacional. Su importancia destaca en que sus productos son materia prima o bienes intermedios o finales, que abastecen a otras industrias o brindan satisfacción al consumidor.

Los productos fabricados por PLAMI, están presentes en muchos envasados, empaques de artículos de uso diario.

Es una empresa líder en la fabricación de películas plásticas de PVC, PET y PE en Latinoamérica.

PLAMI S.A. de C.V. es una empresa con más de 50 años en el mercado, su capacidad instalada total es de 50,000 toneladas anuales y cuenta con 3 instalaciones, de acuerdo a la producción que tienen las plantas de Naucalpan cuenta con una superficie de 16,000 m², Calpulalpan con 27,000 m² y Tlaxcala, ubicada en Papalotla, tiene una superficie de 60,000 m². Siendo esta última la de mayor superficie.

En Plami Papalotla únicamente se cuentan con tres máquinas que son: Extrusión, Calandria 7 y Calandria 8.

Aquí se elaboran productos flexibles, semiflexibles y rígidos por medio de calandreo, coextrusión rígida y coextrusión flexible.

Para dar mantenimiento a estas tres líneas de producción, se encuentran el departamento de mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico, departamento de Coordinación de Mantenimiento y el Gerente de Producción y Mantenimiento, un equipo de trabajo encargado del buen funcionamiento y desempeño de las máquinas.

De acuerdo a tablas y gráficos presentados por Dirección de operaciones sobre las horas de tiempo muerto por mantenimiento de los años 2018, 2019, 2020 y 2021; se ha podido realizar una comparativa mensual de cada máquina. Lo alarmante han sido los resultados obtenidos.

El área de extrusión trabaja con el equipo de marca alemana Reifenhäuser, considerando que de las 3 ésta es la de menor antigüedad, pero en el mes de septiembre ha sido la que mayor número de horas muertas por mantenimiento ha tenido.

De acuerdo a información registrada en el mes de septiembre de 2021 el área de extrusión presento 158.75 hrs de tiempo muerto por mantenimiento; en el mismo mes, pero del año 2020 se registraron 28.50 hrs; en el 2019 se registraron 17.92 hrs por mantenimiento y en el año 2018 fueron 53.33 hrs. Por lo que resulta totalmente alarmante para la empresa, pues estamos hablando de 6.61 días sin producir, mantenimientos correctivos que están afectado los volúmenes de producción.

Los departamentos de mantenimiento, así como también el almacén de refacciones, no cuenta con stock de piezas para realizar las reparaciones, y las compras de éstas pueden alargarse de 2 a 5 días o en caso de equipos de mayores, de 9 a 15 semanas, por mencionar algunos casos.

En el mes de agosto de 2021 se registraron 11 hrs por mantenimiento; en el año 2020 se registraron 21.08 hrs; 61.75 hrs en el año 2019 y 9.42 hrs en el año 2018.

Las horas muertas por mantenimiento del mes de enero al mes de septiembre del 2021 han sido de 360.75 hrs, aproximadamente 15 días no productivos; en el año 2020 fueron 263.15 hrs, en 2019 319.99 y en 2018 se registraron 1455.18 horas.

Estas horas muertas han tenido como consecuencias las entregas se han visto retrasadas, los clientes insatisfechos, ocasionando falta de credibilidad a la empresa y posible pérdida de clientes.

1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la pérdida monetaria de PLAMI Papalotla por la improductividad y el tiempo muerto de sus líneas de producción?
2. ¿PLAMI ha tenido incumplimiento de órdenes de producción?
3. ¿Qué medidas ha tomado PLAMI Papalotla para poder reducir sus tiempos muertos en las líneas de producción?
4. ¿Cuál es la línea de producción que más mantenimiento ha requerido en el transcurso del año 2021?
5. ¿Cuál es la meta promedio anual de producción que tiene PLAMI Papalotla?
6. ¿Cómo es la planeación y coordinación de Mantenimiento en la empresa PLAMI Papalotla?
7. ¿Cómo es el seguimiento para calibración de quipos de medición de la empresa?
8. ¿El tiempo muerto de las líneas de producción ha sido consecuencia del departamento de mantenimiento?
9. ¿Las requisiciones de compras de refacciones o contratación de servicios han provocado retraso e improductividad en producción por mala organización y programación de tiempo?
10. ¿De qué forma impacta los Sistemas de Gestión de la Calidad en el departamento de Mantenimiento?
11. ¿Con qué departamentos se ve involucrado mantenimiento, para poder dar seguimiento a los problemas suscitados en las líneas de producción?
12. ¿Cómo se mide la efectividad de las actividades de Mantenimiento a las líneas de producción e instalaciones?
13. ¿Se cuenta con almacén de refacciones y con un buen registro de éste para abastecer al departamento de mantenimiento?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema experto de gestión de mantenimiento mecánico y administración de refacciones de manera digital para planear y organizar acciones preventivas, correctivas y predictivas teniendo un registro exacto de la disponibilidad de piezas consumibles e intercambiables para la máquina Reifenhäuser.

“Diseño de un Sistema de mantenimiento para la línea de Extrusión de la máquina Reifenhäuser de la empresa PLAMI S.A. de C.V.”

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conocer las diferentes áreas que conforman la empresa PLAMI Papalotla.
- Conocer las actividades que realiza cada departamento.
- Conocer el sistema de producción de la empresa PLAMI por medio de diagramas de flujo.
- Conocer las principales funciones del departamento de mantenimiento.
- Disminuir el tiempo muerto de las reparaciones de la máquina Reifenhäuser por mantenimiento a través de estandarización de tiempos.
- Asignar la realización de mantenimiento preventivo con base en programa de producción e historial de funcionamiento.
- Establecer el número de personas para realizar reparación acorde al grado de dificultad de la actividad de mantenimiento.
- Establecer el cambio de refacciones por medio del tiempo de funcionamiento y vida útil.
- Calcular Unidades de tiempo referentes al tipo de reparación a través de una matriz de tiempo estándar.
- Conformar sistema experto de mantenimiento
- Realizar el mantenimiento preventivo recomendado por el Sistema experto.

1.5 JUSTIFICACIÓN

PLAMI es una empresa que se caracteriza por tener 3 líneas de producción en las que destaca extrusión, calandra 7 y calandra 8, es por ello que por medio de diagrama de operaciones se puede documentar y conocer los procesos de producción. También es importante conocer las funciones que desempeña cada departamento, así como las actividades que realizan, permitiendo así delimitar las responsabilidades de cada departamento.

Una vez que se conoce el proceso de producción, puede darse seguimiento ahora al control de producción, es decir por medio de un control de piso llevar un concentrado de la producción diaria, el desperdicio, la tira y el rollo, para tener de comparativo estos datos para los próximos meses o años, el consumo de materiales, las producciones por turnos, el control de materia prima que utilizaron y el tiempo muerto obtenido, así como también las causas que lo provocaron.

El dar seguimiento a las órdenes de producción resultan de gran apoyo para priorizar los pedidos, logrando con ello, ajustar los tiempos y determinar en qué momento se pueden realizar mantenimiento a los equipos que normalmente no tienen paros.

El llevar un tabular de la minuta de tiempos muertos de cada línea de producción, permite monitorear cuales incidentes han sido repetitivos y en qué tiempo se han presentado, para poder así actuar y resolver fallas mecánicas o eléctricas según sea el caso.

Una vez que se tiene un control y supervisión de los tiempos muertos de cada línea se puede determinar y realizar un programa de mantenimiento preventivo o correctivo.

No solo el departamento de mantenimiento y los talleres mecánico y eléctrico tiene la responsabilidad de llevar un correcto programa, sino también dirección de operaciones, ya que es el departamento que autoriza las compras. Es importante mencionar que cuando el gasto se convierte en gasto amortizable y PLAMI Naucalpan se convierte directamente en el responsable de realizar el alta de insumos en el tiempo que PLAMI Papalotla lo requiera. La coordinación entre ambas plantas es de gran importancia, pues si algún departamento no realiza sus respectivas funciones se altera el proceso, se retrasa la compra, se retrasa la llegada de las refacciones, insumos o servicios y no se procede a dar el debido mantenimiento a los equipos.

Este tipo de situaciones pueden generar el paro de alguna línea de producción, el incumplimiento del pedido y la pérdida del cliente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.1 Historia y evolución del Mantenimiento

Al hablar de mantenimiento, hacemos referencia a todas aquellas actividades que tienen como fin preservar un equipo o restaurarlo, para que éste pueda conservarse en un buen estado y cumplir las funciones para las que fue diseñado.

Para Adolfo Crespo Márquez y Carlos Alberto Parra Márquez (2012) en su obra "Ingeniería de Mantenimiento" define al mantenimiento como:

Elemento fundamental para elevar la competitividad industrial, se ha reorientado como una sofisticada disciplina que integra técnicas de gestión, organización y aplicación, dejando de ser una actividad reactiva para convertirse en una concepción con carácter proactivo debido a que los paros imprevistos son cada vez más costosos con una considerable dosis de quebranto de credibilidad que se refleja en pérdida de mercado.¹

Lo que Adolfo Crespo Márquez trata de definir es que el mantenimiento industrial, es necesario en todo tipo de empresas sin importar el giro o las máquinas con las que trabaje. Los mantenimientos pueden ser diferentes de efectuar, pero siempre serán necesarios para garantizar el funcionamiento de los equipos y tener producciones.

Los orígenes del mantenimiento se remontan desde que el hombre, en su afán de satisfacer sus necesidades básicas de alimento y vestido, crea herramientas para cazar, pescar o recolectar frutos, éstas herramientas tenían fallos razón por la cual se fueron innovando y perfeccionando. Cada día se mejoraba y se sofisticaban más las herramientas hasta que se fueron convirtiendo en máquinas.

Una de las etapas más significativas es sin duda alguna la Revolución Industrial, ya que marca el inicio de la industrialización y el surgimiento de grandes marcas que hasta el día de hoy se encuentra activas. Los fallos en herramientas y equipos estuvieron presentes, históricamente se ha dividido en las siguientes generaciones:

2.1.1.1 Primera Generación

La primera generación se desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial, la industria era poco mecanizada, razón por la cual no fue tan crítico e innecesario la prevención de fallos en máquinas, considerando que las máquinas eran totalmente diferentes a las actuales y con tamaños significativos.

El mejoramiento de las máquinas condujo a que se crearan líneas de producción, en donde se procedió a separar las operaciones, formándose talleres de mantenimiento

¹ Torres (2005), Parra Márquez y Crespo Márquez (2012).

en donde el personal se capacitaba para reparar equipos, efectuar revisiones periódicas y realizar desengrasas, reaprietes, limpieza y lubricaciones. Durante esta etapa, sólo se realizaban mantenimientos correctivos.

2.1.1.2 Segunda Generación

Fue durante la Segunda Guerra Mundial, donde aumentó la demanda de productos de toda clase, la mano de obra industrial bajó significativamente. Llevando a la necesidad de aumentar la mecanización de forma de producir. En 1950 ya se contaban con una amplia gama de máquinas dirigidas a diferentes procesos, cada vez más complejas, la Industria depende de máquinas para producir sus bienes.

Se analizó el impacto del tiempo improductivo de las máquinas, llegando a la respuesta que se podían prevenir algunas fallas sin que se afectara la producción, es así como surge el "Mantenimiento Preventivo".

Los exhaustivos costos por trabajos de Mantenimiento y refaccionamiento comenzaron a elevarse casi a la par con los costes de insumos y materias primas, por lo que se implementaron sistemas de control y planificaciones de mantenimiento para llevar control.

Para poder controlar el aumento de los costos por mantenimiento y planificar las revisiones, se implementaron sistemas de control y planificación de mantenimiento. El objetivo era tener mayor disponibilidad de las líneas, mayor tiempo de vida y conservación de los equipos a un bajo costo. La planificación del mantenimiento, los sistemas de control de éstos y la incorporación de nuevas tecnologías marcan este comienzo.

2.1.1.3 Tercera Generación

Alrededor de los años 70's, la industria evoluciona, surgen nuevas expectativas, necesidades, nuevas tecnologías y técnicas de producción, así como filosofías para lograr un éxito empresarial. El proceso de producción artesanal se transforma al Industrializado.

Durante esta etapa se esperaba tener mayor fiabilidad y disponibilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al Medio Ambiente, mayor vida de los equipos y eficiencia en costos. En esta etapa surge la difusión del uso de las tecnologías de la información, se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM), se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO), que más adelante se definirá.

2.1.1.4 Cuarta Generación

La cuarta Generación del mantenimiento nace en los 90's, su objetivo era buscar el desarrollo de métodos de trabajo más eficaces con una alta competitividad.

Su enfoque se centraba en la reducción de fallos utilizando técnicas proactivas, ya no solo se busca eliminar las consecuencias de fallo, sino también encontrar las causas para poder eliminarlo y evitar que se volvieran constantes. Se buscó tener mayor disponibilidad, fiabilidad, seguridad, calidad del producto, mayor vida de los equipos, sin olvidar la eliminación o reducción de fallas.

2.1.2 Tipos de Mantenimiento

Al día de hoy, se han desarrollado una gran variedad de filosofías y sistemas, que han sido de gran importancia por las experiencias y resultados obtenidos a través de los sistemas tradicionales.

Para Alberto Mora Gutiérrez (2012), en su obra "Mantenimiento Industrial Efectivo" define la importancia de los tipos de Mantenimiento como:

La selección e implementación de sistemas de mantenimiento más efectivos en las organizaciones, se convierte en la base para la aplicación de nivel táctico u operativo de las políticas o tipo de mantenimiento más adecuadas.

²

De acuerdo a lo citado por el autor Alberto Mora, se puede concluir que debe de seleccionarse el tipo de mantenimiento que vaya acorde a las necesidades o a la forma de trabajo de la empresa, a continuación, se presenta la clasificación de los tipos de mantenimiento se basa en función de si es un mantenimiento de conservación o de actualización:

2.1.2.1 Mantenimiento de Conservación

El mantenimiento de conservación está destinado a equilibrar el deterioro de equipos por uso a las condiciones físicas y químicas a las que se encuentra expuesto. Éste puede diferenciarse en:

2.1.2.1.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento más conocido es el correctivo, como su nombre lo indica, se encarga de corregir los defectos y fallas que presentan los equipos. No se requiere una planificación para realizarlos, sólo se procede a la reparación del equipo o maquinaria, pausando la producción y generando tiempo muerto por actividades de mantenimiento.

Para Polo Salgado (2012) "Tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo" define lo siguiente:

Siempre va a existir el mantenimiento correctivo, ya que siempre aparecerán averías de manera imprevista, un modelo que esta 100% orientado a evitar

² Mora Gutiérrez (2012) Mantenimiento Industrial Efectivo.

los desperfectos tendrá muchos problemas cuando las fallas aparezcan y no puedan ser solucionadas rápidamente.³

Polo Salgado destaca que en cualquier empresa y así se tenga una buena organización de mantenimientos preventivos, siempre va a existir el mantenimiento correctivo, ya que recordemos que todos los equipos y refacciones de éstos tienen un tiempo de vida útil, y suele existir una holgura de tiempo mayor o menor.

Entre las ventajas que tiene el mantenimiento correctivo destaca que no se crean gastos fijos y no se programan las actividades. Las desventajas son el tiempo de reparación, el refaccionamiento en donde se extienda el tiempo de entrega, los fallos inesperados que puedan provocar un paro total en la línea y los altos costos para lograr efectuar las reparaciones.

2.1.2.1.2 Mantenimiento Preventivo

Su objetivo es conocer y mantener informado del estado y operatividad de las instalaciones mediante conocimiento de los valores de determinadas variables. Normalmente este mantenimiento destaca variables físicas (temperatura, vibraciones, consumo de energía), cualquier anomalía encontrada es una señal de alerta para prevenir un paro de línea y evitar un mantenimiento correctivo.

El éxito del mantenimiento preventivo destaca del tiempo destinado para la inspección, el equilibrio será la solución entre el valor económico y el valor de fallos imprevistos.

Carrasco (2015) en su obra "Mantenimiento Preventivo y Correctivo" define al mantenimiento Preventivo como:

Conjunto de tareas planificadas que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas como fallas potenciales. Siendo diferente a un mantenimiento de reparación, el cual se considera como el remplazo, renovación o reparación general del o de los componentes de un equipo para que continúe la función para la que fue creado.⁴

Como menciona Carrasco, éste mantenimiento corrige la falla reemplazando los componentes por el daño ya generado que muchas veces no es reparable sino sustituible mientras que el preventivo si puede ser reparable o puede preservar la duración. El mantenimiento preventivo tiene como ventajas minimizar la probabilidad de paros inesperados, la reducción de costos por reparaciones, seguridad al operar los equipos y mayor prolongación de vida útil en los equipos. Entre las desventajas destaca que las inspecciones deben de programarse de forma periódica.

³ Polo Salgado (2012) Tipo de Mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo.

⁴ Carrasco G. (2015) Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

2.1.2.1.3 Mantenimiento Predictivo

Es también conocido como “Mantenimiento basado en Condición”, su objetivo es determinar la condición técnica, mecánica o eléctrica de la máquina durante su desempeño y funcionamiento.

El mantenimiento predictivo busca tomar medidas antes de que surja la avería, teniendo conocimiento anticipado del estado en el que se encuentra el equipo y monitoreo de parámetros establecidos, en donde al momento de notar alguna inconsistencia o un valor lejos de lo permitido proceda a tomar acciones.

Parra Márquez y Crespo Martínez (2012) en su obra “Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la gestión de activos” definen lo siguiente:

La necesidad de atenuar las ventajas del mantenimiento preventivo es una de las causas que provocan el surgimiento de este tipo de mantenimiento, pues al verificar la condición de los equipos con la ayuda de mediciones periódicas, va un poco más allá dando origen al Mantenimiento basado en la condición (MBC) o Condition Based Maintenance (CBM).⁵

Este mantenimiento permite tener en constante vigilancia y dar seguimiento del estado actual de la máquina, en donde por medio de lecturas y monitoreos periódicos se logre captar cada señal que altere los límites permitidos.

Para Amaris Arias (2006) en su obra “Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia”, define al Mantenimiento predictivo como:

El mantenimiento predictivo consiste en anticiparse a la ocurrencia de fallas, las herramientas que se usan para tal fin son sofisticadas, se consideran para máquinas de alto costo que formen parte de un proceso vital.⁶

Jácome, L. (2008) en su obra “Ingeniería de Mantenimiento” argumenta lo siguiente:

Las técnicas no destructivas más habituales para mantenimiento predictivo son monitoreo de vibración, parámetro de termografía, tribología, ferrografías/hierrografías, parámetros de proceso, inspección visual, etc.⁷

Los autores Amaris y Jácome tienen definiciones similares ya que éste tipo de mantenimiento requiere de técnicas anticipadas, que permitan monitorear los equipos, por medio de monitoreo a través de los sentidos del hombre.

⁵ Parra Márquez, C.A. & Crespo Martínez, A. (2012) Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad en la Gestión de activos.

⁶ Amaris Arias, J (2012) Modelo de Gestión de Mantenimiento hacia la excelencia.

⁷ Jácome, L. (2008) Ingeniería de Mantenimiento, EPN: Folleto de clases Ingeniería de Mantenimiento. EPM.FIM. pág.32.

2.1.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es un sistema de origen japonés que fue desarrollado bajo el concepto de "Mantenimiento Preventivo" creado en la Industria Estadounidense, pero que sigue siendo una de las filosofías más importantes a nivel industrial.

La definición que presenta el JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) define y la desarrolla como metodología de la siguiente forma:

"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. ⁸

Podemos concluir que el TPM es una estrategia para responder a la demanda de un mercado competitivo en costo y calidad, naciendo como una necesidad para mejorar la calidad de los productos y servicios. Asumiendo el reto de cero fallos, cero incidentes, cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso, logrando reducir costos y stocks intermedios y finales, mejorando la productividad.

Para Seiichi Nakajima, el precursor más importante del TPM en Japón y a nivel mundial (1991) lo define de la siguiente manera:

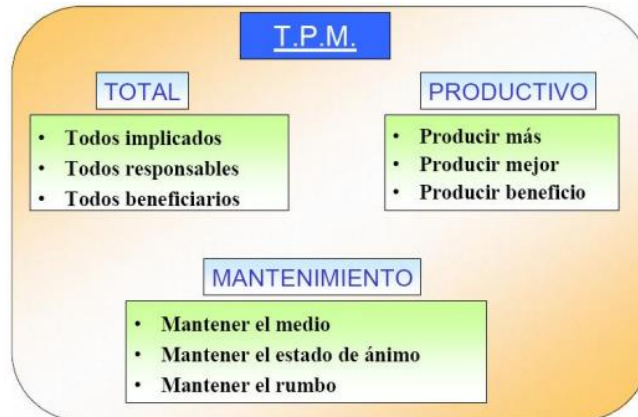
"La innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo. Mediante sus máquinas en buen estado de funcionamiento se desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que se ocasionen averías"⁹

En la presente **Figura 6** véase el significado de TPM.

⁸ Álvarez Laverde, Humberto (2008) ¿Realmente que es TPM? Pág.38

⁹ Nakajima, Seiichi. (1991) Programa de desarrollo del TPM Pág. 6-7.

Figura 6 Significado de TPM

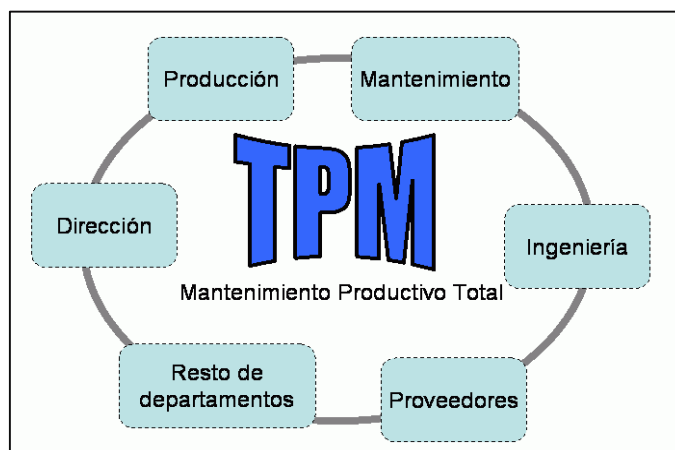


Fuente: Google (s.f.). [Instituto Tecnológico de Castilla de León]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de: <https://images.app.goo.gl/SrocZXAALosyMLJb7>.

En base a la definición dada por Seiichi Nakajima y a la figura citada anteriormente, se puede argumentar que el TPM relaciona todas las áreas productivas de una empresa con el objetivo de generar un beneficio dentro del sistema por medio de las actividades de mantenimiento y que para lograrlo debe de existir una buena comunicación y coordinación entre el departamento de producción y el departamento de mantenimiento.

El TPM vincula a los trabajadores, las máquinas y las empresas, busca preservar los intereses de la empresa y su conservación fijándose políticas, misión y visión relacionada al servicio y calidad que desean lograr. Para evitar todo tipo de pérdidas durante su proceso se involucrando a todos los departamentos y personal para lograr su eficacia, véase la **Figura 7**.

Figura 7 Departamentos que engloba el TPM



Fuente: Google (s.f.). [Gráfico Ilustrativo de los departamentos que conforman el Mantenimiento Productivo Total]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de: <https://images.app.goo.gl/sYSvREmRtQTfzDX6>.

Para Torres, L. (2005) en su obra "Mantenimiento", define lo siguiente:

"El alcance de esta filosofía de mantenimiento ha venido evolucionando desde la década de los setenta, hasta considerarse actualmente como un sistema de innovación empresarial, sobresaliendo de los modelos de mejoramiento industrial del siglo pasado, es la combinación de las actividades de mantenimiento preventivo y la filosofía de gestión total de la calidad para crear un TPM".¹⁰

La definición de Torres L. menciona lo ya citado con anterioridad, ya que el mantenimiento surge como necesidad para mejorar el funcionamiento y desempeño de las máquinas, filosofía que con el paso de los años evolucionó al Mantenimiento Productivo Total, en donde no solo se involucraba al departamento mecánico o eléctrico, sino a los departamentos de producción y dirección de operaciones.

2.1.4 Los Pilares del TPM

Los pilares del TPM son significativos e importantes, son de apoyo para la construcción de los sistemas de producción establecidos. Propuestos por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas JIPM, que surgen a partir de muchos años de investigación y análisis en el área de Mantenimiento.

2.1.4.1 Pilar 1: Mejora enfocada o Método Kaizen

El primer pilar tiene la intervención de las diferentes áreas comprometidas en los procesos de producción, su objetivo destaca en aumentar la efectividad de los equipos, procesos y plantas, su meta principal es la eliminación de las pérdidas que se presentan en la Industria (tiempo muerto, reproceso, cuellos de botella, etc.)

El TMP ayuda en la eliminación o reducción de las averías que se presentan en los equipos. Este procedimiento busca mejorar apoyándose de acciones presentadas en el Ciclo Deming o PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar).

El primer Pilar tiene como propósito que todos los colaboradores se involucren en la realización de actividades de mantenimiento, aplicando los siguientes siete pasos de mejora aplicada:

1) Selección de tema de estudio

Se establece la selección del tema a partir de los siguientes criterios que se presentan:

- Objetivos que sean superiores de la dirección industrial.
- Posibilidades aplicación en otras áreas productivas de la planta.

¹⁰ Torres, L. (2005) Mantenimiento. Su implementación y Gestión.

- Relación con otros procesos de mejora continua, con los que trabaje la empresa.
- Problemas de calidad y entregas al cliente.
- Criterios organizativos.
- Mejoras significativas para construir capacidades competitivas desde la planta.
- Contexto innovador.

2) Crear la estructura para el proyecto

En el segundo paso, se crea una estructura de equipo y se encuentran presentes todo el personal de las diferentes áreas que conforma la plantilla de la empresa. Sin duda alguna, la clave del éxito es el trabajo en equipo y la correcta organización.

3) Identificar la situación actual y formular objetivos

El tercer punto se encarga de identificar los principales fallos, reparaciones o averías, así como también las pérdidas de calidad, energía, tiempos de operación y análisis de la capacidad del proceso. Una vez establecidos los problemas y pérdidas se formulan objetivos medibles numéricamente para realizar las de mayor importancia.

4) Diagnóstico del problema

Cuarto punto, da un diagnóstico del problema al aplicar las técnicas de estudios de problemas. Las técnicas más factibles son las que provienen del campo de la calidad, debido a la facilidad de su aplicación y por la involucración del personal activo.

5) Formular plan de acción

Cuando ya se tienen investigadas todas las posibles causas de los problemas se establece un plan de acción para erradicarlas y puedan efectuarse las tareas y actividades necesarias para lograr los objetivos fijados.

6) Implantar mejoras

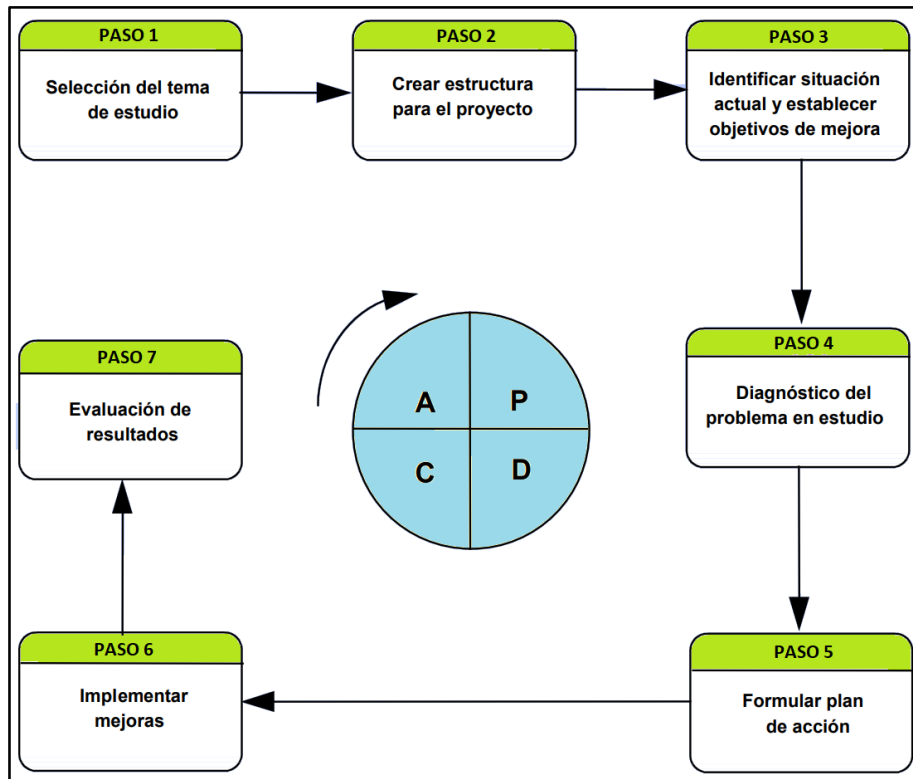
En este punto se implementan las acciones establecidas con participación de todo el personal. Estas mejoras no se imponen, sino todo lo contrario se realizan con la participación activa de los colaboradores, ya que estos son los que realmente conocen bien las circunstancias del proceso.

7) Evaluar los resultados

Se evalúan los resultados obtenidos durante todo el proceso y que fueron publicados y dados a conocer a los colaboradores para que sea más fácil la identificación de los logros obtenidos durante la implementación.

Véase la **Figura 8** en donde se ilustran los puntos mencionados.

Figura 8 Proceso Kobetsu Kaizen



Fuente: Google (s.f.). [Gráfico de las Mejoras Enfocadas]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de: <https://images.app.goo.gl/Li132vPzVpBHAFct6>.

La imagen anterior ilustra los 7 pasos que involucran el Ciclo Deming para llevarlo a la práctica.

2.1.4.2 Pilar 2: Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen

El propósito del mantenimiento autónomo es preservar el cuidado de los equipos por medio de una formación y preparación, respetando las condiciones en las que se operan las líneas, conservando las áreas de trabajo limpias, sin contaminación y desorden. Se apoya de la aplicación previa de las 5´S.

El mantenimiento autónomo se sustenta del conocimiento que los operadores tienen para controlar las condiciones del equipo, aspectos operativos ocurrientes, cuidados que deben considerarse, conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores entienden la importancia de la conservación y de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más sofisticadas.

Existen tres etapas de desarrollo que se pretenden alcanzar como se presenta a continuación:

- Mejora en las habilidades y capacidades de los operarios.
- Mejorar la efectividad de los equipos.
- Mejorar el funcionamiento de la organización.

En la **Tabla 2** se ilustra los 5 pasos a seguir para la realización de un mantenimiento autónomo.

Tabla 2 Pasos del Mantenimiento Autónomo

PASOS	HERRAMIENTA DE 5´S APLICADA	DEFINICIÓN
Limpieza inicial	SEISO (LIMPIAR)	Limpieza del área de trabajo realizada por cada operario.
Eliminación de fuentes de contaminación		El operario propone medidas para combatir las causas de la generación de desorden, suciedad, desajuste, etc.
Estándares de limpieza y lubricación	SEISO (LIMPIAR) Y SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	Estandarizar los primeros pasos, el operario debe de determinar por sí mismo lo que tiene que realizar.
Inspección general	SEIKETZU (ESTANDARIZAR)	Revisión de fallas por inspección general del equipo. Los operarios más experimentados deben enseñar a los de menor experiencia.
Inspección autónoma		Comparar y evaluar los pasos anteriores, realización de un manual de inspección autónoma.
Organización y ordenamiento	SEIRI (CLASIFICAR) Y SEITON (ORDENAR)	Clasificar, seleccionar y ordenar el área de trabajo por parte de los operarios. Los líderes y directores hacen una evaluación a los operarios .
Implementación total	SEIKETSU (ESTANDARIZAR) Y SHITSUKE (DISCIPLINA)	Organizar la información para describir las condiciones óptimas y mantenerlas.

Fuente: Google (s.f.). [Implementación de Mantenimiento Autónomo]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de: <https://images.app.goo.gl/ears9G6JUWAkqoGcA>.

2.1.4.3 Pilar 3: Mantenimiento Programado (Keikaku Hozen)

Es también llamado mantenimiento programado o preventivo, este pilar tiene como objetivo mejorar la eficacia del sistema de mantenimiento, erradicando o disminuyendo los problemas de los equipos a través de acciones preventivas o predictivas, para poder llevarlo a la práctica con éxito se apoya de los siguientes pasos:

1. **Identificar el estado de los equipos:** Se analizan los problemas que presenta por medio de una inspección.
2. **Eliminar deterioro y mejorar el equipo:** Una vez identificado el deterioro se busca eliminar y tomar medidas preventivas para su conservación.
3. **Mejorar el sistema de información:** Por medio de este sistema se tendrá un mejor control para reducir el riesgo de fallas o paros en línea.
4. **Mejorar el sistema de mantenimiento periódico:** Se programan fechas para efectuar revisiones y cambios de componentes o efectuar mantenimientos preventivos.
5. **Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo:** El desarrollo de este sistema busca introducir tecnologías que respalden la realización de mantenimientos predictivos para tener una mejor planeación, organización y garantizar una mejor calidad de trabajo.
6. **Desarrollo superior del sistema de mantenimiento:** Los procesos Kaizen se desarrollan en los sistemas de mantenimiento establecidos anteriormente y se evalúan los resultados obtenidos de los indicadores.

2.1.4.4 Pilar 4: Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen.

El TPM tiene como propósito mejorar la calidad de los productos, logrando una reducción de la variabilidad controlada en las condiciones de los componentes y equipos que impactan en la calidad de los productos. En la industria es muy común encontrar problemas o fallas en los equipos, que impactan directamente en los resultados de la producción y la presentación de los productos, ocasionando pérdidas pues no se cumplen con las especificaciones solicitadas.

Las acciones que deben de realizarse para poder conseguir el cumplimiento de estas, están orientadas en el cumplimiento de acciones de mantenimiento orientadas al cuidado y preservación de los equipos para prevenir defectos de calidad que se encuentran dentro de los estándares técnicos, en donde se puedan monitorear las variaciones existentes en los equipos y tomar acciones anticipadas e identificar los equipos con mayor número de incidencias y tomar acciones.

2.1.4.5 Pilar 5: Prevención del Mantenimiento

La prevención del mantenimiento centra sus actividades en mejorar la realización, diseño de construcción y el punto de los equipos como se desarrollan. Las empresas buscan siempre adquirir nuevos equipos con el fin de mejorar la calidad de la

producción o de mejorar un sistema de producción logrando reducir costo, esfuerzo, tiempo, etc.

Las técnicas de prevención de mantenimiento se basan a partir de la teoría de la fiabilidad, para contar con buenas bases de datos sobre la frecuencia de averías y reparaciones.

2.1.4.6 Pilar 6: Mantenimiento a áreas soporte

Éste pilar tiene por objetivo que la gerencia sea participe de las mejoras en todos los departamentos que conforman la empresa y no sólo enfocarse en las áreas de producción de la planta. Buscando fortalecer todos los departamentos operativos y lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena productiva y las actividades de soporte.

En estos departamentos las siglas del TPM como se definió en la **fig. 6 Significado de TPM**

2.1.4.7 Pilar 7: Polivalencia y desarrollo de actividades

La polivalencia y el desarrollo de las actividades tienen que ver con la forma de interpretar y de actuar conforme a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. El conocimiento es adquirido con el tiempo a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario.

El TPM, lo conforma el personal que ha desarrollado habilidades y que ha logrado un desempeño de identificación y detección de los problemas que presentan los equipos, los conocimientos adquiridos los transmitirá a los demás grupos de trabajo y compartirá en todas las áreas involucradas.

2.1.4.8 Pilar 8: Seguridad y Entorno

“Cero accidentes” y “cero contaminaciones” es su objetivo principal, en donde se crean ambientes seguros, higiénicos y medio ambientales buenos, aparte de ser motivadores.

La seguridad y el entorno son muy importantes, por ejemplo, la contaminación en un ambiente de trabajo puede ocasionar un mal funcionamiento de las líneas y un sin número de accidentes producto de la mala distribución de los equipos y de las herramientas de trabajo.

Este pilar se logra cuando se consideran las acciones ya mencionadas, y se establecen medidas de seguridad en los equipos, mejorando las condiciones laborales en las que se opera y se mejora el ambiente atendiendo a ruidos o vibraciones de los equipos, teniendo áreas limpias y cuidando la salud de los trabajadores.

2.1.5 Herramientas de Mantenimiento

La Revolución Industrial logró la evolución del Mantenimiento, creando una variedad de técnicas, procesos y actividades que han ayudado a construir, entender y mejorar el mantenimiento como hoy en día se conoce.

2.1.5.1 Método Kaizen

El método Kaizen surgió como una filosofía que integraba la forma de dar respuesta a todos los perfiles para así afrontar los desafíos que se planteaban cotidianamente, en donde se restableció la parte económica y social que se convirtió en un estilo de vida, generando un cambio cultural que repercutió en el desempeño productivo japonés.

Kaizen es un término de origen japonés y significa "cambio para mejorar", para posteriormente evolucionar con el tiempo a lo que conocemos como "Proceso de Mejora continua". El termino significa KAI (Modificaciones) y ZEN (Para mejorar).

2.1.5.2 Just in Time

La filosofía JIT, es un sistema que se encarga de atender la producción justa o lo que se requiere, en el momento exacto, con calidad exacta y con recursos mínimos de recursos del sistema.

El JIT es una metodología de organización de la producción que tiene implicaciones en todo el sistema productivo. Además, proporciona los métodos para la planificación y el control de la producción, se incluye en muchos otros aspectos de los sistemas de fabricación, el diseño de producto, el recurso humano, el sistema de mantenimiento o la calidad.

Para definir el objetivo de partida del sistema JIT, se puede producir los elementos que se necesitan, las cantidades que se requieren, en el momento solicitado.

2.1.6 SMED

El SMED (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o un conjunto de técnicas que persiguen la reducción de tiempos para la adecuación de la máquina. Es una metodología muy clara y fácil de aplicar, que logra obtener resultados rápidos y con una mínima inversión.

Estas técnicas se usan para detectar posibilidades de cambio, simplificar o eliminar tareas a partir de identificar la causa raíz que determinan tiempos elevados de preparación.

Entre las causas que generan tiempos elevados se encuentra la preparación incierta, el no estandarizar el procedimiento de preparación provocando variaciones de tiempos, actividades preparadas de forma incorrecta que no se efectúan de forma secuencial y el no establecer el número de trabajadores para tales actividades.

2.1.6.1 Herramientas básicas a utilizar

Las herramientas básicas a utilizar para disponer de aptitud y actitud, son necesarias para la realización de actividades. Las herramientas son:

2.1.6.2 Hoja de control

Las Hojas de Control son formatos destinados al registro de información sobre los parámetros o características que se desean controlar. Un ejemplo claro son los valores que toma el parámetro de un producto.

El tiempo de realización, es el tiempo en el que se efectúa alguna operación del proceso de fabricación del producto, también es conocido como Check List.

El uso de esta herramienta facilita la recolección de datos, permite organizar los datos para que puedan analizarse con facilidad logrando tener una mejor organización.

2.1.6.3 Histograma

Los histogramas son diagramas o gráficos en donde se presenta el número de veces que se repiten los valores recabados y se realizan muchas mediciones. El uso de éste, recomendado como análisis inicial de todos los registros en donde tengan que recabarse datos de una variable continua.

Los histogramas tienen como objetivo tener una visión más sencilla y clara de la distribución de los datos para poder interpretarlos, ayudar a comprender la tendencia central de dispersión y frecuencias obtenidas como resultado.

2.1.6.4 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto o "Gráfico 80-20", como es conocido, recibe su nombre en honor al sociólogo y economista Vilfredo Pareto, pues a partir de sus la recabación de datos empíricos del dato de la población de esa época logró enunciar que la regla del 80-20 representaba un grupo minoritario el 20% de la población ostentaba el 80% de algo y el grupo mayoritario.

El objetivo de éste diagrama es evidenciar los problemas que afectan al 80% de la población, para estudiarse y planear una reducción o mejora de los resultados obtenidos.

2.1.6.5 Diagrama de causa y efecto

También llamado Diagrama de Ishikawa (por su creador) o Diagrama de espina de pescado (por su aspecto visual que presenta).

Con este diagrama se logra identificar los factores o causas de una característica de calidad (efecto). Se encuentra dividido por categorías, que vienen condicionadas por el tipo de efecto a analizar

Los objetivos del diagrama de causa y efecto es identificar la causa raíz del problema o efecto y clasificar las interacciones entre factores que están afectando al resultado en un producto o de un proceso.

2.1.6.6 Diagrama de correlación y dispersión

Permiten estudiar la relación entre dos factores, dos variables o dos causas. El objetivo de los diagramas de correlación y dispersión es:

- Averiguar si existe correlación entre dos variables

Método para elaborar un diagrama de correlación y dispersión:

1. Elaborar una teoría razonable (que posteriormente se tendrá que verificar).
2. Obtener los valores pares.
3. Dibujar el diagrama.
4. Identificar la pauta de correlación (comparar con la teoría de partida).
5. Se estudian las posibles explicaciones.

2.1.6.7 Gráficos de Control

Son diagramas destinados a mostrar la evolución en el tiempo de una característica de calidad objeto de estudio, y compararlo con unos límites de variación fijados de antemano que se usan como base para la toma de decisiones. Estos gráficos contienen una "línea central" (LC), una línea superior que marca el "límite superior de control" (LSC), y una línea inferior que marca el "límite inferior de control" (LIC). Los puntos contienen información sobre las medidas hechas.

El objetivo de los gráficos de control es:

- Evaluar si el producto, servicio o proceso está o no en estado de control estadístico, es decir, evaluar su estabilidad y uniformidad.

Método para la elaboración de un gráfico de control:

1. Selección de la variable
2. Definición del marco de muestreo y el método de selección.
3. Determinación del número de subgrupos o muestras (m).
4. Determinación del tamaño del subgrupo o muestra (n).
5. Recolección de la información.
6. Cálculo de límites de control.
7. Construcción del gráfico.

2.1.6.8 Metodología de aplicación SMED

La implementación de la metodología SMED consta de cuatro etapas:

Etapas preliminares

En esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Registrar los tiempos de cambio
- Estudiar las condiciones actuales del cambio

Primera etapa

En la primera etapa se realiza un listado de actividades secuenciales realizadas en donde se identifica cuales son realizadas durante un paro de línea (internas) y las que son ejecutadas durante la operación de la línea (externas).

Segunda etapa

Durante la segunda etapa se realiza una revisión detallada de las actividades internas y poder tener más tiempo productivo en el cual se pueda preparar todo lo necesario y fuera de servicio de la línea cuando pare para efectuar los cambios y funcione a la brevedad posible.

Tercera Etapa

La tercera etapa tiene como objetivo mejorar los aspectos de preparación de la operación, incluyendo todo tipo de operaciones como tareas externas e internas.

2.1.7 ¿Qué son los Plásticos?

Los polímeros orgánicos o también conocidos como plásticos, pueden deformarse hasta conseguir la forma deseada por medio de procesos de extrusión, hilado, moldeado, soplado, etc. Se caracterizan por su alta resistencia y densidad. Una de las principales propiedades es que presentan aislamiento térmico y eléctrico.

La Dra. Katiushka Arevalo (2018) en su obra "Biodegradation" define al plástico como:

Es todo aquel material que se fabrica a partir de un polímero (obtenido del petróleo), destacando que los plásticos son típicamente ligeros y químicamente inertes, siendo fabricados para ser rígidos, flexibles e impermeables.¹¹

Los Plásticos o Polímeros, como también se conocen, son moléculas de gran tamaño, constituidas por "eslabones" orgánicos denominados monómeros. Estos eslabones están constituidos, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos.

¹¹ Arévalo, (2018). Biodegradation. Vol.7 pág.231-237

La copolimerización es un cruce de eslabones que se da entre dos o más polímeros, proceso análogo a la aleación de metales. Cabe hacer mención que no todos los polímeros son plásticos.

2.1.7.1 ¿Cómo se producen los polímeros?

Los polímeros sintéticos se producen mediante la polimerización. En este proceso se produce la reacción de miles de monómeros que forman parte de una larga cadena macromolecular. Existen dos tipos de polimerización: de adición o crecimiento de cadena y de condensación o crecimiento por pasos.

La polimerización por pasos se ocurre por reacciones entre moléculas que tienen grupos funcionales. A los compuestos intermediarios de peso molecular bajo se les llama **oligómeros**, y se pueden aislar. Se le puede llamar una reacción química sencilla que se efectúa consecutivamente.

La polimerización por crecimiento de cadena se concreta porque los intermediarios del proceso (radicales libres, iones o complejos metálicos) son transitorios y no pueden aislarse.

2.1.8 Clasificación de los Polímeros

Existen muchas formas de clasificar a los polímeros, según su origen o considerando la estructura de las macromoléculas o de acuerdo a su uso:

Según su origen

- **Naturales:** Son sustancias que se emplean sin modificación alguna y que son producidas por organismos vivos.
- **Sintéticos:** Son macromoléculas modificadas por el hombre y se dividen en dos grupos de acuerdo a su comportamiento que tienen al ser calentados: termoplásticos y termorrígidos. Los primeros al calentarse se ablandan o funden, y son solubles en disolventes adecuados. Los termorrígidos, en cambio, se descomponen al ser calentados y no pueden fundirse ni solubilizarse.

Según la estructura de la cadena

- **Lineal:** Se repite siempre el mismo tipo de unión.
- **Ramificado:** Con cadenas laterales unidas a la principal.
- **Entrecruzado:** Si se forman enlaces entre cadenas vecinas.
- **Homopolímero:** Son aquellos polímeros en los que todos los monómeros que los constituyen son iguales.
- **Copolímeros:** Están formados por dos o más monómeros.

En la **tabla 3** se mencionan los principales tipos de plásticos

Tabla 3 Plásticos más utilizados

Nombre	Uso principal	Abreviatura	No. De identificación
Tereftalato de Polietileno	Producción de botellas para bebidas. A través de su reciclado se obtienen fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas.	PET o PETE	1
Polietileno de alta densidad	Se utiliza en envases de leche, detergente, aceite para motor, etc.	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo o Vinilo	Botellas de champú, envases de aceite de cocina, artículos de servicio para casas de comida rápida, etc. El PVC puede ser reciclado como tubos de drenaje e irrigación.	PVC o V	3
Polietileno de baja densidad	Bolsas de supermercado, de pan, plástico para envolver.	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	Recipientes para yogurt, sorbetes, tapas de botella, etc. El PP puede reciclarse y tener más usos funcionales	PP	5
Poliestireno	Tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas.	PS	6
Otros	Botellas de cátsup para exprimir, platos para hornos de microondas, etc. Estos plásticos no se reciclan porque no se sabe con certeza qué tipo de resinas contienen.	Otros	7

Fuente: NMX-E-232-SCFI, 2019.

(El código de Identificación es adoptado en México el 25 de noviembre de 1999 en la NMX-E-232- SCFI-1999 basado en la identificación de Europa y países de América).

En la tabla 3 se describe la clasificación y las características de cada uno, así como también la abreviatura y el número que los identifica.

2.1.9 Procesamiento de los Polímeros

La producción y procesamiento de los polímeros depende en gran medida si se trata de termoplásticos o termoestables. Los polímeros se calientan a temperaturas superiores o cercanas a las de fusión, en donde se logra obtener propiedades de

baja viscosidad, los polímeros pueden fundirse o inyectarse en moldes a través de boquillas para lograr las formas deseadas.

2.1.9.1 Extrusión

La extrusión es un proceso industrial en el que se funde y moldea el plástico a flujo constante. Formado por mecanismo de tornillo fuerza el termoplástico caliente a través de un dado o labios abiertos para producir películas plásticas, de diferentes espesores y anchos. Véase **Figura 9**.

2.1.9.2 Moldeo por soplado

El proceso de moldeo por soplado se efectúa por medio de un globo caliente de polímero o también llamado preforma, es introducido en un molde y es expandido hacia las paredes de éste mediante gas a presión. Bajo este proceso se producen recipientes, botellas de plástico, entre otros muchos artículos de formas huecas. Véase **Figura 10**.

2.1.9.3 Moldeo por inyección

El proceso de inyección se logra cuando los termoplásticos se calientan en una temperatura de fusión superior mediante un émbolo o tornillo sinfín llenando un molde cerrado. Véase **Figura 11**.

2.1.9.4 Conformado al vacío

En este proceso las láminas termoplásticas calentadas a temperaturas mayores que la T_g se colocan sobre un molde o patrón conectado a un sistema de vacío. Este proceso se emplea para la fabricación de recipientes delgados y poco profundos como envases para productos lácteos, entre otros. Véase **Figura 12**.

Los materiales empleados para su elaboración son el poliestireno, el PVC y los plásticos acrílicos.

2.1.9.5 Calandreo

La calandra o calandria es una máquina constituida por una serie de rodillos de presión que se utilizan para formar delgadas películas de polímero. Se aplican por ejemplo a las películas de PVC que se utilizan para productos alimenticios, farmacéuticos, etc. Véase **Figura 13**.

Este proceso consta de cuatro etapas:

- 1) Alimentación: Ingreso de la materia prima, debe de estar previamente plastificada o en estado de fundido previamente extruido como es el caso de los termoplásticos (PE, PTU) o estado de gel (PVC con Plastificantes).
- 2) Cilindros de calandria: La calandria consta de 3 o 4 rodillos. La disposición puede variar, pero la alimentación por lo regular se realiza en la parte superior.
- 3) Cilindros de calibración y enfriamiento.

4) Corte y bobinado.

2.1.9.6 Hilado

El hilado es un proceso de manufactura en el cual se elaboran fibras de un polímero. Es una forma que utiliza una hiladora para formar filamentos continuos. Véase **Figura 14**.

El polímero termoplástico es forzado a pasar a través de una boquilla o dado que contiene agujeros pequeños. El dado es también llamado hilador, puede girar y producir una fibra o cordón.

2.1.9.7 Moldeo por compresión

El moldeo por compresión es muy parecido al sistema de fabricación por forja, evidentemente sin plástico. Se introducen dos moldes complementarios y calientes, en donde se inicia con una pieza de polvo comprimido, que toma la forma del molde al presionar ambas partes.

La reacción inicia por el calor que se emite en el molde, llamado degradación. El moldeo por compresión se emplea con plásticos termoestables. Por este proceso se fabrica material eléctrico, mangos de cepillos, tapones de botellas, ect. Véase **Figura 15**.

2.1.9.8 Moldeo por transferencia

Este proceso combina el moldeo por compresión y del moldeo por inyección. Moldeo por medio del cual se realiza un doble intercambio en los polímeros termorrígidos. Se calienta el polímero bajo presión en un intercambiador; una vez fundido el polímero se inyecta en un molde adyacente. Véase **Figura 16**.

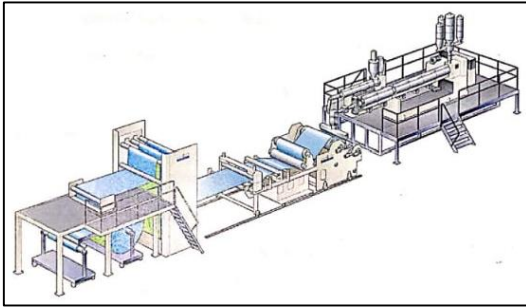
2.1.9.9 Colado

La colada consiste en el vaciado de material plástico en estado líquido dentro de un molde fragua y para lograr su solidificación.

Los moldes pueden ser placas de vidrio para producir láminas de termoplásticos o bandas móviles de acero para la producción de láminas mucho más delgadas.

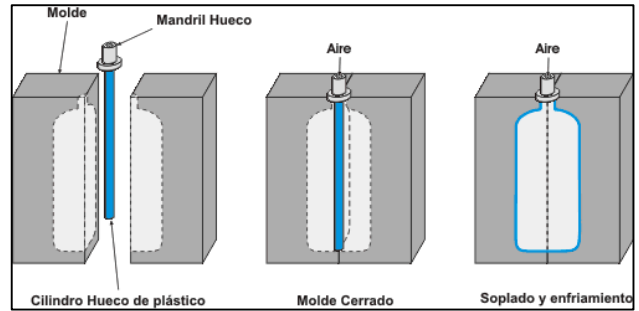
Figura 10. Método de Moldeo por Soplado

Figura 9. Método de Extrusión



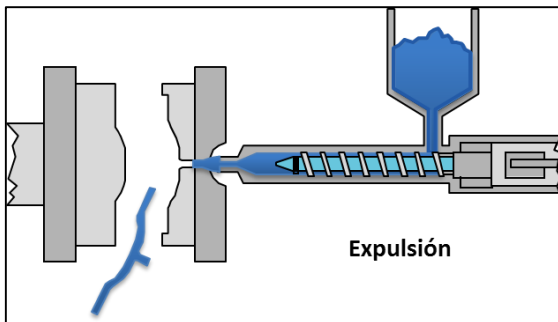
Fuente: Google (s.f.). [Proceso de Extrusión]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:
<https://images.app.goo.gl/W3p5pCR1zRhcXhvX8>

Figura 10. Método de Moldeo por soplado



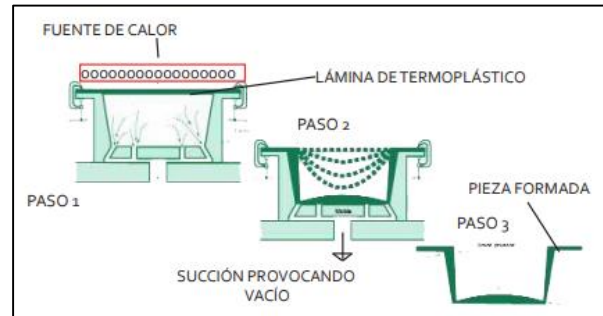
Fuente: Google (s.f.). [Proceso de Moldeo por Soplado]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:
<https://images.app.goo.gl/3KVm1q2QHctJCDro8>

Figura 11. Método de Moldeo por Inyección



Fuente: Google (s.f.). [Proceso de Moldeo por Inyección]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:
<https://images.app.goo.gl/GEH2w4gNGKWiwiqo8>

Figura 12. Método de conformado al vacío



Fuente: Google (s.f.). [Proceso de Conformación al vacío]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:
<https://images.app.goo.gl/UUJyNAG91b1n2VC57>

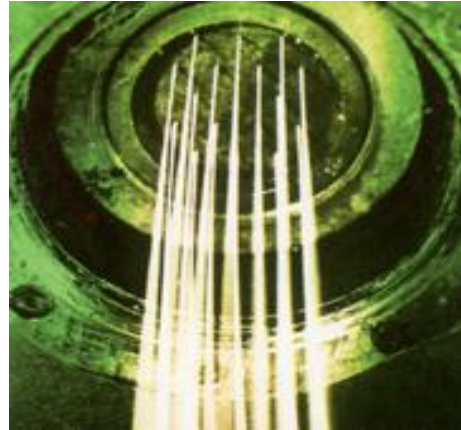
Figura 13. Método de Calandreo



Fuente: Google (s.f.). [Método de Calandreo]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:

<https://images.app.goo.gl/763vb5qVJNmua3vD8>

Figura 14. Método de Hilado



Fuente: Google (s.f.). [Método de Hilado]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:

<https://images.app.goo.gl/s1dpLcJFVSn1MsuG8>

Figura 15. Método de Moldeo por compresión



Fuente: Google (s.f.). [Método de Moldeo por compresión]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:

<https://images.app.goo.gl/Qb5tCxvWYm255fj9>

Figura 16. Método de Moldeo por transferencia



Fuente: Google (s.f.). [Método de Moldeo por transferencia]. Recuperado el 22 de octubre de 2021 de:

<https://images.app.goo.gl/sDmxCUhHTew2j5Df8>

CAPÍTULO III

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.1 Departamentos y funciones realizadas en Plami

Plami S.A. de C.V. es una empresa que se dedica a la producción de películas plásticas por calandreo y extrusión, en México existen muy pocas empresas de este giro. Plami cuenta con 3 plantas, como ya se ha mencionado con anterioridad.

Plami Papalotla cuenta con 3 líneas de producción que son Calandra 7, Calandra 8 y Extrusión. Para poder formar parte del equipo de trabajadores de Plami y adentrarse en la empresa es necesario:

Para poder conocer el proceso producción y poder realizar algún aporte o mejora al sistema es necesario:

- Conocer las diferentes áreas que conforman la empresa

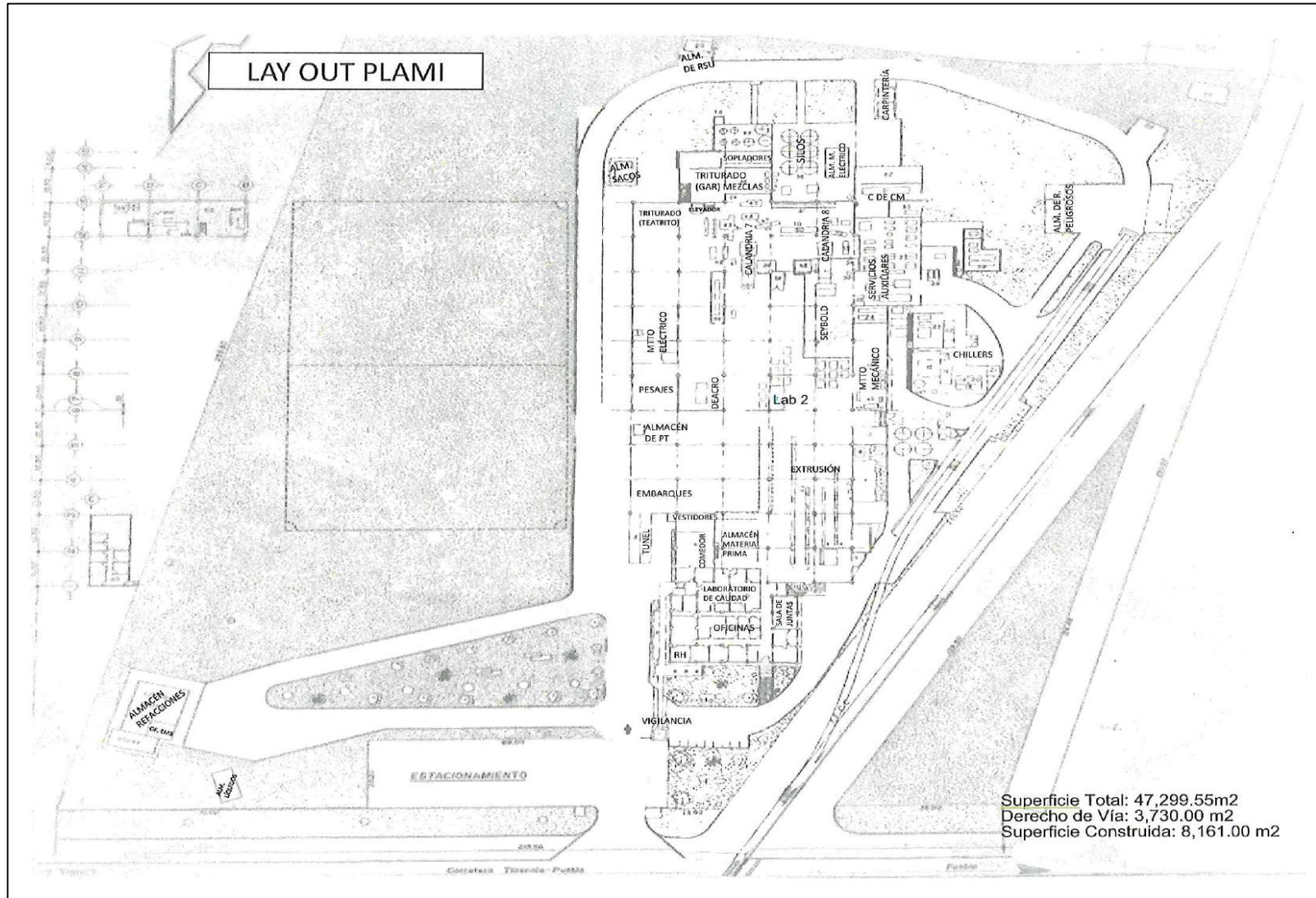
Los departamentos que conforman la empresa son los siguientes:

- Dirección General
- Producción y Mantenimiento
- Mezclas
- Calandreo
- Extrusión
- Mantenimiento (Mecánico y Eléctrico)
- Almacén de Materias Primas
- Embarques
- Calidad
- Recursos Humanos
- Servicio Médico
- Analista de Costos

A continuación, en la **Fig. 17** se muestra el Layout de la empresa y se destacan la extensión de terreno, así como la ubicación de cada área.

Se cuenta con una superficie Total de 47,299.55 m², Derecho de Vía de 3,700.00 m² y una Superficie construida de 8,161.00 m².

Figura 17. Layout PLAMI



Fuente: PLAMI, 1995.

- Conocer las actividades o funciones que realiza cada departamento

Producción y Mantenimiento:

1. Asegurar el adecuado funcionamiento de la maquinaria, equipos que apoyen a la producción y del mantenimiento de los edificios e instalaciones, a través de un adecuado mantenimiento preventivo y correctivo administrando los recursos.
2. Coordinar los programas de producción y mantenimiento se cumplan a través de la administración del personal o mano de obra, cantidad y calidad.
3. Vigilar por el cuidado del personal operativo y de mantenimiento, así como de máquinas y herramientas de trabajo.
4. Analizar, evaluar y ejecutar los planes para el cumplimiento de cuellos de botella.
5. Administrar que el presupuesto de personal por cada área productiva se cumpla de acuerdo a lo establecido por la empresa.
6. Elaborar los planes de producción para los planes extraordinarios.
7. Controlar y evaluar los tiempos muertos generados en la producción, generar y dar seguimiento a planes de acción.
8. Elaborar plan de trabajo para minimizar los tiempos muertos.

Coordinador de Mezclas

1. Administrar y controlar los recursos humanos y materiales asignados en el área de mezclas, para procesar y garantizar un abasto oportuno de mezcla de PVC al proceso de calandreo y almacenar las materias primas en las diferentes áreas de almacenamiento.
2. Verificar las fórmulas y colores de las órdenes de producción programadas, con el fin de descartar y/o detectar alguna desviación y corregirla.
3. Coordinar y supervisar las actividades del personal operativo del área de mezclas, conforme a las órdenes de producción programadas.
4. Solicitar la materia prima al departamento de Almacén mediante vales correspondientes, para cubrir el programa de producción establecido.
5. Coordinar los mantenimientos preventivos y/o correctivos, en conjunto con el área de mantenimiento.

Jefe de Producción

1. Coordinar que los programas de producción se cumplan a través de la administración del personal en tiempo, cantidad y calidad.

2. Asegurar que el seguimiento a las actividades de mejora continua sea efectivo para el cumplimiento de programas.
3. Vigilar por el cuidado del personal operativo, así como de máquinas y herramientas de producción.

Jefe de Turno Extrusión

1. Administrar eficientemente la plantilla de colaboradores.
2. Operación y control de la línea de extrusión.
3. Generar y actualizar los documentos requeridos por el SGC.
4. Elaborar el programa de producción de acuerdo a la Guía de Producción.
5. Generar reporte diario, mensual y anual de producción.
6. Apoyar a la Gerencia Técnica para el desarrollo de nuevos productos.
7. Ingeniería de procesos.
8. Realizar la explosión de materiales, inventarios y cortes mensuales.
9. Realización y control de programas de mantenimiento y limpieza de línea.

Supervisor de Mantenimiento

1. Programar y ejecutar las actividades preventivas (mecánicas y de servicios auxiliares) y correctivas de mantenimiento junto con el personal mecánico y de servicios generales en las diferentes áreas de producción verificando así la buena intervención de éstas, así como de realizar acciones de dependencias gubernamentales.
2. Organizar al personal a su cargo para cubrir las necesidades de mantenimiento que se requieran.
3. Trabajar junto con proveedores para el mantenimiento de equipos.
4. Realizar modificaciones complejas a maquinaria mecánica.

Almacén

1. Asegurar mediante el uso de guía de producción, que todos los pedidos de clientes tanto nacionales como de exportación, sean surtidos (PEPS), empacados, facturados y embarcados conforme los requerimientos del cliente en cuanto a calidad, cantidad y tiempo de entrega.
2. Asegurar la preservación del producto en el almacén de materias primas, empaques, producto terminado, mediante la aplicación de metodología de 5´S.
3. Asegurar como mínimo una actitud de inventarios del 95% mediante el contenido cíclico de productos en el almacén de materias primas,

materiales auxiliares, producto terminado y producto terminado devoluciones.

4. Enviar reporte diario de material de embarcado, material por embarcar, inventario de extrusión, materia prima por recibir, materia prima recibida y urgentes de almacén de gerencia.
5. Control de usuarios SAP.

Recursos Humanos

1. Administra el programa de capacitación, alineando actividades propuestas a las competencias establecidas en el DNC.
2. Coordinar el proceso de elaboración de pre-nómina a través de información generada por los jefes de área con la finalidad de garantizar su correcta aplicación.
3. Verificar y administrar las incidencias por faltas, retardos e incapacidades de todo el personal y presenta el historial mensual con las acciones a seguir.
4. Establecer y mantener relaciones de colaboración con diferentes fuentes de reclutamiento.

Calidad

1. Asegurar la calidad de los productos fabricados en la planta Plami Papalotla mediante controles e inspección de los productos/procesos existentes.
2. Liberar materias primas e insumos de materiales en tiempos establecidos y sin riesgo de afectar las operaciones siguientes
3. Asegurar la correcta liberación de semiterminados/terminados dentro de planta productiva.
4. Liberar producto terminado adecuadamente y asegurar los embarques nacionales e internacionales respecto a calidad del producto.
5. Mantener actualizado el sistema de gestión calidad y adecuado a las operaciones administrativas y operativas de Plami Planta Papalotla.
6. Desarrollar, coordinar y promover las acciones de contención, corrección y mejora continua dentro de la Organización.
7. Atender quejas y reclamaciones de clientes de acuerdo a como indica el sistema de gestión de la calidad.
8. Promover la mejora y dar seguimiento a los desarrollos de mejora.


Enfermera Industrial

1. Vigilar la salud de los trabajadores de la Planta a responsabilidad, así como los aspectos de seguridad que se designen por necesidad de la normatividad aplicable.

2. Capacitar al personal de nuevo ingreso sobre la prevención de los accidentes y la normatividad de la STPS aplicable a su ramo.
 3. Asiste y realiza las actividades a su alcance para el cumplimiento de la normatividad de Seguridad y salud en el trabajo.
 4. Capacita al personal sobre los procedimientos adecuados para evitar accidentes o enfermedades que se generen por la operación diaria.
- Conocer el Sistema de producción de la empresa PLAMI por medio de diagramas de flujo.

Para poder conocer el proceso de producción de la línea de Extrusión de la máquina Reifenhäuser, es importante destacar que el proceso está subdividido en dos partes, el proceso de liberación de la materia prima por parte de calidad y la parte del proceso de producción hasta que éste llega a almacén de producto terminado como se presenta a continuación.

Diagrama 1 Diagrama de Flujo del Proceso de Producción.

		DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN											
Proceso: EXTRUSIÓN		Maquinaria Reifenhäuser (extrusor A, extrusor B, calandra,					Equipo		Jefes de turno extrusion/jefe de calidad y mejora continua /auditor				
Productos: PET CRISTAL/ PET COLORES		Formatrix, equipo trat. corona, embobinadores, secado					multidisciplinario:		de calidad /Gerente de producción y mantenimiento /supervisores de mantenimiento				
No.	Tomar	Hacer	Mover	Inspeccionar	Decidir	Esperar	Contener	Reprocesar	Almacenar	Descripción concreta de la actividad	Clase	Característica significativa de producto (salida)	Característica significativa de proceso (entrada)
	▽	○	➔	□	◇	D	⬢	⬠	△				
										Indique de manera concreta la actividad realizada	KPC/ KCC	Variables o atributos del producto que afectan la calidad	Condiciones o ajustes de proceso que afectan al producto
10	▽									Tomar Materia prima del Almacen (Hojuela, Granulado, Antiblock, Antiestático, Pigmento, Aditivo, Silicón)	N/A	-	-
20				□						Análisis de materias primas en laboratorio	N/A	-	-
30					◇					Inspección de hojuela PET para juicio de liberación	KPC	Densidad, color, humedad, contaminación, etc.	-
40			➔							Transportar Hojuela de pet al área de alimentación	N/A	-	-
50			➔							Transportar a tolvas de alimentación	N/A	-	-
60					◇					Material libre de metales	KPC	Exceso de metal	-
70								⬠		Deshecho (Cuarentena)	N/A	-	-
80		○								Transportar a tolvas de carga	KCC	Densidad de materia	-
90		○								Transportar a tolvas dosificadoras	N/A	-	-
100		○								Extrusion de pet en Extruder (extrusor B)	KCC	-	Velocidad, presión y temperatura
110		○								Bomba dosificadora de pigmento líquido	N/A	-	-

120								Sistema de vacío	KCC	-	Presión y temperatura
130								Sistema de filtrado 1 y 2	N/A	-	-
140								Producto extruido	N/A	-	-
150								Secador	KPC KCC	Humedad	Punto de rocío
160								Extrusion de pet en Extruder (extrusor A)	KCC	-	Velocidad , presión y temperatura
170								Bloque de coextrusión	KCC	-	Temperatura
180								Dado	KCC	-	Velocidad y temperatura
190								Calandra	KCC	-	Presión y temperatura
200								Baño antiestático (aplicación de silicón)	N/A	-	-
210								Tamoras de enfriamiento (1 y 2)	KCC	-	Temperatura
220								Juicio para tratamiento de la película	N/A	-	-
230								Tratamiento corona	KCC	Tensión superficial	Regulación de carga
240								Rodillo jalador	KCC	-	Presión
250								Medidor de espesor (DNC)	N/A	-	-
260								Sistema acumulador	KCC	-	Torque y velocidad
270								Cuchillas circulares de refilado	KCC	-	Presión
280								Tiras de refilado se envían a molino triturador TRIA	KCC	-	Presión y velocidad

290									Película a tamaño final paso a trineo	KCC	-	Presión
300									Descenso a flechas neumáticas en caballetes (1,2 y 3)	KCC	-	Presión
310									Sistema de embobinado	N/A	-	-
320									Inspección de especificaciones	N/A	-	-
330									¿Cumple con las especificaciones?	N/A	-	-
340									Corte de rollo y reproceso en molino Paggani	N/A	-	-
350									Pesaje de rollo e identificación	N/A	-	-
360									Embalaje de rollo	N/A	-	-
370									Almacén Papalotla	N/A	-	-
380									FIN DEL PROCESO	N/A	-	-

Fuente: PLAMI, 2021.

- Conocer las principales funciones del departamento de Coordinación de mantenimiento.

El departamento de Coordinación de Mantenimiento cumple funciones muy importantes, ya que en conjunto con el departamento de Producción y Mantenimiento y Supervisor de Mantenimiento se encargan de organizar, estructurar y cumplir con el buen funcionamiento de los equipos.

Las funciones específicas que cumple el departamento de Coordinación de Mantenimiento son:

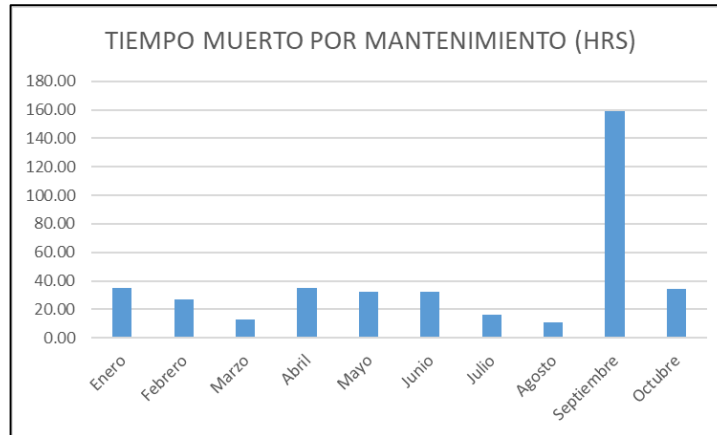
1. Organizar las actividades de mantenimiento junto con los supervisores para la intervención en maquinaria.
2. Solicitar información de piezas de refacciones a los supervisores de mantenimiento y realiza las requisiciones de compra.
3. Pasar a recursos humanos las listas de asistencia para la elaboración de nómina.
4. Capacitar al personal eléctrico y mecánico.
5. Planeación de calibraciones de equipos.
6. Control y registro de datos, registros de mantenimiento.
7. Llevar a cabo las actividades administrativas del departamento.
8. Llevar a cabo las actividades del Sistema de Gestión de la Calidad.

Este departamento tiene una estrecha relación con el departamento de RRHH, Sistemas de la Gestión de la Calidad, Producción, Compras, Almacén de Refacciones, Taller Mecánico y Eléctrico.

3.1.2 Estandarización de Tiempos para Mantenimiento Preventivo

De acuerdo a información recabada por medio de los Reportes Diarios de Producción, Reportes Diarios de Taller Mecánico, Tiempos Muertos por Producción y Órdenes de Trabajo, se puede argumentar que en el mes de septiembre se tuvo mayor tiempo muerto por mantenimiento, con 158.75 hrs, como se muestra en el Gráfico 1.

Gráfico 1 Tiempo Muerto por Mantenimiento en Extrusión



Fuente: Propia.

Para poder estandarizar los tiempos se presenta formatos de Mantenimiento para poder realizar una estandarización de tiempos. Para poder realizar dicha estandarización se presentan tres formatos para la estandarización de tiempos.

Check List de Limpieza a ductos de Bomba de Vacío

En la **Figura 18** se presenta la estructura del encabezado

1. Se inicia con el título "Check List de Limpieza a Ductos de Bomba de Vacío" acompañado del logo de la empresa.
2. Fecha en la que realiza el Mantenimiento Preventivo Mecánico a los Ductos.
3. Hora en la que se inician las actividades
4. Hora en la que culminan las actividades
5. Observador o persona que supervisa la realización de actividades.

Figura 18. Encabezado Check List Limpieza de Bomba de vacío

	CHECK LIST DE LIMPIEZA A DUCTOS DE BOMBA DE VACÍO			
FECHA:	HORA INICIO:	HORA FIN:	OBSERVADOR:	

Fuente: Propia

La **Figura 19** muestra la parte central del encabezado

6. Pasos, son los números secuenciales en los que se encuentran organizadas las actividades.
7. Actividad a realizar, se describen detalladamente los pasos a seguir.
8. Unidad de Tiempo en la que se efectúan las actividades

9. Estatus de actividad, esta conformada por cuatro columnas en donde se destacará si se efectúa la actividad de mantenimiento, no o no aplica dicha actividad y un espacio para colocar observaciones.

Figura 19. Contenido Check List Limpieza de Bomba de vacío

PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			
			SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Paso 1	Colocar plástico para la protección de pisos en el área de trabajo.					
Paso 2	Apagar, desenergizar el equipo a intervenir, desmontar sensor de presión y realizar limpieza de boquilla.					
Paso 3	Desmontaje de tubería de succión de vacío (quitar tornillería).					
Paso 4	Realizar limpieza de mirillas, tuberías y ciclones.					
Paso 5	Realizar empaquetadura (falta de sellos orings, cambiar orings).					
Paso 6	Limpieza a profundidad de cara de tuberías a sellos y tapas.					
Paso 7	Montaje de tuberías, ciclón, sellos y tornillería.					
Paso 8	Se recomienda que el apriete de tornillería se realice por una persona.					
Paso 9	Limpieza de equipo con trapo y alcohol zonas de bomba de vacío y piso.					

Fuente: Propia

En la parte inferior del documento se presenta el área de firmas como se ilustra en la **Figura 20**.

10. Firmas de realizó y verificó, en donde los jefes de Taller Mecánico, Eléctrico y Jefe de Turno de Extrusión firmarán la realización del manenimiento.



Figura 20. Firmas Check List Limpieza de Bomba de vacío

Realizó	10	Verificó
_____	_____	_____
Mantenimiento Mecánico	Mantenimineto Eléctrico	Jefe de turno de Extrusión

Fuente: Propia

A continuación en la **Figura 21**, se presenta la estructura completa del Check List de Limpieza de Ductos a Bomba de Vacío.

Figura 21. Check List Limpieza de Bomba de vacío

 CHECK LIST DE LIMPIEZA A DUCTOS DE BOMBA DE VACÍO 						
FECHA:		HORA INICIO:	HORA FIN:	OBSERVADOR:		
PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			OBSERVACIONES
			SI	NO	N/A	
Paso 1	Colocar plástico para la protección de pisos en el área de trabajo.					
Paso 2	Apagar, desenergizar el equipo a intervenir, desmontar sensor de presión y realizar limpieza de boquilla.					
Paso 3	Desmontaje de tuberías de succión de vacío (quitar tornillería).					
Paso 4	Realizar limpieza de mirillas, tuberías y ciclones.					
Paso 5	Realizar empaquetadura (falta de sellos orings, cambiar orings).					
Paso 6	Limpieza a profundidad de cara de tuberías a sellos y tapas.					
Paso 7	Montaje de tuberías, ciclón, sellos y tornillería.					
Paso 8	Se recomienda que el apriete de tornillería se realice por una persona.					
Paso 9	Limpieza de equipo con trapo y alcohol zonas de bomba de vacío y piso.					

Realizó	Verificó	
Mantenimiento Mecánico	Mantenimiento Eléctrico	Jefe de turno de Extrusión

Fuente: Propia

Check List de Limpieza a Bomba SP630

En la **Figura 22** se presenta la estructura del encabezado

1. Se inicia con el título "Check List de Limpieza a Ductos de Bomba de Vacío" acompañado del logo de la empresa.
2. Fecha en la que realiza el Mantenimiento Preventivo Mecánico a los Ductos.
3. Hora en la que se inician las actividades
4. Hora en la que culminan las actividades
5. Observador o persona que supervisa la realización de actividades.

Figura 22. Encabezado Check List Limpieza de Bomba de vacío

	CHECK LIST DE LIMPIEZA DE BOMBA SP630		
FECHA:	HORA INICIO:	HORA FIN:	OBSERVADOR:

Fuente: Propia

La **Figura 23** muestra la parte central del encabezado

6. Pasos, son los números secuenciales en los que se encuentran organizadas las actividades.
7. Actividad a realizar, se describen detalladamente los pasos a seguir.
8. Unidad de Tiempo en la que se efectuan las actividades
9. Estatus de actividad, esta conformada por cuatro columnas en donde se destacará si se efectúa la actividad de mantenimiento, no o no aplica dicha actividad y un espacio para colocar observaciones.

Figura 23. Contenido Check List Limpieza de Bomba de vacío

PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			
			SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Paso 1	Colocar plástico para la protección de pisos en el área de trabajo.					
Paso 2	Apagar, desenergizar el equipo a intervenir.					
Paso 3	Quitar tapas de protección de bomba SP630 realizar limpieza de estas, colocar en espacio asignado, conectar mangueras y equipos para seguir con el desarme.					
Paso 4	Quitar tornillería de tapa principal realizar limpieza de esta y colocar en espacio asignado.		8			9
Paso 5	Verificar estado de sello tipo cordón de neopreno y cambiar si está en mal estado.					
Paso 6	Desmontar carcasa principal quitar tornillería y retirar a ubicación asignada.					
Paso 7	Realizar limpieza de carcasa principal y verificar estado de esta reportar si hay un cambio.					
Paso 8	Realizar limpieza de tornillo de bomba.					
Paso 9	Realizar limpieza a reductor.					
Paso 10	Realizar limpieza a tanque exhausto y rejilla de protección de tanque.					
Paso 11	Realizar limpieza a válvula de mariposa y verificar funcionamiento.					
Paso 12	Tapar ducto de conexión con bomba WS2001 y retirarlo cuando se tenga el mantenimiento completo.					
Paso 13	Verificar el estado del sello tipo cordón y si está en mal estado cambiarlo.					
Paso 14	Colocar lubricante para vacío para carcasa de bomba en ambos extremos en los orings de tipo de cordón.					
Paso 15	Atornillar la carcasa de la bomba de vacío se recomienda seguir las tolerancias del manual de mantenimiento.					
Paso 16	Atornillar tapa frontal de la bomba de vacío.					
Paso 17	Quitar el tapón del ducto de conexión de la bomba WS2001 y acoplar con la bomba.					
Paso 18	Colocar las mangueras y demás equipos de la bomba.					
Paso 19	Colocar las tapas de protección de la bomba WS2001.					
Paso 20	Energizar equipo y abrir por 20 segundos válvulas de mesamol para lubricar el sistema durante el arranque y después dejarlo en posición original.					
Paso 21	Realizar el arranque de la bomba de vacío y realizar las siguientes pruebas.					
Paso 22	Prueba 1.- Bomba SP630 en 60 hz y bomba WS2001 de 10 a 30 hz.					
Paso 23	Prueba 2.- Realizar el vacío cerrando las mirillas teniendo en el hmi diferencia de máximo 10 milibares entre el sensor de presión p1 y p2.					
Paso 24	Si se tiene una diferencia en los sensores de presión buscar fuga de vacío y reapretar sellos, verificar estado de las mirillas que no se encuentran con contaminaciones y colocar lubricante de vacío.					
Paso 25	Si se encuentra en tolerancias entregar equipo a prueba con carga de material.					

Fuente: Propia

10. Firmas de realizó y verificó, en donde los jefes de Taller Mecánico, Eléctrico y Jefe de Turno de Extrusión firmarán la realización del manenimiento. Véase **Figura 24**.

Figura 24. Firmas Check List Limpieza de Bomba de vacío

Realizó	10	Verificó
_____	_____	_____
Mantenimiento Mecánico	Mantenimineto Eléctrico	Jefe de turno de Extrusión

Fuente: Propia

A continuación en la Imagen, se presenta la estructura completa del Check List de Limpieza a Bomba SP630 en la **Figura 28**.

Check List de Limpieza a Bomba WS2001

En la **Figura 25** se presenta la estructura del encabezado

1. Se inicia con el título "Check List de Limpieza a Ductos de Bomba de Vacío" acompañado del logo de la empresa.
2. Fecha en la que realiza el Mantenimiento Preventivo Mecánico a los Ductos.
3. Hora en la que se inician las actividades
4. Hora en la que culminan las actividades
5. Observador o persona que supervisa la realización de actividades.

Figura 25. Encabezado Check List Limpieza de Bomba WS2001

Fuente: Propia

La **Figura 26** muestra la parte central del encabezado

6. Pasos, son los números secuenciales en los que se encuentran organizadas las actividades.
7. Actividad a realizar, se describen detalladamente los pasos a seguir.
8. Unidad de Tiempo en la que se efectuan las actividades
9. Estatus de actividad, esta conformada por cuatro columnas en donde se destacará si se efectúa la actividad de mantenimiento, no o no aplica dicha actividad y un espacio para colocar observaciones.

Figura 26. Contenido Check List Limpieza de Bomba WS2001

PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			
			SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Paso 1	Desacoplar sensor de presión y realizar limpieza con dieléctrico.					
Paso 2	Desacoplar tubería de succión de bomba de vacío junto con válvula de mariposa.					
Paso 3	Desacoplar tubería de acoplamiento con bomba SP630 y colocar balas para residuos.					
Paso 4	Colocar tapón en bomba SPG30 para prevenir contaminaciones de WS2001 quitar después del mantenimiento.					
Paso 5	Realizar limpieza lóbulos de WS2001 ocupando espátulas únicamente de latón y fibra.					
Paso 6	Realizar acoplamiento con tuberías de máquina y culminar el armado.					
Paso 7	Instalar el sensor de presión.					
Paso 8	Realizar pruebas de fugas y reaprietes de tornillería.					

Fuente: Propia

10. Firmas de realizó y verificó, en donde los jefes de Taller Mecánico, Eléctrico y Jefe de Turno de Extrusión firmarán la realización del manenimiento. Véase **Figura 27**.



Figura 27. Firmas Check List Limpieza de Bomba WS2001

Realizó	10	Verificó
Mantenimiento Mecánico	Mantenimineto Eléctrico	Jefe de turno de Extrusión

Fuente: Propia

A continuación en la **Figura 29**, se presenta la estructura completa del Check List de Limpieza a Bomba SW2001.



Figura 28. Check List Limpieza de Bomba SP630

 CHECK LIST DE LIMPIEZA DE BOMBA SP630 						
FECHA:		HORA INICIO:	HORA FIN:	OBSERVADOR:		
PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			OBSERVACIONES
			SI	NO	N/A	
Paso 1	Colocar plástico para la protección de pisos en el área de trabajo.					
Paso 2	Apagar, desenergizar el equipo a intervenir.					
Paso 3	Quitar tapas de protección de bomba SP630 realizar limpieza de estas, colocar en espacio asignado, quitar mangueras y equipos para seguir con el desarme.					
Paso 4	Quitar tornillería de tapa principal realizar limpieza de esta y colocar en espacio asignado.					
Paso 5	Verificar estado de sello tipo cordón de neopreno y cambiar si está en mal estado.					
Paso 6	Desmontar carcasa principal quitar tornillería y retirar a ubicación asignada.					
Paso 7	Realizar limpieza de carcasa principal y verificar estado de esta reportar si hay un cambio.					
Paso 8	Realizar limpieza de tornillo de bomba.					
Paso 9	Realizar limpieza a reductor.					
Paso 10	Realizar limpieza a tanque exhausto y rejilla de protección de tanque.					
Paso 11	Realizar limpieza a válvula de mariposa y verificar funcionamiento.					
Paso 12	Tapar ducto de conexión con bomba WS2001 y retirarlo cuando se tenga el mantenimiento completo.					
Paso 13	Verificar el estado del sello tipo cordón y si está en mal estado cambiarlo.					
Paso 14	Colocar lubricante para vacío para carcasa de bomba en ambos extremos en los orings de tipo de cordón.					
Paso 15	Atornillar la carcasa de la bomba de vacío se recomienda seguir las tolerancias del manual de mantenimiento.					
Paso 16	Atornillar tapa frontal de la bomba de vacío.					
Paso 17	Quitar el tapón del ducto de conexión de la bomba WS2001 y acoplar con la bomba.					
Paso 18	Colocar las mangueras y demás equipos de la bomba.					
Paso 19	Colocar las tapas de protección de la bomba WS2001.					
Paso 20	Energizar equipo y abrir por 20 segundos válvulas de mesamol para lubricar el sistema durante el arranque y después dejarlo en posición original.					
Paso 21	Realizar el arranque de la bomba de vacío y realizar las siguientes pruebas.					
Paso 22	Prueba 1.- Bomba SP630 en 60 hz y bomba WS2001 de 10 a 30 hz.					
Paso 23	Prueba 2.- Realizar el vacío cerrando las mirillas teniendo en el hmi diferencia de máximo 10 milibares entre el sensor de presión p1 y p2.					
Paso 24	Si se tiene una diferencia en los sensores de presión buscar fuga de vacío y reapretar sellos, verificar estado de las mirillas que no se encuentran con contaminaciones y colocar lubricante de vacío.					
Paso 25	Si se encuentra en tolerancias entregar equipo a prueba con carga de material.					

Realizó	Verificó	
_____	_____	_____
Mantenimiento Mecánico	Mantenimiento Eléctrico	Jefe de turno de Extrusión

Fuente: Propia

Figura 29. Check List Limpieza de Bomba WS2001

 CHECK LIST DE LIMPIEZA DE BOMBA WS2001 						
FECHA:		HORA INICIO:	HORA FIN:	OBSERVADOR:		
PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			OBSERVACIONES
			SI	NO	N/A	
Paso 1	Desacoplar sensor de presión y realizar limpieza con dieléctrico.					
Paso 2	Desacoplar tubería de succión de bomba de vacío junto con válvula de mariposa.					
Paso 3	Desacoplar tubería de acoplamiento con bomba SP630 y colocar balde para residuos.					
Paso 4	Colocar tapón en bomba SPG30 para prevenir contaminaciones de WS2001 quitar después del mantenimiento.					
Paso 5	Realizar limpieza lóbulos de WS2001 ocupando espátulas únicamente de latón y fibra.					
Paso 6	Realizar acoplamiento con tuberías de máquina y culminar el armado.					
Paso 7	Instalar el sensor de presión.					
Paso 8	Realizar pruebas de fugas y reaprietes de tornillería.					

Realizó	Verificó	
_____	_____	_____
Mantenimiento Mecánico	Mantenimineto Eléctrico	Jefe de turno de Extrusión

Fuente: Propia

3.1.3 Planeación de Mantenimiento Preventivo

Para asignar la realización del Mantenimiento Preventivo de la línea de Extrusión, se consideran todos los equipos, en los cuales el taller mecánico se encarga de dar mantenimiento, cada equipo se encuentra organizado por códigos internos que son asignados por la empresa. El mantenimiento se realiza a Transmisión y Bombas.

Para las transmisiones se realiza revisión general, limpieza, engrasado y mantenimiento mayor a la transmisión Cardán, Reductor, Coples, Poleas y Acoplamientos mecánicos.

Para las bombas se efectúa una revisión general de fugas y vibraciones, revisión del nivel de aceite, servicios generales de limpieza y mantenimiento mayor a Bomba hidráulica, Coples y Cabezas Rotativas.

El cronograma se encuentra estructurado por 52 semanas, en donde se programan las actividades.

Para llevar un mejor control de la programación de actividades, el sistema experto de mantenimiento lo integra un cronograma de actividades; y una tabla control de Mantenimiento Preventivo en donde se lleva el control más detallado de dicha actividad asignada.

Programa de Mantenimiento Mecánico

Cronograma que presenta la siguiente estructura, en la presente **Figura 30** se ilustra el encabezado del formato.

1. Encabezado, en donde se presenta el título del formato "Programa de Mantenimiento Mecánico".
2. Botón de Menú principal, que en el sistema experto te arroja a la página principal.
3. Simbología, que presenta la asignación de mantenimiento a cada equipo por colores y el símbolo de "Realizado" destacado por una X.
4. Año en el que se lleva a cabo el Mantenimiento Preventivo.

Figura 30. Encabezado Programa de Mantenimiento Mecánico



Fuente: Propia

3.1.4 Asignación de actividades de Mantenimiento Preventivo de acuerdo a perfil y grado de dificultad

Este programa de mantenimiento, tiene la cualidad de estar en sincronía con el cronograma de actividades y con una plantilla en donde se tiene el registro de la plantilla de trabajadores que conforman el taller mecánico, así como sus funciones que desempeñan cada uno, de esta forma es más fácil llevar el control de asignación de actividades, por semanas.

A continuación, en la **Figura 33**, se presenta el formato en el cual se encuentra el concentrado del personal que conforma el taller mecánico.

1. Título del documento.
2. Botón para ingresar datos
3. Botón Menú principal
4. Código del personal asignado por RRHH.
5. Nombre, apellido paterno y materno.
6. Cargo que ocupa.
7. Fecha en la que ingreso a la empresa.
8. Estado en el que se encuentra (Activo o Inactivo)
9. Número telefónico
10. Sexo (Hombre o Mujer)

Figura 33. Formato Registro de Personal Mecánico

REGISTRO DE PERSONAL MECÁNICO									
NO	CÓDIGO	NOMBRE	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	CARGO	FECHA DE INGRESO	ESTADO	TELÉFONO	SEXO

Fuente: Propia

3.1.5 Caracterización y descripción de Refacciones

Se establece por medio de un formato el control del registro de refacciones, que es el concentrado general y del cual se podrá seleccionar para la asignación de las actividades de mantenimiento preventivo.

En la **Figura 34** se ilustra el formato de Refacciones, el cual se encuentra conformado por:

1. Título.
2. Botón Menú.
3. Botón para registrar.
4. Código Interno asignado a cada refacción

5. Nombre de la refacción.
6. Cantidad requerida.
7. Unidad de Medida de la cantidad requerida.
8. Marca de la refacción
9. Clasificación
10. Especificaciones o información adicional

Figura 34. Formato Registro de Refacciones



NO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MARCA	CLASIFICACIÓN	ESPECIFICACIONES

Fuente: Propia

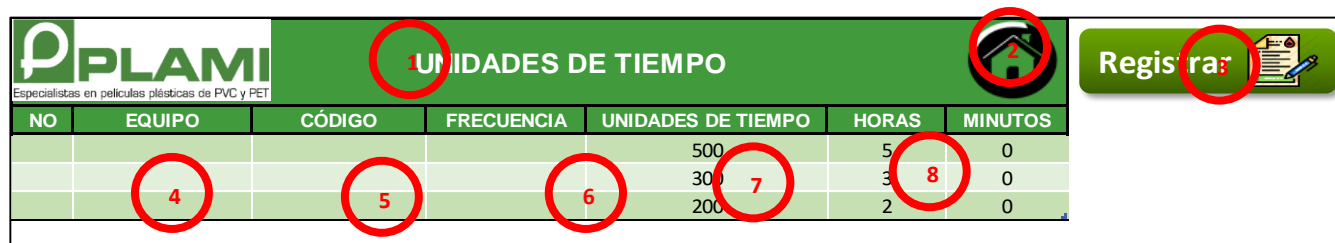
3.1.6 Calcular Unidades de Tiempo Referentes al tipo de reparación a través de una matriz de tiempo estándar.

Se efectuó la realización de una tabla de conversiones para poder calcular el tiempo de realización del Mantenimiento Preventivo. Se estableció que 100 Unidades de Tiempo (U.T.) equivalentes a 1 hora o 60 min respectivamente.

A continuación, se presenta en la siguiente Imagen la tabla de conversiones de tiempo. El formato se encuentra conformado por:

1. Título.
2. Botón Menú.
3. Botón para registrar, eliminar o editar.
4. Equipo al que se realiza el cálculo.
5. Código Interno, establecido
6. Frecuencia o número de semana de realización.
7. Unidades de Tiempo.
8. Conversión a horas y minutos.

Figura 35. Formato de Unidades de Tiempo



NO	EQUIPO	CÓDIGO	FRECUENCIA	UNIDADES DE TIEMPO	HORAS	MINUTOS
				500	5	0
				300	3	0
				200	2	0

Fuente: Propia

3.1.7 Conformación del Sistema Experto de Mantenimiento

El Sistema Experto de Mantenimiento está conformado por:

1. Página Principal, en la **Figura 36** se observa la portada principal y cuenta con el botón de menú.

Figura 36. Pantalla principal de Sistema Experto



Fuente: Propia

2. Menú Principal, en la **Figura 37** se ilustran los botones de acceso y un botón con información de la empresa.
 - a) Información de la empresa
 - b) Hoja de Mantenimiento Preventivo
 - c) Formato de Mantenimiento Correctivo
 - d) Formato de Equipos
 - e) Formato de Refacciones
 - f) Cronograma de Mantenimiento Mecánico
 - g) Unidades de Tiempo

Figura 37. Menú principal de Sistema Experto



Fuente: Propia

3. Información de la Empresa como se ilustra en la **Figura 38**, para visualizarlo debe dar click en el Icono presente en el menú principal, y para salir dar click en el botón ya mencionado.

Figura 38. Información de la Empresa

Identidad de PLAMI

En Plami se caracteriza por ser una empresa que cuenta con la capacidad técnica y de fabricación para satisfacer las necesidades de la industria, que sabe escuchar, entender y entregar la mejor solución integral a sus clientes.

Misión

Satisfacer los requerimientos y expectativas del cliente, fomentando el desarrollo técnico y humano, para lograr la autorrealización del personal en conjunto con los objetivos de la empresa y de nuestros clientes, asumiendo siempre una actitud responsable con los accionistas, colaboradores, el medio ambiente y el entorno social.

Visión

Ser la empresa #1 en producción, venta y distribución de películas plásticas de PVC, PET y PE a nivel nacional e internacional a través de la mejora continua reflejada en cada uno de los procesos y acciones desarrolladas tanto individualmente como en equipo.




Valores

- Respeto, hacia nuestros clientes y colaboradores.
- Ética como fundamento de nuestras actividades.
- Actitud permanente de servicio.
- Trabajo en equipo.
- Integridad, pensamos, decidimos y hacemos lo correcto.
- Calidad e innovación en todos nuestros procesos, procedimientos y tecnologías.

Fuente: Propia

4. Formato de Mantenimiento Preventivo Mecánico que se presenta en la **Figura 39**.

Figura 39. Mantenimiento Preventivo Mecánico

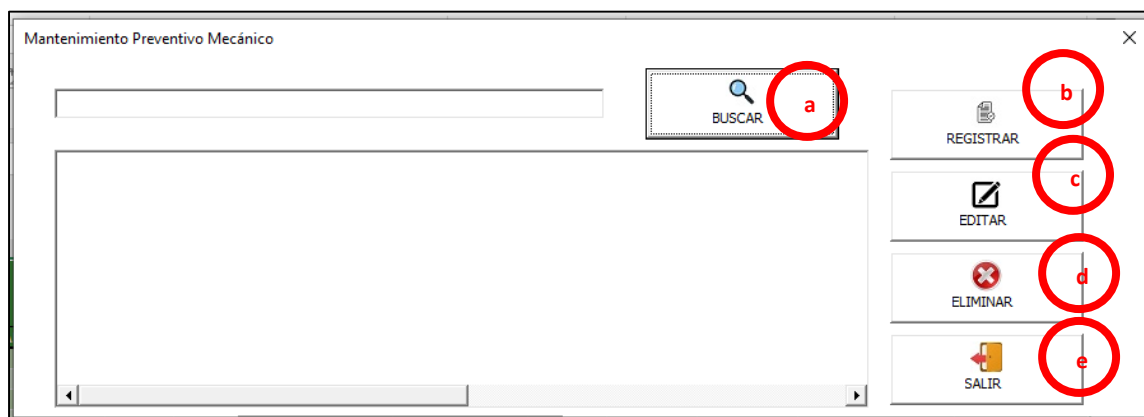
   												
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MECÁNICO												
NO	CÓDIGO	EQUIPO	ÁREA	MANTENIMIENTO	PLAN	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD DE TIEMPO	PERSONAL	FRECUENCIA	REFACCIONES	CANTIDAD REQUERIDA	UNIDAD DE MEDIDA

Fuente: Propia

Para registrar la información se presentan las siguientes opciones, como se presenta en la **Figura 40**.

- a) Buscar, permite ubicar el dato requerido.
- b) Registrar, agrega al formato nueva información.
- c) Editar, para cambiar contenido.
- d) Eliminar, quita del registro el dato elegido.
- e) Salir, se da cuando ya se efectuó la función requerida.

Figura 40. Ventana Registrar

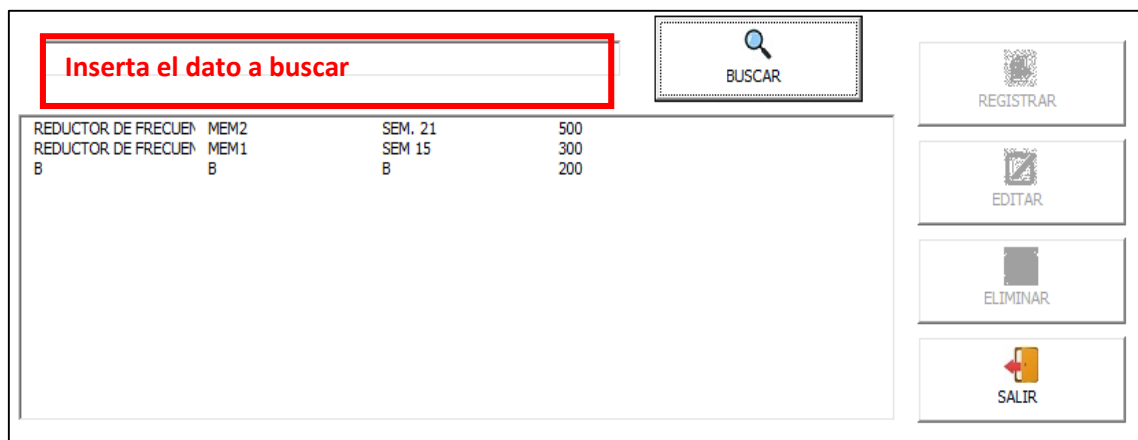


Fuente: Propia

Opción Buscar

Presenta todos los datos registradores y contiene una barra en donde se escribe el dato de la búsqueda requerida.

Figura 41. Opción Buscar



Fuente: Propia

Registrar

Como se presenta en la **Figura 42** se presenta opciones de llenado de información:

1. No.: Es el orden secuencia que llevan los registros (no se puede llenar este campo)
2. Código: Ingrese el código interno de los equipos
3. Área: Se introduce el área o línea de producción
4. Equipo: Agregar nombre del equipo
5. Mantenimiento: Seleccionar la opción requerida bomba, transmisión y rodillos.
6. Plan: Se agrega el plan o actividad a realizar específicamente, es decir la pieza exacta.
7. Descripción de la actividad: Se describe detalladamente la actividad a realizar.
8. Unidad de Tiempo: Agregar las unidades de tiempo establecidas.
9. Personal. Número de personal que requiere para dicha actividad.
10. Frecuencia: Número de semana en la que se realiza la actividad.
11. Refacciones: Nombre de la refacción requerida.
12. Cantidad requerida: Número de piezas que requiere.
13. Unidad de Medida: Establece la unidad de lo que requiere (metros, kilos, litros, etc.)
14. Opción de guardar cambios.

Figura 42. Opción Registrar

The screenshot shows a software interface for registering an activity. At the top left is a search bar with a magnifying glass icon and the text 'BUSCAR'. To its right is a vertical menu with four buttons: 'REGISTRAR' (with a document icon), 'EDITAR' (with a pencil icon), 'ELIMINAR' (with a red 'X' icon), and 'SALIR' (with a door icon). Below the search bar is a large empty rectangular area. A horizontal scroll bar is located below this area, with a red box labeled '1' over its left arrow and '2' over its right arrow. Below the scroll bar are several input fields: 'No:' with the value '1' (boxed '2'), 'Código:' (boxed '3'), 'Área:' (boxed '4'), 'Equipo:' (boxed '5'), 'Mantenimiento:' (boxed '6'), 'Plan:' (boxed '7'), 'Descripción de la actividad:' (boxed '8'), and 'Unidad de tiempo:'. To the right of these fields are 'Personal:' (boxed '10') and 'Frecuencia:' (boxed '11'). Below these are 'Refacciones' (boxed '12') and 'Refacciones:' (boxed '13'). Further down are 'Cantidad requerida:' (boxed '13') and 'Unidad de medida:' (boxed '14'). At the bottom are two buttons: 'MODIFICAR' (with a pencil icon) and 'GUARDAR' (with a floppy disk icon).

Fuente: Propia

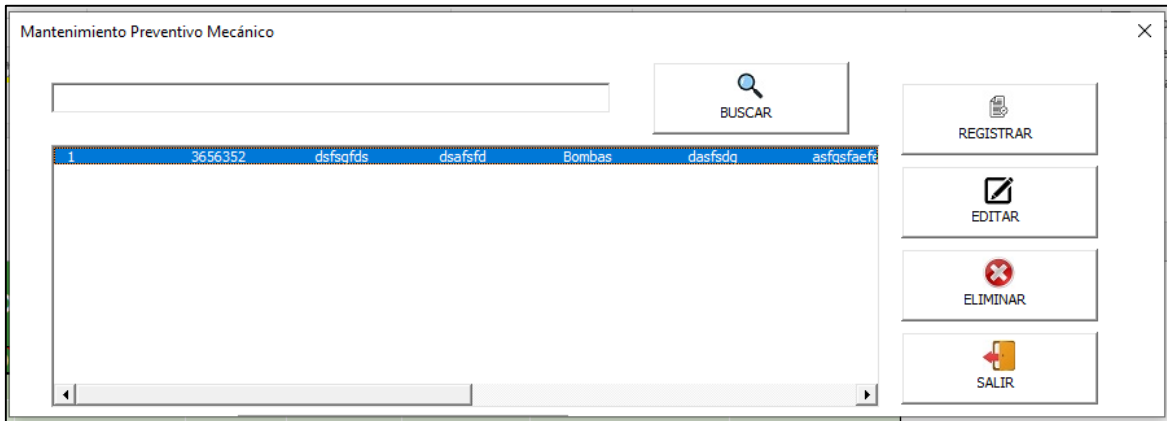
Editar

Para editar se debe de seleccionar la opción y dar click en editar y nuevamente se llenarán los pasos de la **Figura 42**.

Eliminar

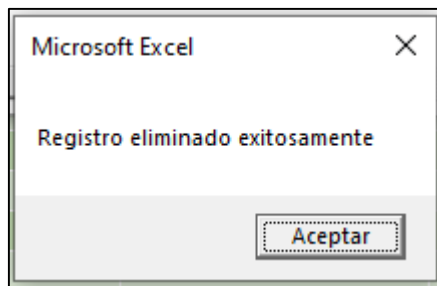
Se selecciona la opción a eliminar y se da click en eliminar, véase la **Figura 43**.

Figura 43. Opción Eliminar



Cuando se ha eliminado aparece el mensaje de la **Figura 44.**

Figura 44. Dato eliminado



Fuente: Propia

Salir

Una vez efectuadas las funciones requeridas dar click en la opción salir.

5. Formato de Mantenimiento Correctivo.

Figura 45. Formato de Mantenimiento Correctivo Mecánico

MANTENIMIENTO CORRECTIVO MECÁNICO												
NO	CÓDIGO	ÁREA	EQUIPO	MANTENIMIENTO	PLAN	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD DE TIEMPO	PERSONAL	FRECUENCIA	REFACCIONES	CANTIDAD REQUERIDA	UNIDAD DE MEDIDA

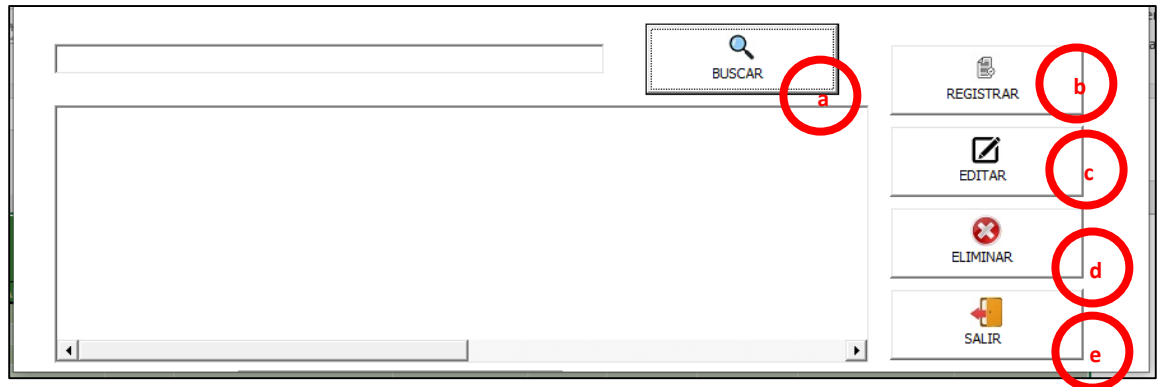
Fuente: Propia

Para registrar la información se presentan las siguientes opciones, como se presenta en la **Figura 46.**

- a) Buscar, permite ubicar el dato requerido.
- b) Registrar, agrega al formato nueva información.
- c) Editar, para cambiar contenido.
- d) Eliminar, quita del registro el dato elegido.

e) Salir, se da cuando ya se efectuó la función requerida.

Figura 46. Ventana Registrar

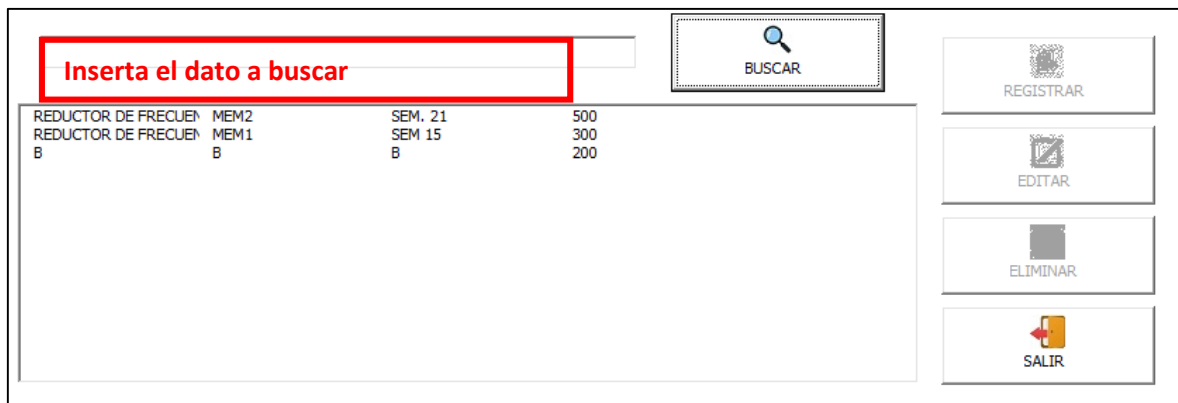


Fuente: Propia

Opción Buscar

Presenta todos los datos registradores y contiene una barra en donde se escribe el dato de la búsqueda requerida.

Figura 47. Opción Buscar



Fuente: Propia

Registrar

Como se ilustra en la **Figura 48** se presenta opciones de llenado de información:

- 15.No.: Es el orden secuencia que llevan los registros (no se puede llenar este campo)
- 16.Código: Ingrese el código interno de los equipos
- 17.Área: Se introduce el área o línea de producción
- 18.Equipo: Agregar nombre del equipo
- 19.Mantenimiento: Seleccionar la opción requerida bomba, transmisión y rodillos.

20. Plan: Se agrega el plan o actividad a realizar específicamente, es decir la pieza exacta.
21. Descripción de la actividad: Se describe detalladamente la actividad a realizar.
22. Unidad de Tiempo: Agregar las unidades de tiempo establecidas.
23. Personal. Número de personal que requiere para dicha actividad.
24. Frecuencia: Número de semana en la que se realiza la actividad.
25. Refacciones: Nombre de la refacción requerida.
26. Cantidad requerida: Número de piezas que requiere.
27. Unidad de Medida: Establece la unidad de lo que requiere (metros, kilos, litros, etc.)
28. Opción de guardar cambios.

Figura 48. Opción Registrar

The screenshot shows a registration form with the following fields and buttons, each highlighted with a red box and a number:

- 1**: Input field for 'No:' containing the value '1'.
- 2**: Input field for 'Código:'.
- 3**: Input field for 'Área:'.
- 4**: Input field for 'Equipo:'.
- 5**: Input field for 'Mantenimiento:'.
- 6**: Input field for 'Plan:'.
- 7**: Input field for 'Descripción de la actividad:'.
- 8**: Input field for 'Unidad de tiempo:'.
- 9**: Input field for 'Personal:'.
- 10**: Input field for 'Frecuencia:'.
- 11**: Input field for 'Refacciones:'.
- 12**: Input field for 'Cantidad requerida:'.
- 13**: Input field for 'Unidad de medida:'.
- 14**: 'GUARDAR' button with a floppy disk icon.

Other elements include a 'MODIFICAR' button with a pencil icon and a 'Refacciones' label above the 'Refacciones:' field.

Fuente: Propia

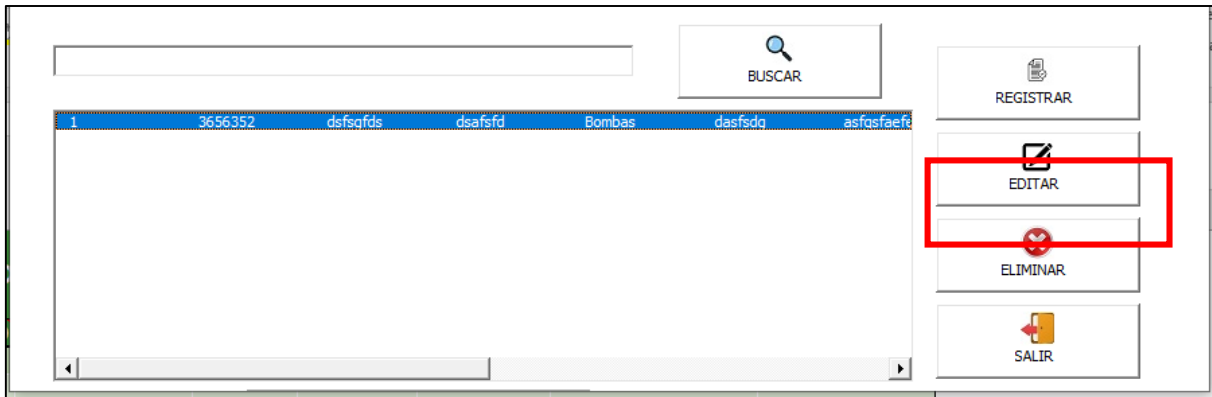
Editar

Para editar se debe de seleccionar la opción y dar click en editar y nuevamente se llenarán los pasos de la **Figura 48**.

Eliminar

Se selecciona la opción a eliminar y se da click en eliminar, véase la **Figura 49**.

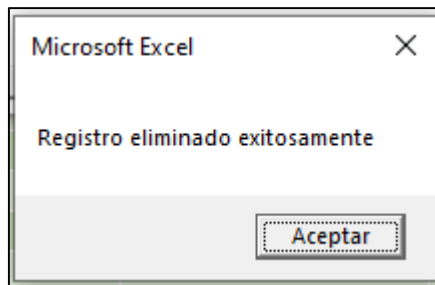
Figura 49. Opción Eliminar



Fuente: Propia

Cuando se ha eliminado aparece el mensaje de la **Figura 50**.

Figura 50. Dato eliminado



Fuente: Propia

Salir

Una vez efectuadas las funciones requeridas dar click en la opción salir.

6. Formato de Equipos.

Figura 51. Formato de Equipos Línea de Extrusión

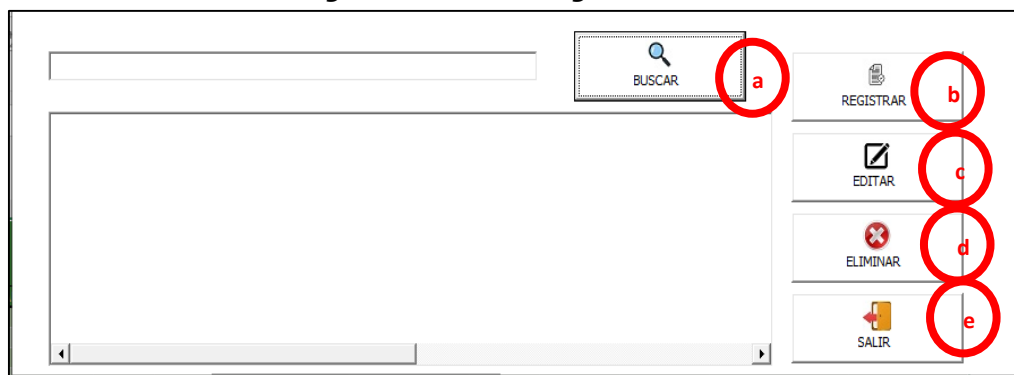
PPLAMI		EQUIPOS LÍNEA DE EXTRUSIÓN						Registrar			ESPECIFICACIONES
NO	CÓDIGO	EQUIPO	No. DE SERIE	MARCA	VOLTAJE	AMPERAJE	MATERIAL	ALTURA	ANCHO	ALTO	ESPECIFICACIONES

Fuente: Propia

Para registrar la información se presentan las siguientes opciones, como se presenta en la **Figura 52**.

- a) Buscar, permite ubicar el dato requerido.
- b) Registrar, agrega al formato nueva información.
- c) Editar para cambiar contenido
- d) Eliminar, quita del registro el dato elegido.
- e) Salir, se da cuando ya se efectuó la función requerida.

Figura 52. Ventana Registrar

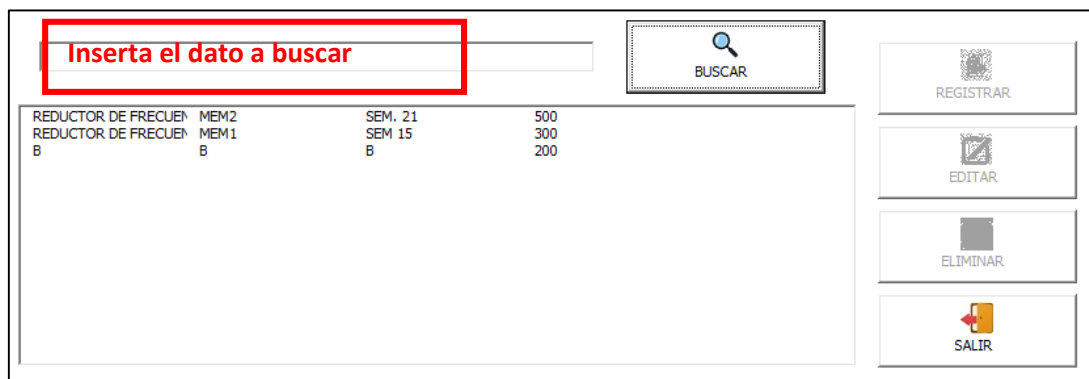


Fuente: Propia

Opción Buscar

Presenta todos los datos registradores y contiene una barra en donde se escribe el dato de la búsqueda requerida.

Figura 53. Opción Buscar



Fuente: Propia

Registrar

Como se presenta en la **Figura 54** se presenta opciones de llenado de información:

1. No.: Es el orden secuencia que llevan los registros (no se puede llenar este campo)
2. Código: Ingrese el código interno de los equipos
3. Equipo: Agregar nombre del equipo
4. No. De Serie del equipo

5. Marca del equipo
6. Voltaje del equipo
7. Amperaje del equipo
8. Unidades de Tiempo: Agregar las unidades de tiempo establecidas.
9. Características técnicas del equipo (Medidas de Ancho, Largo y Alto)
10. Frecuencia: Número de semana en la que se realiza la actividad.
11. Opción de guardar

Figura 54. Opción Registrar

The screenshot shows a registration form with the following fields and callouts:

- 1:** Input field for 'No:' containing the value '5'.
- 2:** Input field for 'Código:'.
- 3:** Input field for 'Equipo:'.
- 4:** Input field for 'NO serie:'.
- 5:** Input field for 'Marca:'.
- 6:** Input field for 'Voltaje:'.
- 7:** Input field for 'Amperaje:'.
- 8:** Input field for 'Unidad de tiempo:'.
- 9:** Input field for 'Altura:' under the 'Características Técnicas' section.
- 10:** Input field for 'Frecuencia:'.
- 11:** 'GUARDAR' button with a floppy disk icon.

Other visible elements include a 'MODIFICAR' button and a search bar at the top.

Fuente: Propia

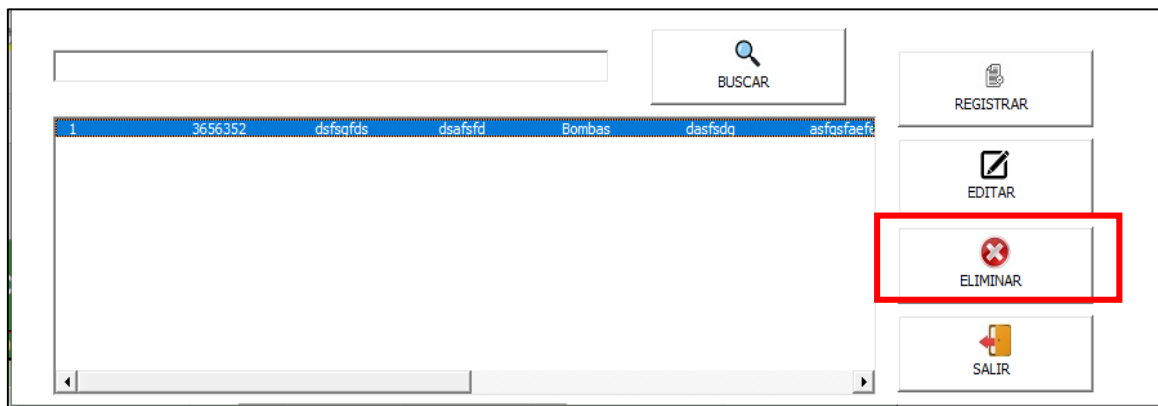
Editar

Para editar se debe de seleccionar la opción y dar click en editar y nuevamente se llenarán los pasos de la **Figura 54.**

Eliminar

Se selecciona la opción a eliminar y se da click en eliminar, véase la **Figura 55.**

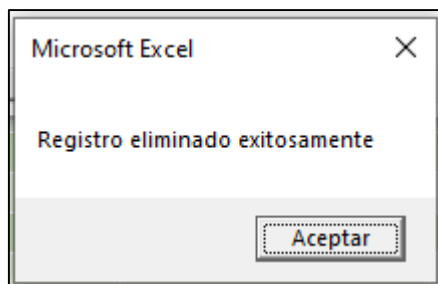
Figura 55. Opción Eliminar



Fuente: Propia

Cuando se ha eliminado aparece el mensaje de la **Figura 56**.

Figura 56. Dato eliminado



Fuente: Propia

Salir

Una vez efectuadas las funciones requeridas dar click en la opción salir.

7. Formato de Registro de Refacciones.

Figura 57. Formato de Registro de Refacciones

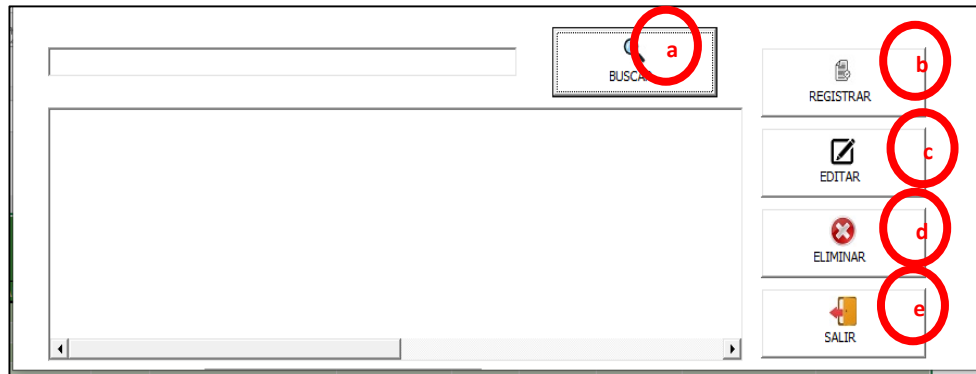
PPLAMI		REGISTRO DE REFACCIONES					Registrar	
NO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MARCA	CLASIFICACIÓN	ESPECIFICACIONES	

Fuente: Propia

Para registrar la información se presentan las siguientes opciones, como se presenta en la **Figura 58**.

- a) Buscar, permite ubicar el dato requerido.
- b) Registrar, agrega al formato nueva información.
- c) Editar para cambiar contenido
- d) Eliminar, quita del registro el dato elegido.
- e) Salir, se da cuando ya se efectuó la función requerida.

Figura 58. Ventana Registrar

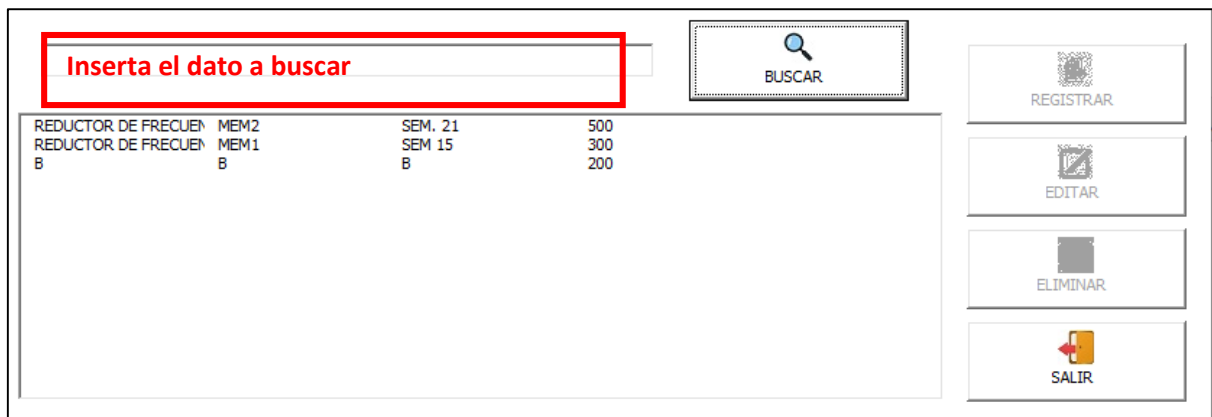


Fuente: Propia

Opción Buscar

Presenta todos los datos registradores y contiene una barra en donde se escribe el dato de la búsqueda requerida.

Figura 59. Opción Buscar



Fuente: Propia

Registrar

Como se presenta en la **Figura 60** se presenta opciones de llenado de información:

1. No.: Es el orden secuencia que llevan los registros (no se puede llenar este campo)
2. Código: Ingrese el código interno de los equipos
3. Descripción: Se describe la refacción
4. Cantidad: Se ingresa cantidad requerida
5. Unidad: Se introduce la unidad a utilizar
6. Marca: Se escribe la marca de la refacción
7. Clasificación: Se menciona a que clasificación pertenece
8. Especificaciones: Se escriben características adicionales

9. Guardar: Una vez llenados los apartados anteriores se da click en guardar

Figura 60. Opción Registrar

Formulario de registro con los siguientes campos y botones:

- No: 7 (1)
- Marca: (6)
- Código: (2)
- Clasificación: (7)
- Descripción: (3)
- Especificaciones: (8)
- Cantidad: (4)
- Unidad: (5)
- Botón MODIFICAR
- Botón GUARDAR (9)

Fuente: Propia

Editar

Para editar se debe de seleccionar la opción y dar click y nuevamente se llenarán los pasos de la **Figura 60**.

Eliminar

Se selecciona la opción a eliminar y se da click, véase la **Figura 61**.

Figura 61. Opción Eliminar

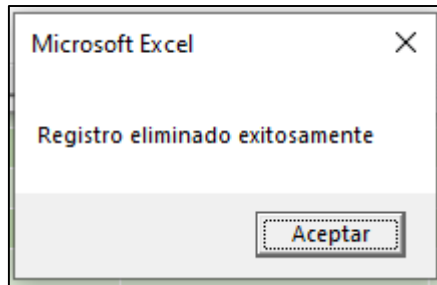
Interfaz de usuario con una tabla y botones de acción:

- Botón BUSCAR
- Tabla con una fila seleccionada (1, 3656352, dsfsqfids, dsafsfd, Bombas, dasfsdg, asfosfaef)
- Botón REGISTRAR
- Botón EDITAR
- Botón ELIMINAR (destacado con un recuadro rojo)
- Botón SALIR

Fuente: Propia

Cuando se ha eliminado aparece el mensaje de la **Figura 62**.

Figura 62. Dato eliminado



Fuente: Propia

Salir

Una vez efectuadas las funciones requeridas dar click en la opción salir.

8. Formato de Personal que conforma la empresa.

Figura 63. Formato de Registro de personal mecánico

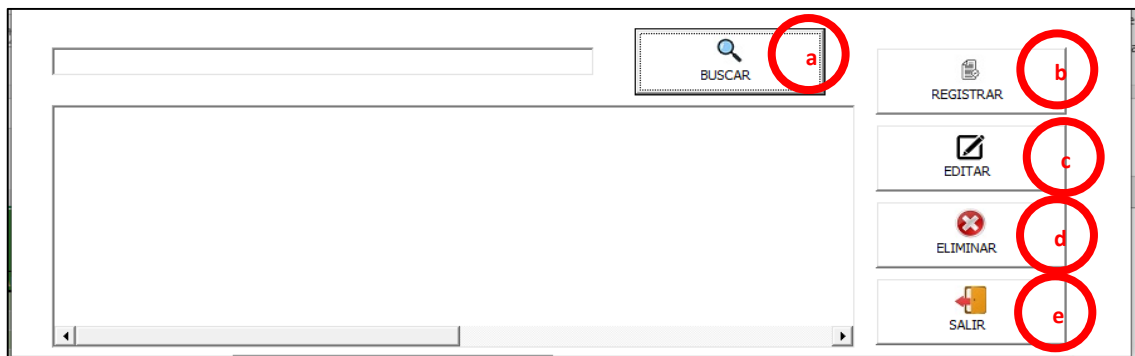
PPLAMI									
REGISTRO DE PERSONAL MECÁNICO									
NO	CÓDIGO	NOMBRE	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	CARGO	FECHA DE INGRESO	ESTADO	TELÉFONO	SEXO

Fuente: Propia

Para registrar la información se presentan las siguientes opciones, como se presenta en la **Figura 64** .

- Buscar, permite ubicar el dato requerido.
- Registrar, agrega al formato nueva información.
- Editar para cambiar contenido
- Eliminar, quita del registro el dato elegido.
- Salir, se da cuando ya se efectuó la función requerida.

Figura 64. Ventana Registrar



Fuente: Propia

Opción Buscar

Presenta todos los datos registradores y contiene una barra en donde se escribe el dato de la búsqueda requerida.

Figura 65. Opción Buscar

REDUCTOR. DE FRECUEN	MEM2	SEM. 21	500
REDUCTOR. DE FRECUEN	MEM1	SEM. 15	300
B	B	B	200

Fuente: Propia

Registrar

Como se presenta en la **Figura 66** se presenta opciones de llenado de información:

1. No.: Es el orden secuencia que llevan los registros (no se puede llenar este campo)
2. Agregar código interno asignado por RRHH
3. Escribir nombre completo
4. Escribir apellido paterno
5. Escribir apellido materno
6. Seleccionar el puesto que tienen en taller mecánico
7. Fecha en la que ingresaron a la empresa
8. Estado (Activo o Inactivo)
9. Número telefónico
10. Sexo (Hombre o Mujer)
11. Guardar cuando ya se hayan llenado todos los campos.

Figura 66. Opción Registrar

Formulario de registro con los siguientes campos:

- No: 6 (1)
- Código: (2)
- Nombre: (3)
- Apellido Paterno: (4)
- Apellido Materno: (5)
- Cargo: (6)
- Fecha de ingreso: (7)
- Estado: (8)
- Teléfono: (9)
- Sexo: (10)
- Botón MODIFICAR (11)
- Botón GUARDAR (11)

Fuente: Propia

Editar

Para editar se debe de seleccionar la opción y dar click en editar y nuevamente se llenarán los pasos de la **Figura 66**.

Eliminar

Se selecciona la opción a eliminar y se da click en eliminar, véase la **Figura 67**.

Figura 67. Opción Eliminar

Interfaz de usuario con los siguientes elementos:

- Botón BUSCAR
- Botón REGISTRAR
- Botón EDITAR
- Botón ELIMINAR (destacado con un recuadro rojo)
- Botón SALIR

Tabla de datos:

ID	Código	Nombre	Apellido Paterno	Apellido Materno	Cargo	Fecha de ingreso
1	3656352	dsfsqfids	dsafsfd	Bombas	dasfsdq	asfqsfaefr

Fuente: Propia

Cuando se ha eliminado aparece el mensaje de la **Figura 68**.

10. Formato Unidad de Tiempo.

Figura 70. Formato Unidades de Tiempo

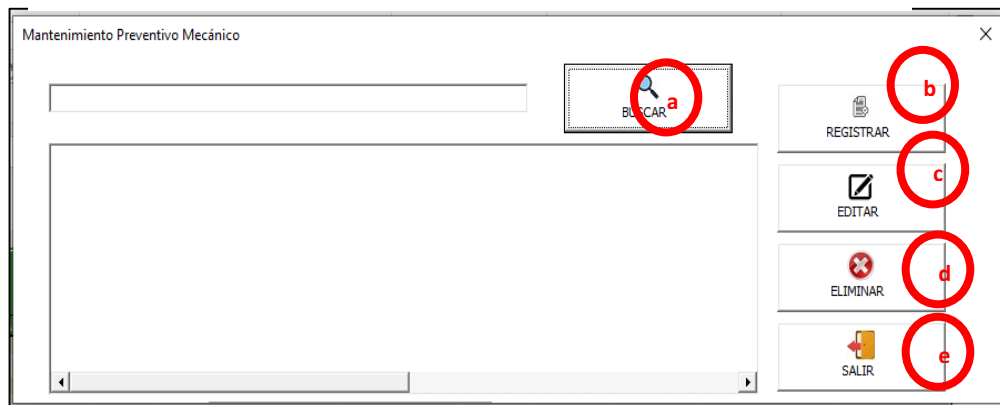
PPLAMI		UNIDADES DE TIEMPO					Registrar
NO	EQUIPO	CÓDIGO	FRECUENCIA	UNIDADES DE TIEMPO	HORAS	MINUTOS	
				500	5	0	
				300	3	0	
				200	2	0	

Fuente: Propia

Para registrar la información se presentan las siguientes opciones, como se presenta en la **Figura 71** .

- Buscar, permite ubicar el dato requerido.
- Registrar, agrega al formato nueva información.
- Editar para cambiar contenido
- Eliminar, quita del registro el dato elegido.
- Salir, se da cuando ya se efectuó la función requerida.

Figura 71. Ventana Registrar



Fuente: Propia

Opción Buscar

Presenta todos los datos registradores y contiene una barra en donde se escribe el dato de la búsqueda requerida.

Figura 72. Opción Buscar

REDUCTOR DE FRECUEN	MEM2	SEM. 21	500
REDUCTOR DE FRECUEN	MEM1	SEM 15	300
B	B	B	200

Fuente: Propia

Registrar

Como se presenta en la **Figura 73** se presenta opciones de llenado de información:

- 12.No.: Es el orden secuencia que llevan los registros (no se puede llenar este campo)
- 13.Equipo: Agregar nombre del equipo
- 14.Código: Ingrese el código interno de los equipos
- 15.Frecuencia: Número de semana en la que se realiza la actividad.
- 16.Unidades de Tiempo: Agregar las unidades de tiempo establecidas.

Figura 73. Opción Registrar

No: 5 **1** Unidades de tiempo: 5 **5**

Equipo: **2**

Código: **3**

Frecuencia: **4**

6 MODIFICAR GUARDAR

Fuente: Propia

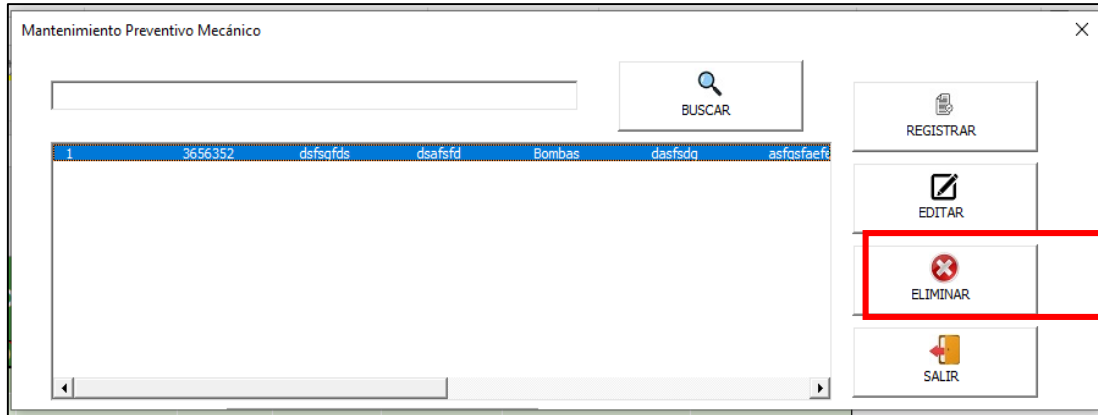
Editar

Para editar se debe de seleccionar la opción y dar click en editar y nuevamente se llenarán los pasos de la **Figura 73**.

Eliminar

Se selecciona la opción a eliminar y se da click en eliminar, véase la **Figura 74**.

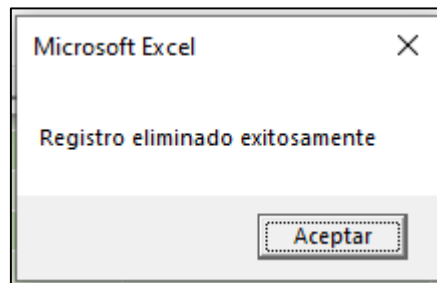
Figura 74. Opción Eliminar



Fuente: Propia

Cuando se ha eliminado aparece el mensaje de la **Figura 75**.

Figura 75. Dato eliminado



Fuente: Propia

Salir

Una vez efectuadas las funciones requeridas dar click en la opción salir.

3.2 ALCANCE Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Alcance

La creación de un Sistema Experto de Mantenimiento pretende ser aplicable y generar un impacto en la reducción de tiempos muertos por mantenimiento mecánico, en donde se tenga un mejor control de actividades, refacciones a utilizar, organización del personal y estandarización de tiempos. Dicho Sistema es aplicable de forma inmediata a la línea de Extrusión de la Máquina Alemana Reifenhäuser. A mediano plazo se prevé que éste sea aplicable a las líneas de Calandra 7 y Calandra 8 que, si bien son máquinas con producción y componentes diferentes, el Sistema Experto es aplicable. Y a un largo plazo implementarlo para el departamento de Infraestructura, que de igual forma realiza mantenimientos de múltiples actividades dentro de la Planta.

A continuación, se presenta línea de Extrusión en las **Figuras 76, 77 y 78**.

Figura 76 Área de Bobinado de Máquina Reifenhäuser línea de Extrusión



Fuente: Propia.

Figura 77. Área de Rodillos de Calandreo, Rodillos de Enfriamiento, Rodillos de Arrastre y Rodillos de Rotación línea de Extrusión.



Fuente: Propia.

Figura 78. Área de Fundición en línea de Extrusión



Fuente: Propia.

Se presenta la los Rodillos principales de la Calandra 7 en la **Figura 79**.

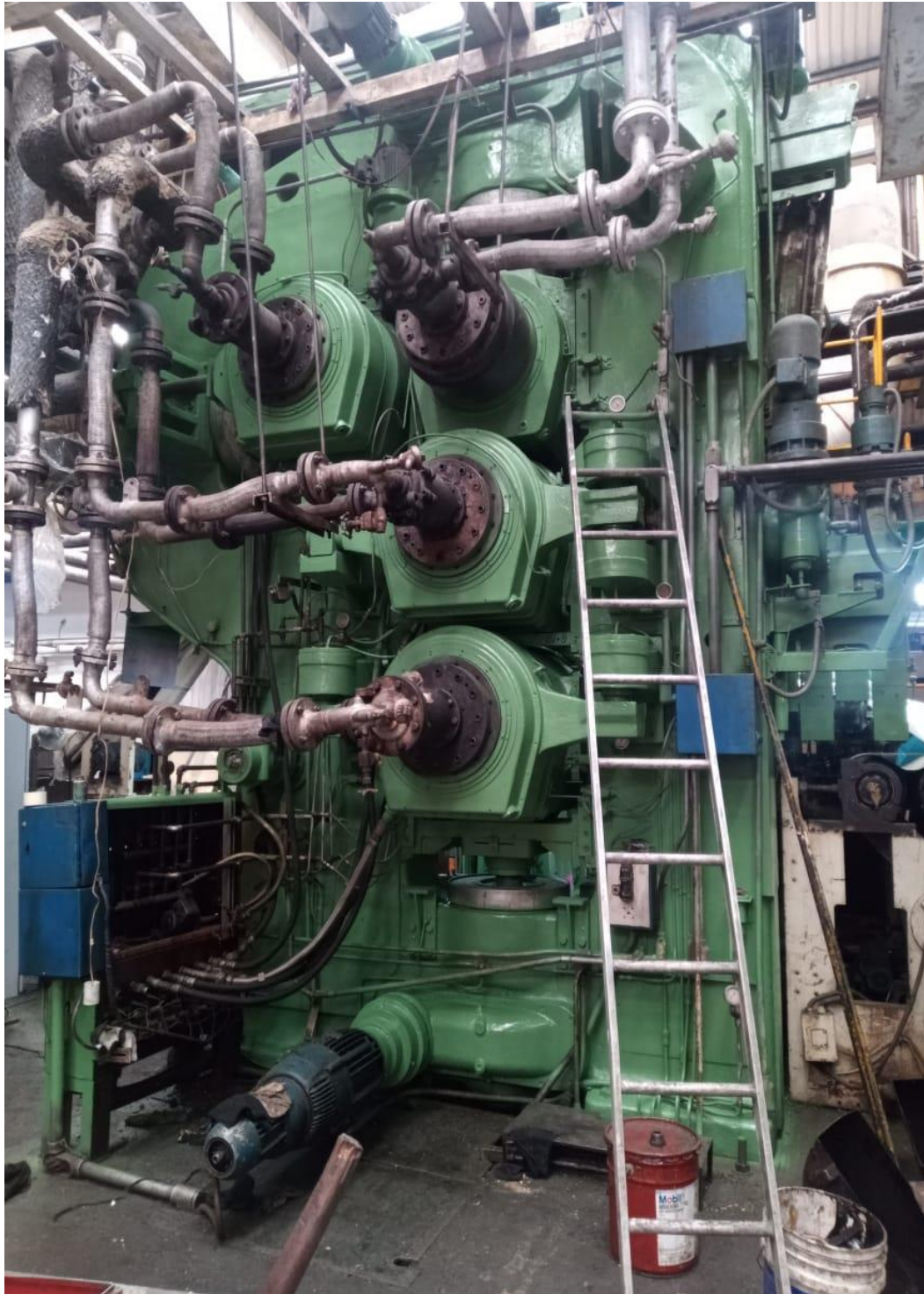
Figura 79. Rodillos de Calandra 7.



Fuente: Propia.

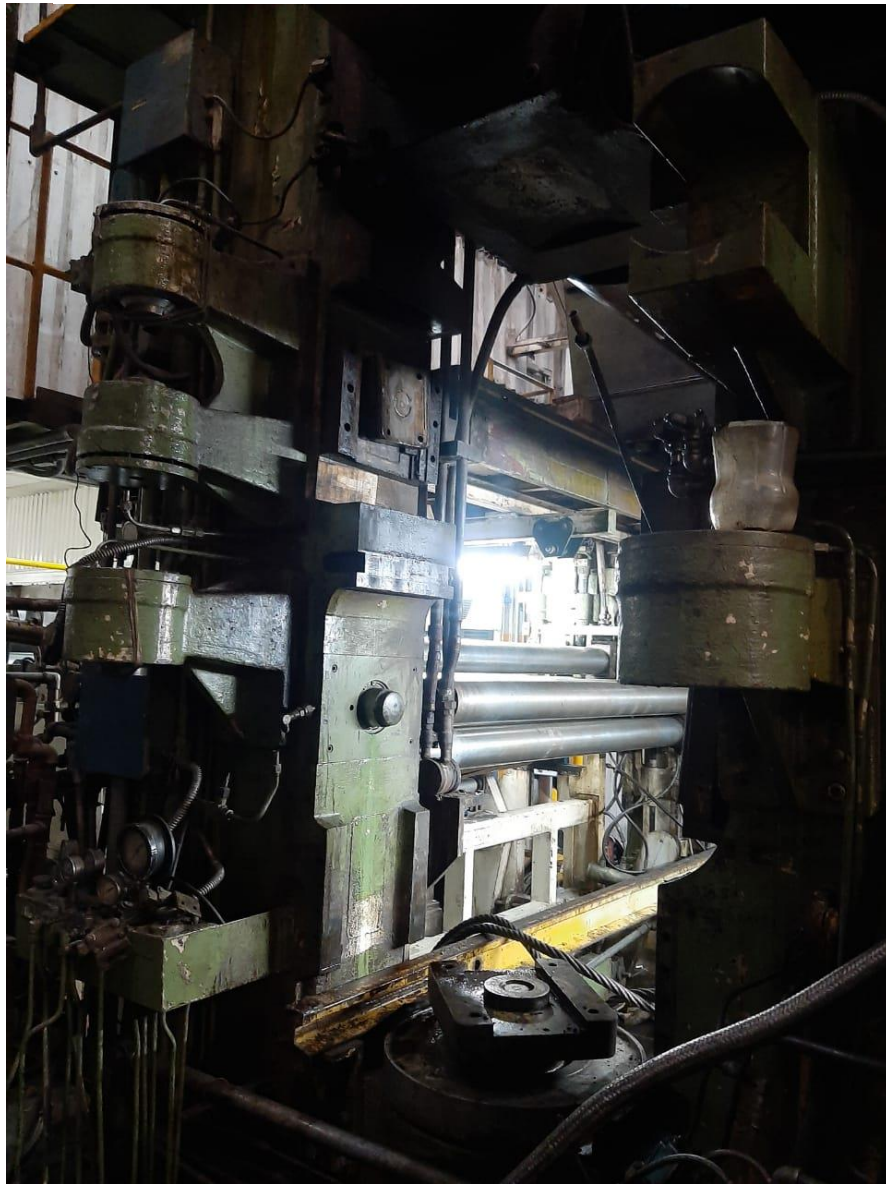
En las **Figuras 80 y 81** se presenta los rodillos del área de calandra 8 y en la **Figura 82** se presenta evidencia de las funciones que realiza Infraestructura.

Figura 80. Rodillos principales de Calandra 8



Fuente: Propia

Figura 81. Rodillos principales de Calandra 8



Fuente: Propia

Figura 82. Funciones de Infraestructura



Fuente: Propia

3.2.2 Enfoque de la Investigación

Se presenta un enfoque cuantitativo, ya que se evaluó la realidad de la calidad de los servicios de mantenimiento efectuados por medio de la efectividad de las ordenes de trabajo realizadas por los equipos de mantenimiento eléctrico y mecánico, así como también por medio de un control de tiempo muerto por mantenimiento. Se puede medir y estimar la magnitud de los fenómenos o problemas.

Así mismo tiene un enfoque cualitativo, en donde a través de la observación y los sonidos emitidos por las máquinas es posible deducir si el mantenimiento efectuado no se realizó de forma efectiva o si la máquina esta próxima a una posible falla o avería. Los reportes diarios llenados por los jefes de turno, son de gran ayuda para monitorear el funcionamiento de la línea, pues son una recopilación de información y se aplica una lógica inductiva.

3.2 HIPÓTESIS

Al generar un Sistema experto de Mantenimiento, se tiene mejor control puesto que se programan fechas, materiales, refacciones y personal para asignar tiempos estándar de ejecución de mantenimientos y así reducir tiempos muertos en un 20%.

3.3 DISEÑO Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para poder diseñar un Sistema de Mantenimiento para la línea de Extrusión es necesario conocer el estado de dicha línea de producción, se debe de realizar una exhaustiva investigación, tanto del proceso de producción, como de la forma en que se opera, los componentes que la integran, la forma en que se da mantenimiento, cada cuánto se realiza, quiénes son los encargados, etc.

Al presentar el planteamiento del problema, se da el alcance inicial de la investigación y se empiezan a formular las primeras hipótesis, se empiezan a realizar las principales preguntas de Investigación en donde se empiezan a cumplir los objetivos fijados.

Para Kalaian en (2008) el termino diseño es el siguiente:

“El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema.”¹²

El diseño de Investigación presenta dos tipos, que son la investigación experimental en la que los diseños son propios de la investigación cuantitativa y la investigación no experimental en la que no se tiene un control directo y puede ser aplicada en ambos enfoques.

3.3.1 Métodos Mixtos en General

En Método de investigación empleado, es un pendiente cuantitativo mixto (Cuan-Cual), puramente cuantitativo, teniendo como resultado una preponderancia cuantitativa.

El método cuantitativo se presenta dentro de la Investigación, ya que se realiza el análisis y comparativas del número de horas de tiempo muerto presentes en el mantenimiento preventivo. El control de semanas e insumos necesarios para poder realizar las actividades.

El método cualitativo se hace presente en la Investigación, ya que los equipos de la línea de extrusión presentan sonidos que alertan posibles fallas, además de la tonalidad de los aceites, el desgaste visual de algunas bandas, la fricción de los baleros, el desgaste de los orring y el trabajo forzado de los succionadores.

La fase conceptual es el método cuantitativo pasando a una fase metodológica empírica en donde se realiza una deducción de las posibles fallas, pasando a una fase empírica analítica en donde se realiza la comparativa de los tiempos impactados

¹² Kalaian (2008) Metodología de Investigación.

en el proceso, pasando a una fase inferencial o de discusión que trata de buscar las causas o el por qué se suscitó dicho inconveniente y pasando al enfoque cualitativo que de igual forma pasa por la fase empírica metodológica, fase empírica analítica, fase inferencial o de discusión teniendo el resultado final las metainferencias que son producidas por ambos enfoques.

- **Reportes diarios (Cualitativo):** Por medio de reportes diarios es posible realizar anotaciones de lo que sucede durante un turno, en donde se comienza a conocer el proceso de una forma presencial. Aplicable en los dos primeros turnos.
- **Check List (Cuantitativo):** Realización de formatos, primero para conocer el tiempo en que se realizan en realizar actividades de mantenimiento Preventivo. Se aplicará únicamente a la Limpieza de la bomba de vacío, Limpieza a la bomba SP630 y Limpieza a bomba WS2001. Esta limpieza se realiza cada 15 días, se realiza el monitoreo del mes de septiembre y octubre.
- **Estadística descriptiva (Cuantitativa):** Se realizan concentrados de información referente a los tiempos muertos por mantenimiento de forma mensual, además de realizar una comparativa del año pasado para conocer el comportamiento e impacto.
- **Diagrama de Flujo (Cualitativo):** Por medio del diagrama de Flujo del proceso de producción de extrusión, se logra identificar los equipos que conforman la línea de Producción.

3.4 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

3.4.1 Selección de Muestra Cualitativa

La Selección de muestra cualitativa se realiza por medio del formato de bitácora de turno, en donde se detalla los tipos de fallas presentes, las horas en las que se presenta y la acción tomada por el personal de extrusión y por el personal de mantenimiento.

Se consideró la muestra de las bitácoras de turno del mes de mayo a octubre (184 días).

De igual forma se presenta un concentrado de fallas ocurridas, sin considerar una selección de la muestra.

- **Máquinas:** Realizar una tabla de los componentes de la línea de Extrusión.
- **Personal de Taller Mecánico (Experto):** Funciones que realiza cada uno y su actuación en actividades de mantenimiento mecánico.
- **Personal de la Línea de Producción (No Experto):** Funciones que realiza cada uno.

3.4.2 Selección de Muestra Cuantitativa

- La población es el área de extrusión, el tiempo global en el que se ha realizado el mantenimiento (meses)
- La muestra son las horas de tiempo muerto por mantenimiento en los 3 turnos.

Para realizar la selección de muestra cuantitativa, se requiere de muestreo probabilístico, el motivo de la utilización del muestreo probabilístico es generar una muestra representativa de la población extraída.

El tipo de muestreo probabilístico a utilizar es el aleatorio simple, ya que es un subconjunto de una muestra elegida de una población grande, en este caso hablamos de los meses de mayo a octubre. Los sujetos de estudio son seleccionados por sorteo por medio de la función de Excel [=ALEATORIO()*184].

La fórmula a utilizar es:

$$n = \frac{p * q * N}{e^2 * N + p * q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

N: Tamaño de la población.

p: Proporción de la población que posee las características de estudio (cuando no se conoce se considera a $p=0.5$)

e: Error estándar (se considera a $e=0.05$)

q: $1 - p$.

La línea de Extrusión en el año 2021 ha tenido el siguiente número de horas muertas por mantenimiento (de forma mensual).

Tabla 4 Tiempo Muerto por Mantenimiento de Líneas de producción

Mes	TIEMPO MUERTO MANTENIMIENTO (HRS)			
	k7	k8	Corte	Extrusion
Enero	34.83	22.25	7.00	34.75
Febrero	39.00	53.17	17.00	27.25
Marzo	0.000	18.25	5.00	13.00
Abril	27.75	5.33	2.50	34.75
Mayo	22.75	14.25	6.00	32.67
Junio	18.50	11.00	3.08	32.08
Julio	25.17	20.67	50.17	16.50
Agosto	14.58	58.68	8.67	11.00
Septiembre	0.00	72.67	52.00	158.75
Octubre	0.00	108.25	18.17	34.17

Fuente: Propia

De los 10 meses que se tienen registro se seleccionarán únicamente de mayo a octubre, debido a que no se tiene acceso a la información de los primeros 5 meses.

Tabla 5. Horas Muertas por Mantenimiento en línea de Extrusión por mes

Mes	Extrusión
Mayo	32.67
Junio	32.08
Julio	16.50
Agosto	11.00
Septiembre	158.75
Octubre	34.17

Fuente: Propia

Cada mes estuvo conformado por el siguiente número de días. Con un total de 184 días.

Tabla 6. Días que conforman el mes

Mes	Días
Mayo	31
Junio	30
Julio	31
Agosto	31
Septiembre	30
Octubre	31
Total	184

Fuente: Propia

A continuación, se presentan los pasos para obtener el tamaño de la muestra.

Datos:

- $n=?$
- $N=180$
- $p=0.2$
- $e=0.05$
- $q=1-0.2=0.8$

Sustitución:

$$n = \frac{p * q * N}{e^2 * N + p * q}$$

$$n = \frac{(0.2)(0.5)(184)}{(0.05)^2(184) + (0.2)(0.5)}$$

$$n = \frac{(18.4)}{(0.56)}$$

$$n = 32.85 = 33$$

Se puede concluir, que mi tamaño de muestra es de 33, de los 184 datos elegiré 33 de forma aleatoria.

Se presenta a continuación en la **Tabla 7** los sujetos de estudio seleccionados para la aplicación de datos cuantitativos.

Tabla 7. Muestras aleatorias

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	1183	184						

Fuente: Propia

En la **Tabla 8**, se presentan los datos aleatorios obtenidos por medio de la hoja de cálculo de Excel, por medio de la fórmula [=ALEATORIO()*184].

Tabla 8. Números arrojados de muestra aleatoria

1	136	17	138
2	64	18	37
3	86	19	168
4	26	20	165
5	123	21	30
6	16	22	56
7	161	23	181
8	103	24	97
9	113	25	180
10	23	26	43
11	62	27	38
12	65	28	154
13	137	29	74
14	120	30	48
15	92	31	166
16	69	32	79
		33	118

Fuente: Propia

A continuación, se presentan en la **Tabla 9** las fechas que salieron seleccionadas como objetos de estudio, se presentan tres columnas, la primera referente al número aleatorio obtenido, la segunda al mes y la tercera columna al día.

Tabla 9. Fechas de muestras aleatorias

No. Aleatorio	Mes	Día
123	Agosto	31
103	Agosto	11
113	Agosto	20
120	Agosto	28
97	Agosto	5
118	Agosto	26
64	Julio	3
86	Julio	25
62	Julio	1
65	Julio	4
92	Julio	31
69	Julio	8
74	Julio	14
79	Julio	18
37	Junio	6

56	Junio	25
43	Junio	12
38	Junio	7
48	Junio	17
26	Mayo	26
16	Mayo	16
23	Mayo	23
30	Mayo	30
168	Octubre	15
165	Octubre	12
181	Octubre	28
180	Octubre	27
154	Octubre	1
166	Octubre	13
161	Octubre	8
136	Septiembre	13
137	Septiembre	14
138	Septiembre	15

Fuente: Propia

3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 Selección del Instrumento

- **Recolección de datos Cualitativos**

Para la recolección de datos cualitativos, se realizó una Investigación detallada de las Máquinas que conforman la línea de producción de la línea de extrusión.

Se investigó el número de trabajadores que conforman la línea de producción y las funciones que desempeñan cada uno de ellos. Así como también de los trabajadores que conforman el taller mecánico. Esto con fin de conocer y estudiar funciones que desempeñan cada uno, ya sea en el proceso de producción o en la realización de Mantenimientos.

En la **Sección 3.1 Procedimiento y desarrollo de actividades realizadas**, se presenta las investigaciones realizadas y la información obtenida como son las áreas que conforman, las funciones o actividades que realiza cada departamento, la ubicación de cada área por medio del Layout de la Planta y el Layout del proceso de producción de extrusión.

- **Selección de Datos Cuantitativos**

Para la recolección de datos cuantitativos se ha requerido del registro histórico de las horas muertas por mantenimiento en el área de extrusión. La información recabada va desde enero a octubre del 2021 pero también se tiene el concentrado de horas muertas por mantenimiento del año 2021 como se observa en la **Tabla 10**. En la sección **3.4.2 Selección de Muestra Cuantitativa**, la información se detalla a días para poder realizar el estudio de forma detallada.

En la siguiente tabla se presenta un comparativo de horas muertas por mantenimiento en el año 2020 y 2021. Ésta integra las 3 líneas de producción y corte (que forma parte de K8). En el año 2021 siguen pendientes los dos últimos meses del mes que son noviembre y diciembre, ya que aún siguen en proceso.

Tabla 10. Horas Muertas por Mantenimiento (PLAMI)

Año 2021					Año 2020			
TIEMPO MUERTO MANTENIMIENTO (HRS)					TIEMPO MUERTO MANTENIMIENTO (HRS)			
Mes	k7	k8	Corte	Extrusion	k7	k8	Corte	Extrusion
Enero	34.83	22.25	7.00	34.75	1.75	27.17	34.75	35.00
Febrero	39.00	53.17	17.00	27.25	24.33	29.85	2.50	28.49
Marzo	0.000	18.25	5.00	13.00	7.083	6.67	4.16	43.67
Abril	27.75	5.33	2.50	34.75	9.75	10.42	2.83	21.58
Mayo	22.75	14.25	6.00	32.67	14.08	13.92	1.00	35.33
Junio	18.50	11.00	3.08	32.08	11.50	13.17	1.00	15.83
Julio	25.17	20.67	50.17	16.50	15.08	7.17	4.83	33.67
Agosto	14.58	58.68	8.67	11.00	14.33	42.17	32.17	21.08
Septiembre	0.00	72.67	52.00	158.75	37.25	79.92	4.75	28.50
Octubre	0.00	108.25	18.17	34.17	9.33	23.83	5.25	10.00
Noviembre					11.58	6.08	3.50	22.67
Diciembre					145.83	10.67	8.75	81.75

Fuente: Propia

3.5.2 Aplicación del Instrumento

- **Horas Muertas por Mantenimiento en Línea de Extrusión**

Como se observa en la Tabla anterior, se tiene un dato histórico de las horas muertas por mantenimiento del año 2020 y 2021. Las que son analizadas son las del 2021 y se cuenta con el registro del mes de enero hasta el mes de octubre. En la siguiente tabla se presentan las descripciones de las fallas por mes, véase la **Tabla 11**.

Tabla 11. Desglose de horas muertas por mantenimiento

Area	Equipos con mayor incidencia	Año 2021												Total	%	% Acumula	Tendencia	Promedio mensual	Promedio diario
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agc	Sep	Oct								
5	Mantto mec	Paro mantenimiento, paro emergencia, acondicionamiento	930	0.0	40.0	0.0	0.0	0.0	40.00					1010.0	4.3	4.7	1010.0	84.2	3.9
6	Operación, Mantto mec	No pusieron causa	349.0	60.0	110.0	928.0	551.0	70.0	140.00	80.00	30.00	310.00		2628.0	11.1	15.8	2628.0	219.0	10.1
7	Operación-Mantto mec	Ajuste de cuchilla circular, no corta navaja, cambio	60.0	40.0	50.0	50.0	60.0	575.0	100.00		115.00			1050.0	4.4	20.3	1050.0	87.5	4.0
8	Mantto mec	Mantto programado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	540.0			6235.00	80.00		6855.0	29.0	49.3	6855.0	571.3	26.4
9	Mantto mec	Bomba de vacío: Falla, se apaga, sobrecalentamiento	0.0	185.0	170.0	0.0	60.0	30.0	465.00		870.00	200.00		1980.0	8.4	57.7	1980.0	165.0	7.6
10	Mantto mec	Tomillo barrido de dekling, reparacion de tomillo b	0.0	100.0	185.0	100.0	30.0	0.0	150.00	30.00	185.00			780.0	3.3	61.0	780.0	65.0	3.0
11	Mantto mec	Falla/taponamiento en detector de metales	50.0	260.0	0.0	0.0	30.0	45.0		25.00	30.00			440.0	1.9	62.8	440.0	36.7	1.7
12	Mantto mec	Falla piston no sube a posicion de presion	0.0	0.0	0.0	0.0	150.0	230.0						380.0	1.6	64.4	380.0	31.7	1.5
13	Mantto mec	Falla bomba de masa fundida B1	0.0	130.0	0.0	0.0	235.0	0.0				200.00		565.0	2.4	66.8	565.0	47.1	2.2
14	Operación- Mantto mec	Silicon: falla en rod, falta de silicon /Silicon: Exces	45.0	100.0	115.0	90.0	10.0	35.0	15.00	70.00	30.00	340.00		850.0	3.6	70.4	850.0	70.8	3.3
15	Mantto mec	Falla equipo chiller: calentamiento de rodillos	20.0	120.0	0.0	35.0	115.0	0.0	70.00	30.00	820.00			1210.0	5.1	75.5	1210.0	100.8	4.7
16	Mantto mec	Unidad/Bomba hidraulica: Falla, obsturacion en fil	155.0	130.0	60.0	0.0	0.0	0.0		25.00				370.0	1.6	77.1	370.0	30.8	1.4
17	Mantto mec	Filtro rods principales obsturado	100.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0				100.00		360.0	1.5	78.6	360.0	30.0	1.4
18	Mantto mec	Acondicionamiento de secador	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	0.0	20.00					200.0	0.8	79.5	200.0	16.7	0.8
19	Operación	Taponamiento de linea	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	0.0						180.0	0.8	80.2	180.0	15.0	0.7
20	Mantto mec	Aceite: Nivelacion de aceite servo de rods, fuga de	150.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0						350.0	1.5	81.7	350.0	29.2	1.3
21	Mantto mec	Calentamiento/Falla rodillo 2	0.0	0.0	0.0	365.0	0.0	0.0		20.00	20.00			405.0	1.7	83.4	405.0	33.8	1.6
22	Mantto mec	Exceso de pigmento	50.0	50.0	0.0	0.0	60.0	0.0		20.00				180.0	0.8	84.2	180.0	15.0	0.7
23	Mantto mec	Limpieza en interior de garganta de vacío	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0	0.0		30.00	15.00			165.0	0.7	84.9	165.0	13.8	0.6
24	Mantto mec	Falla convertidor/succionador/ A/ Extrusor A	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0			315.00	220.00		635.0	2.7	87.6	635.0	52.9	2.4
25	Mantto mec	Baja presion de aire en compresor, falla compres	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0	0.0		35.00		200.00		325.0	1.4	89.0	325.0	27.1	1.3
26	Mantto mec	Falla freno se apaga	0.0	0.0	0.0	195.0	0.0	0.0						195.0	0.8	89.8	195.0	16.3	0.8
27	Mantto mec	Falla extrusor B fallo combinado convertidor	0.0	0.0	40.0	45.0	0.0	0.0				200.00		285.0	1.2	91.0	285.0	23.8	1.1
28	Mantto mec	Desacoplamiento de clutch	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.0						80.0	0.3	91.3	80.0	6.7	0.3
29	Mantto mec	Nivel alto de puntos de rocío pet	20.0	100.0	40.0	0.0	0.0	0.0						160.0	0.7	92.0	160.0	13.3	0.6
30	Mantto mec	Resistencia dañada	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						60.0	0.3	92.3	60.0	5.0	0.2
31	Mantto mec	Falla calandrea filtro	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0		15.00				65.0	0.3	92.5	65.0	5.4	0.3
32	Mantto mec	Falla drive en trineo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0						50.0	0.2	92.7	50.0	4.2	0.2
33	Mantto mec	Rodillo de rineo desnivelado/ Tren de Rod. Acumu	0.0	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0		90.00		200.00		330.0	1.4	94.1	330.0	27.5	1.3
34	Mantto mec	Falla fusible de cuchillas	0.0	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0			20.00			60.0	0.3	94.4	60.0	5.0	0.2
35	Mantto mec	Fuga niple oxidado	0.0	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0						35.0	0.1	94.5	35.0	2.9	0.1
36	Mantto mec	Falla boton para acelerar la linea	30.0	0.0	0.0	15.0	0.0	30.0						75.0	0.3	94.9	75.0	6.3	0.3
37	Mantto mec	Ajuste de proceso falla NDC	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	30.0						45.0	0.2	95.0	45.0	3.8	0.2
38	Mantto mec	Falla en bandas de molino triak	15.0	0.0	0.0	15.0	0.0	30.0	30.00					90.0	0.4	95.4	90.0	7.5	0.3
39	Mantto mec	Ajuste de flechas de embobinadores	24.0	0.0	0.0	15.0	0.0	30.0						69.0	0.3	95.7	69.0	5.8	0.3
40	Mantto mec	Falta de montacargas para trasladar super sacco c	27.0	0.0	0.0	15.0	0.0	30.0						72.0	0.3	96.0	72.0	6.0	0.3
41	Mantto mec	Mantto a Bomba de vacío/ ductos de vacío								200.00				200.0	0.8	96.9	200.0	16.7	0.8
42	Mantto mec	Falla servomotor									840.00			840.0	3.6	100.4	840.0	70.0	3.2
Minutos			2085.0	1635.0	860.0	2088.0	1961.0	1725.0	990.0	710.0	9525.0	2050.0		23629.0	100.0				
Horas			34.8	27.3	14.3	34.8	32.7	28.8	16.5	11.8	158.8	34.2		23629.0					

Fuente: Propia

3.5.3 Preparación de Datos

En base a los numero aleatorios arrojados, se realizó una búsqueda del número de horas muertas por mantenimiento mecánico y a su del tipo de falla que se tuvo, véase la siguiente **Tabla 12**.

Tabla 12. Actividades obtenidas en Muestra aleatoria

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
26	Mayo	26	4	Falla Extrusor A
16	Mayo	16	5	Cambio de cuchilla
23	Mayo	23	3	Falla bomba de masa fundida B1
30	Mayo	30	7	Falla Bomba de vacío
37	Junio	6	2	Cambio de cuchilla
56	Junio	25	1	Mantenimiento Programado
43	Junio	12	6	Taponamiento en detector de metales
38	Junio	7	1	Falla NDC
48	Junio	17	4	Falla en bandas de Molino tria
64	Julio	3	2	Cambio de cuchilla
86	Julio	25	1	Falla Bomba de vacío
62	Julio	1	1	Tornillo barrido de dekling
65	Julio	4	2	Falla en bandas de Molino tria
92	Julio	31	1	Acondicionamiento de secador
69	Julio	8	1	No ponen causa
74	Julio	14	3	Falla en Chiller
79	Julio	18	0	No hubo falla
123	Agosto	31	1	Tornillo barrido de dekling
103	Agosto	11	1	Taponamiento en detector de metales
113	Agosto	20	5	Falla en Chiller
120	Agosto	28	2	Falla en unidad de Bomba Hidráulica
97	Agosto	5	1	Mantenimiento Programado
118	Agosto	26	1	Falla calandrea filtro
136	Septiembre	13	24	Mantenimiento Programado
137	Septiembre	14	24	Mantenimiento Programado
138	Septiembre	15	24	Mantenimiento Programado
168	Octubre	15	6	Mantenimiento Programado
165	Octubre	12	1	Cambio de cuchilla
181	Octubre	28	1	Falla Bomba de vacío
180	Octubre	27	3	Mantenimiento Programado
154	Octubre	1	2	Falla fusible de cuchillas
166	Octubre	13	4	Falla servomotor
161	Octubre	8	1	Tornillo barrido de dekling

Fuente: Propia

3.6 Análisis de Datos

Mayo

En el mes de mayo se obtuvieron los siguientes resultados, véase la **Tabla 13**.

Tabla 13. Muestra tiempo muerto mayo

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
26	Mayo	26	4	Falla Extrusor A
16	Mayo	16	5	Cambio de cuchilla
23	Mayo	23	3	Falla bomba de masa fundida B1
30	Mayo	30	7	Falla Bomba de vacío

Fuente: Propia

De los 4 días seleccionados de forma aleatoria se tuvo un total de 19 horas en donde las fallas fueron el Extrusor A, cambio de cuchillas, falla en bomba de masa fundida B1 y falla en bomba de vacío. El mes de mayo tenía un total de 32.67 horas por mantenimiento, de la muestra que aleatoria obtenida obtuvimos el **58.15%** de horas muertas de ese mes. De las muestras, el 30 de mayo se presentó falla en la bomba de vacío con 7 hrs por mantenimiento.

Junio

En el mes de junio se obtuvieron las siguientes muestras aleatorias, véase **Tabla 14**.

Tabla 14. Muestra tiempo muerto junio

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
37	Junio	6	2	Cambio de cuchilla
56	Junio	25	1	Mantenimiento Programado
43	Junio	12	6	Taponamiento en detector de metales
38	Junio	7	1	Falla NDC
48	Junio	17	4	Falla en bandas de Molino tria

Fuente: Propia

Se tuvieron 5 números aleatorios del mes de junio, dando un total de 14 horas muertas por mantenimiento, el mes de junio tuvo un total de 32.08 horas; las horas de nuestra muestra representan el 43.64% del mes de junio. De las muestras, el 12 de junio se tuvo taponamiento en detector de metales, siendo este el mayor número de horas en la muestra del mes de junio.

Julio

En el mes de julio se obtuvieron las siguientes muestras aleatorias, véase **Tabla 15**.

Tabla 15. Muestra tiempo muerto julio

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
64	Julio	3	2	Cambio de cuchilla
86	Julio	25	1	Falla Bomba de vacío
62	Julio	1	1	Tornillo barrido de dekling
65	Julio	4	2	Falla en bandas de Molino tria
92	Julio	31	1	Acondicionamiento de secador
69	Julio	8	1	No ponen causa
74	Julio	14	3	Falla en Chiller
79	Julio	18	0	No hubo falla

Fuente: Propia

En el mes de julio arrojaron 8 número aleatorios; dando un total de 10 horas de tiempo muerto por mantenimiento mecánico, de un total de 16.50 horas que tuvo el mes. Se obtuvo un 60.60% de horas muertas de la muestra seleccionada. De las muestras, el 14 se julio se presentó el mayor número de horas con la falla del enfriador ChillerTrane.

Agosto

En el mes de agosto se obtuvieron las siguientes muestras aleatorias, como se presenta en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Muestra tiempo muerto agosto

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
123	Agosto	31	1	Tornillo barrido de dekling
103	Agosto	11	1	Taponamiento en detector de metales
113	Agosto	20	5	Falla en Chiller
120	Agosto	28	2	Falla en unidad de Bomba Hidráulica
97	Agosto	5	1	Mantenimiento Programado
118	Agosto	26	1	Falla calandrea filtro

Fuente: Propia

En este mes arrojó 6 muestras aleatorias, obteniendo un total de 11 horas por mantenimiento y en el mes se obtuvo un total de 11 horas, por lo que se la muestra se obtuvo el 100% de horas muertas por mantenimiento. De las muestras, el día 20 de agosto se presentaron 5 hrs muertas por falla en el enfriador ChillerTrane.

Septiembre

En el mes de septiembre se tuvieron las siguientes muestras aleatorias, véase **Tabla 17**.

Tabla 17. Muestra tiempo muerto septiembre

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
136	Septiembre	13	24	Mantenimiento Programado
137	Septiembre	14	24	Mantenimiento Programado
138	Septiembre	15	24	Mantenimiento Programado

Fuente: Propia

De las 3 muestras aleatorias se obtuvo un total de 72 horas muertas por mantenimiento programado, es decir por efectuarse mantenimiento preventivo. En el mes de septiembre se reportaron 158.75 horas muertas por mantenimiento. Cabe mencionar que en este mes se realizó mantenimiento programado del día 13 al día 17 en donde la línea de extrusión estuvo parada por 120 horas consecutivas. De la muestra aleatoria obtenida se obtuvo el 45.35% de horas muertas del mes.

Octubre

En el mes de octubre se registraron las siguientes muestras aleatorias, véase **Tabla 18**.

Tabla 18. Muestra tiempo muerto octubre

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
168	Octubre	15	6	Mantenimiento Programado
165	Octubre	12	1	Cambio de cuchilla
181	Octubre	28	1	Falla Bomba de vacío
180	Octubre	27	3	Mantenimiento Programado
154	Octubre	1	2	Falla fusible de cuchillas
166	Octubre	13	4	Falla servomotor
161	Octubre	8	1	Tornillo barrido de dekling

Fuente: Propia

De las 7 muestras aleatorias obtenidas del mes, se obtuvo un total de 18 horas por mantenimiento, de un total del mes de 34.17 hrs. De la muestra se obtuvo el 52.67% de horas. De los 7 datos de la muestra el día 15 de octubre se registró mayor número de horas, 6 hrs por mantenimiento programado, esto quiere decir que se comunica al área de producción que la línea parara y trabajará taller mecánico, lo que se desconoce es el tiempo que tardarán realizando las actividades.

3.6.1 Análisis de datos obtenidos

A continuación, se presenta la **Tabla 19** que ilustra de forma detallada el número de horas muertas y las actividades que impactaron en el tiempo muerto por mantenimiento del mes de mayo a octubre.

Considerando que estos 33 datos fueron obtenidos de forma aleatoria de un total de 6 meses (184 días).

Tabla 19. Actividades ordenadas por ocurrencia

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
92	Julio	31	1	Acondicionamiento de secador
16	Mayo	16	5	Cambio de cuchilla
37	Junio	6	2	Cambio de cuchilla
64	Julio	3	2	Cambio de cuchilla
165	Octubre	12	1	Cambio de cuchilla
23	Mayo	23	3	Falla bomba de masa fundida B1
30	Mayo	30	7	Falla Bomba de vacío
86	Julio	25	1	Falla Bomba de vacío
181	Octubre	28	1	Falla Bomba de vacío
118	Agosto	26	1	Falla calandrea filtro
48	Junio	17	4	Falla en bandas de Molino tria
65	Julio	4	2	Falla en bandas de Molino tria
74	Julio	14	3	Falla en Chiller
113	Agosto	20	5	Falla en Chiller
120	Agosto	28	2	Falla en unidad de Bomba Hidráulica
26	Mayo	26	4	Falla Extrusor A
154	Octubre	1	2	Falla fusible de cuchillas
38	Junio	7	1	Falla NDC
166	Octubre	13	4	Falla servomotor
56	Junio	25	1	Mantenimiento Programado
97	Agosto	5	1	Mantenimiento Programado
136	Septiembre	13	24	Mantenimiento Programado
137	Septiembre	14	24	Mantenimiento Programado
138	Septiembre	15	24	Mantenimiento Programado
168	Octubre	15	6	Mantenimiento Programado
180	Octubre	27	3	Mantenimiento Programado
79	Julio	18	0	No hubo falla
69	Julio	8	1	No ponen causa
43	Junio	12	6	Taponamiento en detector de metales
103	Agosto	11	1	Taponamiento en detector de metales
62	Julio	1	1	Tornillo barrido de dekling
123	Agosto	31	1	Tornillo barrido de dekling
161	Octubre	8	1	Tornillo barrido de dekling

Fuente: Propia

En la **Tabla 20** se realizó una reducción de actividades, de los resultados obtenidos en la muestra aleatoria obtenida. De los 33 datos obtenidos, se obtuvieron 17 actividades que provocaron horas muertas por mantenimiento como se presenta en la mencionada tabla y a su vez la frecuencia en días en las que se efectuó el mantenimiento. La actividad con más frecuencia fue el mantenimiento programado con 7 días, cuando hablamos de mantenimiento programado, hacemos referencia a un mantenimiento preventivo calendarizado, el más efectuado en el área de extrusión es la Limpieza a Bomba de vacío, que se realiza cada 15 días y que comenzó su asignación en la semana 31 del año 2021. Las horas acumuladas por mantenimiento programado fueron de 83 horas. Se presenta el gráfico... en donde se observan la frecuencia de actividades por tiempo muerto de mantenimiento.

Tabla 20. Actividades ordenadas por ocurrencia

Actividad	Frecuencia (Días)	Horas acumuladas
Acondicionamiento de secador	1	1
Cambio de cuchilla	4	10
Falla bomba de masa fundida B1	1	3
Falla Bomba de vacío	4	9
Falla calandrea filtro	1	1
Falla en bandas de Molino tria	2	6
Falla en Chiller	2	8
Falla en unidad de Bomba Hidráulica	1	2
Falla Extrusor A	1	4
Falla fusible de cuchillas	1	2
Falla NDC	1	1
Falla servomotor	1	4
Mantenimiento Programado	7	83
Taponamiento en detector de metales	2	7
Tornillo barrido de dekling	3	3
No ponen causa	1	1
No hubo falla	1	0

Fuente: Propia

Tabla 21. Horas Muertas por mantenimiento



Fuente: Propia

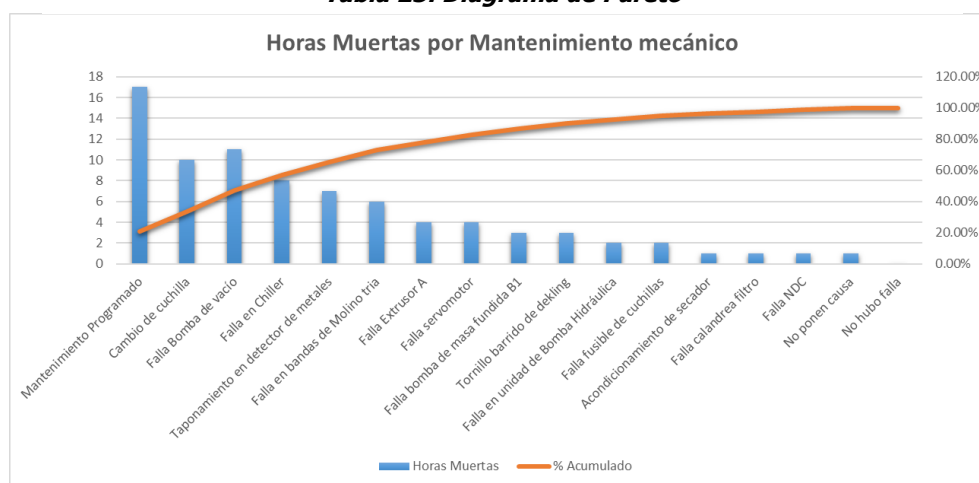
Se realizó una tabla en donde se destacan las actividades de mayor ocurrencia de la muestra obtenida y las horas muertas acumuladas de mencionadas actividades, en base a esto se determina el porcentaje de cada una de las actividades y se presenta el siguiente diagrama de Pareto, en donde se observa que la mayor parte de horas muertas por mantenimiento encontrados ha sido el mantenimiento programado, cambio de cuchillas, falla en bomba de vacío, falla en chiller, taponamiento en detector de metales, falla en bandas de molino tria y falla en extrusor A. De manera que al eliminar o reducir las causas que los provocan se desaparecería la mayor parte de los defectos (horas muertas por mantenimiento).

Tabla 22. Horas Muertas por mantenimiento

Actividad	Horas Muertas	%	% Acumulado
Mantenimiento Programado	17	20.99%	20.99%
Cambio de cuchilla	10	12.35%	33.33%
Falla Bomba de vacío	11	13.58%	46.91%
Falla en Chiller	8	9.88%	56.79%
Taponamiento en detector de metales	7	8.64%	65.43%
Falla en bandas de Molino tria	6	7.41%	72.84%
Falla Extrusor A	4	4.94%	77.78%
Falla servomotor	4	4.94%	82.72%
Falla bomba de masa fundida B1	3	3.70%	86.42%
Tornillo barrido de dekling	3	3.70%	90.12%
Falla en unidad de Bomba Hidráulica	2	2.47%	92.59%
Falla fusible de cuchillas	2	2.47%	95.06%
Acondicionamiento de secador	1	1.23%	96.30%
Falla calandrea filtro	1	1.23%	97.53%
Falla NDC	1	1.23%	98.77%
No ponen causa	1	1.23%	100.00%
No hubo falla	0	0.00%	100.00%
	81		

Fuente: Propia

Tabla 23. Diagrama de Pareto



Fuente: Propia

Estadística descriptiva

A continuación, en base a los datos obtenidos de las muestras aleatorias se presenta la estadística descriptiva, los cálculos fueron efectuados por medio de la hoja de cálculo de Excel.

Las funciones utilizadas para poder determinar media, mediana y moda fueron las siguientes:

- Media: [=PROMEDIO()].
- Mediana: [=MEDIANA()].
- Moda: [=MODA()].

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos, pero en esta ocasión se ordenaron los datos acordes al número de horas de mayor a menor para poder calcular la estadística descriptiva.

Tabla 24. Actividades ordenadas por horas

No. Aleatorio	Mes	Día	Hrs. Muertas	Actividad
79	Julio	18	0	No hubo falla
92	Julio	31	1	Acondicionamiento de secador
165	Octubre	12	1	Cambio de cuchilla
86	Julio	25	1	Falla Bomba de vacío
181	Octubre	28	1	Falla Bomba de vacío
118	Agosto	26	1	Falla calandrea filtro
38	Junio	7	1	Falla NDC
56	Junio	25	1	Mantenimiento Programado
97	Agosto	5	1	Mantenimiento Programado
69	Julio	8	1	No ponen causa
103	Agosto	11	1	Taponamiento en detector de metales
62	Julio	1	1	Tornillo barrido de dekling
123	Agosto	31	1	Tornillo barrido de dekling
161	Ocubre	8	1	Tornillo barrido de dekling
37	Junio	6	2	Cambio de cuchilla
64	Julio	3	2	Cambio de cuchilla
65	Julio	4	2	Falla en bandas de Molino tria
120	Agosto	28	2	Falla en unidad de Bomba Hidráulica
154	Octubre	1	2	Falla fusible de cuchillas
23	Mayo	23	3	Falla bomba de masa fundida B1
74	Julio	14	3	Falla en Chiller
180	Octubre	27	3	Mantenimiento Programado
48	Junio	17	4	Falla en bandas de Molino tria
26	Mayo	26	4	Falla Extrusor A
166	Octubre	13	4	Falla servomotor
16	Mayo	16	5	Cambio de cuchilla
113	Agosto	20	5	Falla en Chiller
168	Octubre	15	6	Mantenimiento Programado
43	Junio	12	6	Taponamiento en detector de metales
30	Mayo	30	7	Falla Bomba de vacío
136	Septiembre	13	24	Mantenimiento Programado
137	Septiembre	14	24	Mantenimiento Programado
138	Septiembre	15	24	Mantenimiento Programado

Fuente: Propia

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Media: 4.39

Mediana: 2

Moda: 1

El promedio obtenido de horas, de las 32 muestras obtenidas fue de 4.39, ya que consideremos que el rango de horas obtenidas estuvo de 0 como dato más pequeño a 24 horas como dato mayor. El resultado de la mediana fue de 2 horas, pues es el dato intermedio de las 33 muestras aleatorias obtenidas. La moda fue de 1, eso quiere decir que de los 33 datos el número de horas que más se repitió fue 1 hora.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 ACTIVIDADES REALIZADAS

Para poder dar solución a los problemas de investigación se efectuaron las siguientes actividades, que fueron puntos clave dentro de los objetivos específicos establecidos.

Las actividades realizadas fueron las siguientes:

Actividad 1. Áreas que conforman la empresa

Para poder abordar la problemática, fue necesario conocer completamente el giro de la empresa, por lo que se procedió a realizar una investigación cualitativa. El conocer las instalaciones de la empresa ha sido la principal actividad, en donde se pudo observar la forma en que se trabaja y coordina para efectuar las operaciones de producción. Pero no solo de producción, sino de todos los demás departamentos, es por ello que se investigó las funciones o actividades que realiza cada departamento, véase el capítulo **3.1.1 Departamentos y funciones realizadas en Plami Papalotla.**

En el Capítulo 3 se presenta el Layout de las instalaciones de la empresa, véase **Figura 17. Layout Plami**, en él se destacan todos los departamentos que conforman la planta y como se encuentran distribuidos.

Actividad 2. Estandarización de Tiempos en actividades de Mantenimiento Preventivo Mecánico



El estandarizar los tiempos muertos por mantenimiento mecánico es uno de los propósitos a lograr, para ello fue necesario realizar tres formatos o check list de actividades a realizar. Se seleccionaron las 3 actividades que se realiza mantenimiento de forma frecuente.

Las tres actividades realizadas fueron:

- Limpieza a ductos de bomba de vacío
- Limpieza a Bomba SP630
- Limpieza a Bomba WS2001



100 Unidades de tiempo es igual a 1 hora (60 minutos). Véase **3.1.2 Estandarización de Tiempos para Mantenimiento Preventivo**, para entender el llenado de los apartados. En la siguiente **Tabla 24** se presenta el Check List de Limpieza a ductos de bomba de vacío estandarizada a 170 Unidades de Tiempo (1 hora 42 minutos). En la **Tabla 25** se presenta el Check List de Limpieza a Bomba WS2001 con 105 Unidades de Tiempo (1 hora 3 minutos) y en la **Tabla 26** el Check List de Limpieza a Bomba SP630 con 217 Unidades de Tiempo (2 horas 10 min)

Tabla 25. Tiempo estandarizado de limpieza a ductos de bomba de vacío

 PLAMI <small>Especialistas en películas plásticas de PVC y PET</small>		CHECK LIST DE LIMPIEZA A DUCTOS DE BOMBA DE VACÍO									
FECHA:		09/11/2021	HORA INICIO:		13:00	HORA FIN:			OBSERVADOR:		JHOALY RENDÓN LÓPEZ
PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			OBSERVACIONES					
			SI	NO	N/A						
Paso 1	Colocar plástico para la protección de pisos en el área de trabajo.	10	X								
Paso 2	Apagar, desenergizar el equipo a intervenir, desmontar sensor de presión y realizar limpieza de boquilla.	25	X								
Paso 3	Desmontaje de tuberías de succión de vacío (quitar tornillería).	25	X								
Paso 4	Realizar limpieza de mirillas, tuberías y ciclones.	15	X								
Paso 5	Realizar empaquetadura (falta de sellos orings, cambiar orings).	25	X								
Paso 6	Limpieza a profundidad de cara de tuberías a sellos y tapas.	25	X								
Paso 7	Montaje de tuberías, ciclón, sellos y tornillería.	20	X								
Paso 8	Se recomienda que el apriete de tornillería se realice por una persona.	15	X								
Paso 9	Limpieza de equipo con trapo y alcohol zonas de bomba de vacío y piso.	10	X								
Realizó						Verificó					
_____			_____			_____					
Mantenimiento Mecánico			Mantenimineto Eléctrico			Jefe de turno de Extrusión					

Fuente: Propia

Tabla 26. Tiempo estandarizado de limpieza a bomba WS2001

 PLAMI <small>Especialistas en películas plásticas de PVC y PET</small>		CHECK LIST DE LIMPIEZA DE BOMBA WS2001									
FECHA:		10/11/2021	HORA INICIO:		13:30	HORA FIN:		15:00	OBSERVADOR:		JHOALY RENDÓN LÓPEZ
PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			OBSERVACIONES					
			SI	NO	N/A						
Paso 1	Desacoplar sensor de presión y realizar limpieza con dieléctrico.	10	X								
Paso 2	Desacoplar tubería de succión de bomba de vacío junto con válvula de mariposa.	15	X								
Paso 3	Desacoplar tubería de acoplamiento con bomba SP630 y colocar balde para residuos.	15	X								
Paso 4	Colocar tapón en bomba SPG30 para prevenir contaminaciones de WS2001 quitar después del mantenimiento.	10	X								
Paso 5	Realizar limpieza lóbulos de WS2001 ocupando espátulas únicamente de latón y fibra.	15	X								
Paso 6	Realizar acoplamiento con tuberías de máquina y culminar el armado.	15	X								
Paso 7	Instalar el sensor de presión.	15	X								
Paso 8	Realizar pruebas de fugas y reaprietes de tornillería.	10	X								
Realizó						Verificó					
_____			_____			_____					
Mantenimiento Mecánico			Mantenimineto Eléctrico			Jefe de turno de Extrusión					

Fuente: Propia

Tabla 27. Tiempo estandarizado de limpieza a bomba SP630




 CHECK LIST DE LIMPIEZA DE BOMBA SP630 						
FECHA: 12/11/2021		HORA INICIO: 13:00	HORA FIN: 15:00	OBSERVADOR: JHOALY RENDÓN LÓPEZ		
PASO	ACTIVIDAD A REALIZAR	U.T.	ESTATUS DE ACTIVIDAD			OBSERVACIONES
			SI	NO	N/A	
Paso 1	Colocar plástico para la protección de pisos en el área de trabajo.	3	X			
Paso 2	Apagar, desenergizar el equipo a intervenir.	4	X			
Paso 3	Quitar tapas de protección de bomba SP630 realizar limpieza de estas, colocar en espacio asignado, quitar mangueras y equipos para seguir con el desarme.	8	X			
Paso 4	Quitar tornillería de tapa principal realizar limpieza de esta y colocar en espacio asignado.	10	X			
Paso 5	Verificar estado de sello tipo cordón de neopreno y cambiar si está en mal estado.	15	X			
Paso 6	Desmontar carcasa principal quitar tornillería y retirar a ubicación asignada.	15	X			
Paso 7	Realizar limpieza de carcasa principal y verificar estado de esta reportar si hay un cambio.	10	X			
Paso 8	Realizar limpieza de tornillo de bomba.	15	X			
Paso 9	Realizar limpieza a reductor.	15	X			
Paso 10	Realizar limpieza a tanque exhausto y rejilla de protección de tanque.	15	X			
Paso 11	Realizar limpieza a válvula de mariposa y verificar funcionamiento.	15	X			
Paso 12	Tapar ducto de conexión con bomba WS2001 y retirarlo cuando se tenga el mantenimiento completo.	5	X			
Paso 13	Verificar el estado del sello tipo cordón y si está en mal estado cambiarlo.	5	X			
Paso 14	Colocar lubricante para vacío para carcasa de bomba en ambos extremos en los orings de tipo de cordón.	5	X			
Paso 15	Atornillar la carcasa de la bomba de vacío se recomienda seguir las tolerancias del manual de mantenimiento.	5	X			
Paso 16	Atornillar tapa frontal de la bomba de vacío.	5	X			
Paso 17	Quitar el tapón del ducto de conexión de la bomba WS2001 y acoplar con la bomba.	5	X			
Paso 18	Colocar las mangueras y demás equipos de la bomba.	10	X			
Paso 19	Colocar las tapas de protección de la bomba WS2001.	5	X			
Paso 20	Energizar equipo y abrir por 20 segundos válvulas de mesamol para lubricar el sistema durante el arranque y después dejarlo en posición original.	5	X			
Paso 21	Realizar el arranque de la bomba de vacío y realizar las siguientes pruebas.	5	X			
Paso 22	Prueba 1.- Bomba SP630 en 60 hz y bomba WS2001 de 10 a 30 hz.	5	X			
Paso 23	Prueba 2.- Realizar el vacío cerrando las mirillas teniendo en el hmi diferencia de máximo 10 milibares entre el sensor de presión p1 y p2.	5	X			
Paso 24	Si se tiene una diferencia en los sensores de presión buscar fuga de vacío y reapretar sellos, verificar estado de las mirillas que no se encuentran con contaminaciones y colocar lubricante de vacío.	5	X			
Paso 25	Si se encuentra en tolerancias entregar equipo a prueba con carga de material.	5	X			

Realizó	Verificó	
_____	_____	_____
Mantenimiento Mecánico	Mantenimiento Eléctrico	Jefe de turno de Extrusión

Fuente: Propia

Actividad 3. Sistema Experto de Mantenimiento

Tabla 28. Sistema Experto Mantenimiento Preventivo

   												
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MECÁNICO												
NO	CÓDIGO	EQUIPO	ÁREA	MANTENIMIENTO	PLAN	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD DE TIEMPO	PERSONAL	FRECUENCIA	REFACCIONES	CANTIDAD REQUERIDA	UNIDAD DE MEDIDA
2	MEM24	Bomba de vacío soplador A	Extrusión	Bombas	*Bombas *Coples *C. ROTA.	Realizar limpieza a bombas	105	*13746 *13745 *12660 *13259	*41 *43 *45 *47	Kit RUVAC WS 2001	1	KIT
1	MEM23	Bomba de vacío soplador B	Extrusión	Bombas	*Bombas *Coples *C. ROTA.	Realizar limpieza a bombas	200	*13746 *13745 *12660 *13259	*41 *43 *45 *47	Kit SCREWLINE SP 630	1	KIT

Fuente: Propia

Tabla 29. Sistema Experto Mantenimiento Equipos

NO	CÓDIGO	EQUIPO	No. DE SERIE	MARCA	VOLTAJE	AMPERAJE	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			ESPECIFICACIONES
								ALTURA	ANCHO	ALTO	
4	MEM24	Bomba de vacío soplador A	SCREWLINE SP 630 O 2	LEYBOLD	-	-	-	-	-	-	-
3	MEM23	Bomba de vacío soplador B	RUVAC WS 2001	LEYBOLD	-	-	-	-	-	-	-
2	MEM2	Reductor cambia mallas A	A412 UH45 P89	BOFIGLIOLI	-	-	-	-	-	-	REL. 1/53. EJE HUECO DE 45 MM, CON BRIDA TIPO B5 PARA MOTOR ARMAZÓN 90
1	MEM1	Reductor Extrusor A	A412 UH45 P90	BOFIGLIOLI	-	-	-	-	-	-	REL. 1/53. EJE HUECO DE 45 MM, CON BRIDA TIPO B5 PARA MOTOR ARMAZÓN 90

Fuente: Propia

Tabla 30. Sistema Experto Mantenimiento Refacciones

   							
REGISTRO DE REFACCIONES							
NO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MARCA	CLASIFICACIÓN	ESPECIFICACIONES
4	2565215555	Alcohol Isopropílico	6	LTS	-	Alcohol	Modelo S-23638
3	205556546	Fibras Scotch Brite	20	PZAS	Scotch Brite	Fibras	Fibras limpiadoras grandes
2	2015652567	Kit de mantenimiento RUVAC WS 2001	1	KIT	RUVAC WS 2001	Refacciones	-
1	2015652566	Kit de mantenimiento 2 SCREWLINE SP 630	1	KIT	SCREWLINE SP 630 O 2	Refacciones	-



Fuente: Propia

Tabla 31. Sistema Experto Mantenimiento Personal

 REGISTRO DE PERSONAL MECÁNICO		 Registrar							
NO	CÓDIGO	NOMBRE	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	CARGO	FECHA DE INGRESO	ESTADO	TELÉFONO	SEXO
14	13746	CESAR	BARBOSA	ROJAS	AYUDANTE MECÁNICO	20/10/2021	ACTIVO	55 3581 6380	MASCULINO
13	13745	ROBERTO	ROMERO	SAUCEDO	AYUDANTE MECÁNICO	25/10/2021	ACTIVO	55 3694 1240	MASCULINO
12	13639	JORGE LUIS	PÉREZ	CERVANTES	MECÁNICO	20/03/2018	ACTIVO	221 121 0749	MASCULINO
11	13240	ROGELIO	SALDAÑA	PEREZ	FOGONERO	18/10/2003	ACTIVO	246 140 2841	MASCULINO
10	12660	ÁNGEL	ROJAS	ROJAS	MECÁNICO	25/06/2000	ACTIVO	222 112 4284	MASCULINO
9	13259	JUAN	MUÑOZ	CORONA	MECÁNICO	16/04/1999	ACTIVO	222 113 45 52	MASCULINO
8	132111	OSCAR	MENA	TORRRES	FOGONERO	16/07/1999	ACTIVO	222 113 45 52	MASCULINO
7	13233	EDUARDO	MELLENDEZ	TORRRES	FOGONERO	22/08/1999	ACTIVO	222 113 45 82	MASCULINO
6	13601	MAURO	HERNÁNDEZ	CANO	TORNERO	15/04/1998	ACTIVO	222 118 95 51	MASCULINO
5	133668	JOAQUÍN	CUAPETZI	SAUCEDO	MECÁNICO	13/07/1997	ACTIVO	222 103 45 50	MASCULINO
4	12661	ESTEBAN	RIVERA	ORTEGA	JEFE TALLER MECÁNICO	19/06/1997	ACTIVO	55 3444 6237	MASCULINO
3	12827	SEVERINO	BERRUECOS	ROJAS	MECÁNICO	06/04/2000	ACTIVO	222 112 45 52	MASCULINO
2	13271	JERONIMO	BLANCAS	CORONA	MECÁNICO	30/11/1999	ACTIVO	222 103 45 98	MASCULINO
1	12435	NOÉ	CORTES	DÍAZ	MECÁNICO	20/07/1998	ACTIVO	222 118 05 32	MASCULINO

Fuente: Propia

Tabla 32. Sistema Experto Mantenimiento Unidades de tiempo

 UNIDADES DE TIEMPO						
NO	EQUIPO	CÓDIGO	FRECUENCIA	UNIDADES DE TIEMPO	HORAS	MINUTOS
3	Ductos Bomba de Vacío	MEM020	15	170	1	42
2	Bomba de vacio soplador A	MEM24	15	105	1	3
1	Bomba de vacio soplador B	MEM23	15	200	2	0

Fuente: Propia

4.2 ACTIVIDADES ALCANZADAS

El Sistema Inteligente de forma inmediata para la línea de Extrusión, de la máquina alemana Reifenhäuser. Dicho sistema será utilizado por el departamento de mantenimiento, en especial para el departamento de Coordinación de Mantenimiento a cargo de la Ing. Jhoaly Rendón López y que, junto con el Gerente de Producción y Mantenimiento el Ing. Alfredo Aguayo, podrán llevar un mejor control para los mantenimientos preventivos.

Dicho sistema permite controlar:

- Equipos que conforman la línea
- Refacciones que se requieren para realizar las actividades
- Personal para efectuar las actividades
- Unidades de tiempo para las actividades a realizar
- Fijar fechas para la realización de las actividades

4.3 PRUEBA Y COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Para poder demostrar la hipótesis planteada, es necesario hacer referencia que el total de horas muertas efectuadas por mantenimiento mecánico. Véase el capítulo **3.6 Análisis de datos**, en especial la tabla... en donde podemos decir que de los 33 datos obtenidos se tuvo un total de 145 horas por mantenimiento.

En las muestras aleatorias, de los 32 datos, se obtuvieron 7 por Mantenimiento programado, dando un total de 83 horas muertas por mantenimiento preventivo mecánico.

Tabla 34. Datos

56	Junio	25	1	Mantenimiento Programado
97	Agosto	5	1	Mantenimiento Programado
136	Septiembre	13	24	Mantenimiento Programado
137	Septiembre	14	24	Mantenimiento Programado
138	Septiembre	15	24	Mantenimiento Programado
168	Octubre	15	6	Mantenimiento Programado
180	Octubre	27	3	Mantenimiento Programado

Fuente: Propia

De las 7 muestras obtenidas, la muestra aleatoria 168 (15 de octubre) tuvo un total de 6 horas. Un punto clave a considerar es que como se destaca en el cronograma, hay un total de 36 actividades, y en el día mencionado se realizaron 3, que fueron Limpieza Bombas de vacío soplador A, B y Ductos.

- **6 hrs por Limpieza a Bombas de vacío A, B y Ductos (100%)**

Con los Check List de Limpieza a Bomba SP630, Bomba WS2001 y Limpieza a ductor, como se presentó en el Capítulo **4.1 Actividades realizadas**, se presentan los tiempos estandarizados para realizar las operaciones de limpieza a bombas de vacío. En la siguiente tabla se muestran las Unidades de tiempo establecidas para las 3 actividades.

Tabla 35. Tiempos estandarizados

Actividad	Tiempo Estandarizado		
	Unidades de Tiempo	Horas	Minutos
Limpieza a Bomba de vacío soplador B	200	2	0
Limpieza a Bomba de vacío soplador A	105	1	3
Limpieza a ductos de bomba de vacío	170	1	42

Fuente: Propia

Con los tiempos estandarizados se redujo a 492 Unidades de tiempo realizando las 3 actividades de limpieza en un total de **4.75 horas (79.16%)**

Eso quiere decir que del 100% **se redujo a un 79.16%**.

Comprobación de la Hipótesis

La hipótesis establecida fue:

“Al generar un Sistema experto de Mantenimiento, se tiene mejor control puesto que se programan fechas, materiales, refacciones y personal para asignar tiempos estándar de ejecución de mantenimientos y así reducir tiempos muertos en un 20%”

Del 100% se logró reducir a un 79.16%, justo en el mes de octubre, donde solo se reportaron 34.17 horas Muertas por Mantenimiento.

En el mes de octubre se pusieron los Check List con los tiempos estandarizados y todo el Sistema Experto presentado, dando como resultado:

“POSITIVO EN UN 20.84% DE EFECTIVIDAD”

4.4 ACTIVIDADES SOCIALES

4.4.1 Plantar árboles

Plami Papalotla, preocupados por la conservación y cuidado del medio ambiente, realiza de forma anual la plantación de árboles y faenas de mantenimiento efectuadas por el mismo personal de la planta, dentro de las áreas verdes que se tienen.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

La falta de coordinación, comunicación y estandarización, ha sido uno de los principales problemas que ha enfrentado la empresa Plami Papalotla en el departamento de mantenimiento. Podemos decir que gracias a la implementación de un Sistema de Mantenimiento para la línea de Extrusión de la máquina Reifenhäuser fue posible reducir las horas muertas por mantenimiento.

Los resultados se vieron reflejados en el mes en el que se efectuó la implementación de los formatos que conforman el Sistema de Mantenimiento. El mes de septiembre, fue el mes con mayor número de horas muertas por mantenimiento en la línea de extrusión con 158.75 horas y en el mes de octubre se logró reducir a 34.17 horas.

La hipótesis generada pudo cumplirse, ya que se logró la reducción del 20% de tiempo. Además, con el Sistema presentado, es posible tener un mejor control y monitoreo de las actividades a realizar, teniendo un concentrado de refacciones, equipos, personal y unidades de tiempo por actividades.

5.2 CONCLUSIONES RELATIVAS

Para poder cumplir con el objetivo general se establecieron objetivos específicos que permitieron la realización de las actividades. Entre lo establecido en los primeros puntos destacó el conocer la empresa, los departamentos y las funciones de cada área para poder entender el proceso y analizar las problemáticas que se presentan. Por medio del Layout de la empresa y un diagrama de proceso del proceso de producción de la línea de Extrusión.

Se investigaron las funciones que realizan los departamentos que conforman la empresa, logrando entender como impactaban sus funciones en el proceso de producción, se logró entender el proceso y se hicieron evidentes las principales problemáticas.

El departamento de Mantenimiento es el más directo con la línea de producción, ya que éste se encarga de mantener los equipos en buenas condiciones por medio de la realización de mantenimientos preventivos o correctivos.

De las 36 actividades de mantenimiento que se realizan a la línea se seleccionaron las que más se efectúan y se analizó el proceso. Por medio de un check list fue posible establecer los pasos secuenciales en los que se realiza y después de analizar y cronometrar tiempos se logran estandarizar para así establecerlos y reducir las horas muertas por mantenimiento.

Se crea el Sistema de mantenimiento con el fin de tener un mejor control, orden y estandarización. Se logró disminuir el tiempo muerto, la asignación de personal específico para la realización de las actividades de acuerdo al grado de complejidad de las actividades, establecer las refacciones a utilizar para la realización de los mantenimientos y solicitarlos de forma anticipada, el calcular el tiempo para la realización de las actividades.

Durante el proceso de llevar a cabo las actividades (objetivos específicos) se adquirieron competencias como:

- **Capacidad de planificación:** la forma en la que se fue desarrollando el proyecto desde el inicio hasta obtener los resultados esperados.
- **Identificar riesgos y problemas:** fue el factor principal, una vez que se identificaron los problemas se procedió a atacarlos.
- **Comunicación:** la comunicación es un factor clave para la realización de cualquier proyecto, pues la falta de esta provoca una desorganización por parte de todos los involucrados en el proceso.
- **Iniciativa:** la decisión propia de emprender cualquier actividad que se establezca realizar y mantenerse persistente en el proceso.
- **Capacidad de adaptación:** ajustarse a los cambios que se presenten, dando siempre el mejor potencial.

5.3 LIMITACIONES DEL MODELO

La gran limitante para poder realizar en tiempo y forma los mantenimientos preventivos y lograr esa reducción de tiempo establecida, es la compra de refacciones, pues el dinero es la gran limitante en la empresa. Cuando las refacciones superan los \$5,000.00, se realiza una requisición de lo solicitado a la planta Matriz (PLAMI NAUCALPAN), en donde se pasa por un proceso de generación de orden de compra y efectuación del pago, normalmente los pagos son retardados y se empiezan a priorizar, haciendo lento el proceso de entrega. Otra limitante son las entregas por parte de los proveedores, ya que en algunas ocasiones no cuentan con stock en sus almacenes y las fechas de entrega pueden tardar días, semanas o inclusive meses.

5.4 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones dadas es que, si es necesario, el llenado de Sistema debe realizarse de forma diaria, no descuidar en absoluto el proceso de realización de los equipos y buscar estandarizar los tiempos de realización de las 33 actividades restantes para lograr reducir más del 20% los tiempos muertos por mantenimiento mecánico.

5.5 EXPERIENCIA

5.5.1 Experiencia Personal

- Conocer el mundo laboral, aplicando todo lo aprendido en el proceso de formación académica.
- Realizar un aporte a la empresa, que reduzca tiempos muertos.
- Convivir con profesionistas de diferentes carreras y con puntos de vista diferentes, pero con un objetivo en común el éxito de la empresa.
- El reto personal de sentirse eficiente y eficaz.

5.5.2 Experiencia Profesional

- Resolver problemas de la vida real.
- Experimentar la vida rápida en la industria.
- Evidenciar la realización de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Diseñar un sistema de mantenimiento que sea de utilidad para el departamento de mantenimiento y coordinación de mantenimiento, logrando monitorear la realización de las actividades y lo necesario para su correcta realización.

CAPÍTULO VI

COMPETENCIAS

DESARROLLADAS

6.1 COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

6.1.1 Competencias genéricas

- **Capacidad de trabajo en equipo.** Trabajar de forma organizada con los diferentes departamentos que conforma la empresa, pero en especial con los operarios de línea y jefes de turno, ya que son los que tienen el contacto final con el producto a fabricar.
- **Adaptación al cambio.** La capacidad de asumir los nuevos contextos que se presentan sin que estos interfieran en los objetivos personales y que demanda el puesto laboral.
- **Innovación.** Capacidad de crear cosas nuevas, realizar cambios para mejorar un producto o servicio. Mejorar parte del proceso de producción o reducir un desperdicio dentro de la planta.
- **Sentido de la pertenencia.** Sentimiento o conciencia desarrollado a lo largo de la estancia en la empresa, en donde los colaboradores se vuelven un solo equipo de trabajo. Los valores y objetivos de la empresa se vuelven nuestros.
- **Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación.** El uso de softwares y paqueterías es muy importante dentro de las empresas, sin importar su giro; pues es a través de este medio donde se controla y se registra toda la información del estatus empresarial y el medio de contacto con proveedores y clientes.
- **Razonamiento crítico.** Capacidad de identificar, evaluar, analizar, clasificar e interpretar todo lo que nos rodea, proceso en el cual ponemos en duda y empleamos el pensamiento crítico, en donde recabamos la información necesaria para llegar a nuevas conclusiones de manera objetiva.
- **Aprendizaje autónomo.** Dentro de una empresa, como la del sector de películas plásticas, se crea un amplio panorama de toda la estructura de la

empresa, la planeación y proceso de producción, la venta y distribución, además de la participación de los departamentos que conforma la empresa y es ahí donde de forma autónoma se puede desarrollar por cuenta propia múltiples aprendizajes.

- **Gestión del tiempo.** Forma de administrar el tiempo laboral dentro de la empresa, por medio de un proceso de planeación de actividades a realizar para aumentar la eficacia, eficiencia y productividad.

6.1.2 Competencias específicas

- **Delimitar área de trabajo.** Establecer cuáles son las actividades a realizar únicamente del área o departamento en el que te encuentras, sin entrometer en los demás. Delimitar responsabilidades inherentes a cada puesto de trabajo, por medio de la asignación de roles y por procesos de coordinación.
- **Organizar actividades de mantenimiento.** El coordinador de mantenimiento es el responsable de realizar la planeación de actividades a realizar, el tiempo para realizarlos y el tipo de mantenimiento a ejecutar, ya sea mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo.
- **Conocer elementos mecánicos y eléctricos.** Conocer elementos mecánicos y eléctricos forma parte de la organización de actividades de mantenimiento, pues se debe de tener las bases para poder realizar un cronograma de actividades.
- **Conocimiento en norma ISO 9001.** Regula los Sistemas de la Gestión de la Calidad, PLAMI se encuentra certificada bajo esta norma, por lo cual se tienen auditorias para poder permanecer bajo este sistema. Entre los beneficios de esta certificación destacan la mejora de los resultados de la organización, aumento de ventas, mejora en la imagen de la organización, aumento de la productividad, entre otras.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Billmeyer, F. (1988). *Ciencia de los polímeros*. Ed. Reverté.
- Guía de Materiales Plásticos. (1992). *Propiedades, ensayos y parámetros*.
- Aristegui Maquinaria (2017). Método de extrusión, su proceso y aplicación. Tomado el 3 de noviembre de 2019. Sitio web: <https://www.aristegui.info/metodo-de-extrusion-su-proceso-y-aplicacion/>
- Morales, J. (2010). Introducción a la ciencia y tecnología de los plásticos. México: Trillas Textos Científicos. Moldeado, Inyección, Extrusión. Tomado el 3 de noviembre de 2019. Sitio web: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado>
- MORA GUTIÉRREZ, A. (2012). *Mantenimiento Industrial Efectivo*, Medellín, Colombia.
- CARRASCO, G. (2015). *Mantenimiento Preventivo y Correctivo*, Modern Machine Shop.
- PARRA MÁRQUEZ, C. A. & CRESPO MÁRQUEZ, A. 2012. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión De Activos*, Sevilla, España, INGEMAN.
- AMARIS ARIAS, J. (2006). *Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia*.
- Jácome, L. (2008). "Ingeniería del Mantenimiento", EPM: Folleto de clases de Ingeniería de Mantenimiento. EPN. FIM
- TORRES, L. (2005). *Mantenimiento. Su Implementación y Gestión*. Argentina, Datastream Systems, Inc
- González Fernández, F. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento Industrial avanzado*. FC Editorial.
- Plaza Tovar, A. (2009). *Gestión del Mantenimiento Industrial*. Editorial Lulú.
- García Garrido, S. (2010). *La contratación del mantenimiento Industrial*. Ediciones Díaz de Santos.
- García Garrido, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Macrolocalización del Estado de Tlaxcala.....	18
Figura 2. Microlocalización del municipio de Papalotla.....	19
Figura 3. Vista satelital de PLAMI.....	20
Figura 4. Instalaciones de PLAMI.....	21
Figura 5. Estructura organizacional de PLAMI.....	24
Figura 6. Significado de TPM.....	38
Figura 7. Departamentos que engloba el TPM.....	38
Figura 8. Proceso Kobetsu Kaizen.....	41
Figura 9. Método de Extrusión.....	53
Figura 10. Método de Moldeo por Soplado.....	53
Figura 11. Método de Moldeo por Inyección.....	53
Figura 12. Método de conformado al vacío.....	53
Figura 13. Método de Calandreo.....	54
Figura 14. Método de Hilado.....	54
Figura 15. Método de Moldeo por compresión.....	54
Figura 16. Método de Moldeo por transferencia.....	54
Figura 17. Layout PLAMI.....	57
Figura 18. Encabezado Check List Limpieza de Bomba de vacío.....	66
Figura 19. Contenido Check List Limpieza de Bomba de vacío.....	67
Figura 20. Firmas Check List Limpieza de Bomba de vacío.....	67
Figura 21. Check List Limpieza de Bomba de vacío.....	68
Figura 22. Encabezado Check List Limpieza de Bomba de vacío.....	69
Figura 23. Contenido Check List Limpieza de Bomba de vacío.....	70
Figura 24. Firmas Check List Limpieza de Bomba de vacío.....	71
Figura 25. Encabezado Check List Limpieza de Bomba WS2001.....	71
Figura 26. Contenido Check List Limpieza de Bomba WS2001.....	72
Figura 27. Firmas Check List Limpieza de Bomba WS2001.....	72

Figura 28. Check List Limpieza de Bomba SP630.....	73
Figura 29. Check List Limpieza de Bomba WS2001.....	74
Figura 30. Encabezado Programa de Mantenimiento Mecánico.....	75
Figura 31. Contenido Programa de Mantenimiento Mecánico.....	76
Figura 32. Formato Programa de Mantenimiento Mecánico.....	77
Figura 33. Formato Registro de Personal Mecánico.....	78
Figura 34. Formato Registro de Refacciones.....	79
Figura 35. Formato de Unidades de Tiempo.....	79
Figura 36. Pantalla principal de Sistema Experto.....	80
Figura 37. Menú principal de Sistema Experto.....	80
Figura 38. Información de la Empresa.....	81
Figura 39. Mantenimiento Preventivo Mecánico.....	81
Figura 40. Ventana Registrar.....	82
Figura 41. Opción Buscar.....	82
Figura 42. Opción Registrar.....	84
Figura 43. Opción Eliminar.....	85
Figura 44. Dato eliminado.....	85
Figura 45. Formato de Mantenimiento Correctivo Mecánico.....	85
Figura 46. Ventana Registrar.....	86
Figura 47. Opción Buscar.....	86
Figura 48. Opción Registrar.....	87
Figura 49. Opción Eliminar.....	88
Figura 50. Dato eliminado.....	88
Figura 51. Formato de Equipos Línea de Extrusión.....	88
Figura 52. Ventana Registrar.....	89
Figura 53. Opción Buscar.....	89
Figura 54. Opción Registrar.....	90

Figura 55. Opción Eliminar.....	90
Figura 56. Dato eliminado.....	91
Figura 57. Formato de Registro de Refacciones.....	91
Figura 58. Ventana Registrar.....	92
Figura 59. Opción Buscar.....	92
Figura 60. Opción Registrar.....	93
Figura 61. Opción Eliminar.....	93
Figura 62. Dato eliminado.....	94
Figura 63. Formato de Registro de personal mecánico.....	94
Figura 64. Ventana Registrar.....	94
Figura 65. Opción Buscar.....	95
Figura 66. Opción Registrar.....	96
Figura 67. Opción Eliminar.....	96
Figura 68. Dato eliminado.....	97
Figura 69. Formato Programa de Mantenimiento Mecánico.....	97
Figura 70. Formato Unidades de Tiempo.....	98
Figura 71. Ventana Registrar.....	98
Figura 72. Opción Buscar.....	99
Figura 73. Opción Registrar.....	99
Figura 74 Opción Eliminar.....	100
Figura 75 Dato eliminado.....	100
Figura 76. Área de Bobinado de Máquina Reifenhäuser línea de Extrusión.....	101
Figura 77. Área de Rodillos de Calandreo, Rodillos de Enfriamiento, Rodillos de Arrastre y Rodillos de Rotación línea de Extrusión.....	102
Figura 78. Área de Fundición en línea de Extrusión.....	102
Figura 79. Rodillos de Calandra 7.....	103
Figura 80. Rodillos principales de Calandra 8.....	104
Figura 81. Rodillos principales de Calandra 8.....	105

Figura 82. Funciones de Infraestructura	106
---	-----

ÍNDICE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de Flujo del Proceso de Producción.....	62
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de Plami Papalotla.....	25
Tabla 2. Pasos del Mantenimiento Autónomo.....	42
Tabla 3. Plásticos más utilizados.....	50
Tabla 4 Tiempo Muerto por Mantenimiento de Líneas de producción.....	112
Tabla 5. Horas Muertas por Mantenimiento en línea de Extrusión por mes.....	113
Tabla 6. Días que conforman el mes.....	113
Tabla 7. Muestras aleatorias.....	114
Tabla 8. Números arrojados de muestra aleatoria.....	115
Tabla 9. Fechas de muestras aleatorias.....	115
Tabla 10. Horas Muertas por Mantenimiento (PLAMI).....	118
Tabla 11. Desglose de horas muertas por mantenimiento.....	119
Tabla 12. Actividades obtenidas en Muestra aleatoria.....	120
Tabla 13. Muestra tiempo muerto mayo.....	121
Tabla 14. Muestra tiempo muerto junio.....	121
Tabla 15. Muestra tiempo muerto julio.....	122
Tabla 16. Muestra tiempo muerto agosto.....	122
Tabla 17. Muestra tiempo muerto septiembre.....	123
Tabla 18. Muestra tiempo muerto octubre.....	123
Tabla 19. Actividades ordenadas por ocurrencia.....	124

Tabla 20. Actividades ordenadas por ocurrencia.....	125
Tabla 21. Horas Muertas por mantenimiento.....	125
Tabla 22. Horas Muertas por mantenimiento.....	126
Tabla 23. Diagrama de Pareto.....	126
Tabla 24. Actividades ordenadas por horas.....	127
Tabla 25. Tiempo estandarizado de limpieza a ductos de bomba de vacío.....	131
Tabla 26. Tiempo estandarizado de limpieza a bomba WS2001.....	131
Tabla 27. Tiempo estandarizado de limpieza a bomba SP630.....	132
Tabla 28. Sistema Experto Mantenimiento Preventivo.....	133
Tabla 29. Sistema Experto Mantenimiento Equipos.....	133
Tabla 30. Sistema Experto Mantenimiento Refacciones.....	133
Tabla 31. Sistema Experto Mantenimiento Personal.....	134
Tabla 32. Sistema Experto Mantenimiento Unidades de tiempo.....	134
Tabla 33. Sistema Experto Mantenimiento Cronograma.....	135
Tabla 34. Datos.....	136
Tabla 35. Tiempos estandarizados.....	137

GRÁFICO

Gráfico 1 Tiempo Muerto por Mantenimiento en Extrusión.....	66
---	----

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe:

JHOALY

RENDÓN

LÓPEZ

Con Número de Control **17TE0510***

Perteneciente al Programa Educativo **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PARA LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN DE LA MÁQUINA REIFENHÄUSER DE LA EMPRESA PLAMI S.A. DE C.V.

Correspondiente al periodo:

AGOSTO-DICIEMBRE 2021

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

M.S.C. GUSTAVO ADOLFO APANGO MÉNDEZ

ATENTAMENTE



JHOALY RENDÓN LÓPEZ

Nombre y firma

Fecha de emisión: **01/03/2022**
c.c.p. Subdirección Académica