



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ESTUDIO ERGONÓMICO PARA DISEÑO DE OPERACIONES EN MEXICHEM GUATEMALA

Carlos Fernando Palacios Fernández

Asesorado por la Inga. Luisa Fernanda Sánchez Domínguez

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO ERGONÓMICO PARA DISEÑO DE OPERACIONES EN
MEXICHEM GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS FERNANDO PALACIOS FERÁNDEZ

ASESORADO POR LA INGA. LUISA FERNANDA SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
EXAMINADORA	Inga. Milbian Kattina Mendoza Méndez
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ESTUDIO ERGONÓMICO PARA DISEÑO DE OPERACIONES EN MEXICHEM GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de Febrero del 2015.

Carlos Fernando Palacios Fernández

Guatemala, 20 de Septiembre de 2016

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Estimado Ing.

Por este medio le informo que como Asesora de tesis de estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Industrial, **Carlos Fernando Palacios Fernández**, Carné No.201213467, procedí con la asesoría, cuyo título es "ESTUDIO ERGONÓMICO PARA DISEÑO DE OPERACIONES EN MEXICHEM GUATEMALA"

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,


Inga. Luisa Fernanda Sánchez Domínguez
Asesora

Luisa Fernanda Sánchez Domínguez
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADO No 9315



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO ERGONÓMICO PARA DISEÑO DE OPERACIONES EN MEXICHEM GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Fernando Palacios Fernández**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Helen R. Ramírez L.
INGENIERA INDUSTRIAL
CATEGORÍA 0.34

Inga. Helen Rocío Ramírez Lucas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.178.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO ERGONÓMICO PARA DISEÑO DE OPERACIONES EN MEXICHEM GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Fernando Palacios Fernández**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

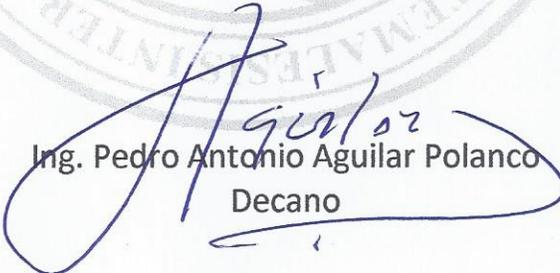


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 519.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO ERGONÓMICO PARA DISEÑO DE OPERACIONES EN MEXICHEM GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Fernando Palacios Fernández** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la guía e influencia en mi carrera.
Mis padres	Gustavo Palacios y Valeska Reyes de Palacios, por su amor que ha sido una inspiración.
Mis hermanos	Gustavo A. Palacios y Brian Palacios, por el apoyo incondicional.
A mi compañera	Jessica Perez, por el esfuerzo compartido y la sabiduría compartida.
A mi asesora	Luisa Fernanda Sánchez, por apoyarme en todo lo posible en la realización de mi trabajo de graduación.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente

Facultad de Ingeniería

Por entregarme las herramientas necesarias para ser un profesional de éxito.

**Mis amigos de la
facultad**

Por estar conmigo en todas las situaciones vividas dentro de mi periodo de estudiante.

Mis catedráticos

Por compartir el valioso conocimiento que se requiere para ser un profesional de éxito.

2.1.	Maquinaria	9
2.1.1.	Especificaciones de la maquinaria	12
2.1.1.1.	Grupo 1	12
2.1.1.2.	Grupo 2	13
2.1.1.3.	Grupo 3 y 4.....	14
2.1.1.4.	Grupo “Pequeño diámetro”	15
2.1.1.5.	Grupo “Grande diámetro”	16
2.1.1.6.	Grupo “Manguera corrugada”	16
2.1.2.	Movimientos por maquinaria	17
2.1.2.1.	Máquina 1, 2 y 7.....	17
2.1.2.2.	Máquina 3 y 4.....	18
2.1.2.3.	Máquina 6.....	19
2.1.2.4.	Máquina 5 y 8.....	19
2.1.2.5.	Máquina 9.....	19
2.1.2.6.	Máquina 10.....	20
2.1.2.7.	Preanálisis de los movimientos	20
2.2.	Proceso dentro de la planta	21
2.3.	Acciones preventivas actuales	23
2.4.	Especificaciones del empleado	24
2.5.	Informe de afecciones actuales.....	26
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	27
3.1.	Ponderación de la maquinaria:.....	27
3.1.1.	Criterios de evaluación para la maquinaria	31
3.2.	Puntos críticos del proceso:	33
3.3.	Relación afección-movimiento	34
3.3.1.	Diagrama Causa-Efecto	37
3.3.2.	Ponderación de las afecciones.....	38

4.	PROPUESTA DE PREVENCIÓN Y MEJORA	47
4.1.	Rediseño de maquinaria y rediseño de las operaciones	48
4.1.1.	Nuevo diseño del puerto de material	57
4.1.2.	Nuevo diseño de operaciones realizadas por los operarios.....	61
4.2.	Medicación preventiva	64
4.2.1.	Especificación de medicamentos y plan preventivo	66
4.3.	Uso de nuevas herramientas y equipamiento.....	69
4.3.1.	Especificaciones de uso para herramientas y equipamiento	70
4.3.2.	Especificaciones de mantenimiento para herramientas y equipamiento.....	71
5.	METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	73
5.1.	Nuevo diseño estructural de la planta	76
5.1.1.	Plan estructurado del nuevo diseño.....	79
5.2.	Plan de capacitación a los empleados	80
5.2.1.	Campaña de concientización interna.....	83
5.2.2.	Campaña de seminarios informativos.....	84
5.3.	Sistema de medicación preventiva	85
5.3.1.	Plan de medicación por especificaciones del empleado	88
6.	SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	89
6.1.	Control del sistema de medicación preventiva	90
6.1.1.	Reporte de medicación preventiva	92
6.2.	Control del uso de las nuevas herramientas.....	93
6.2.1.	Reporte de estado en herramientas	95

6.3.	Control del uso correcto de las maquinarias	96
6.3.1.	Especificaciones del uso correcto de maquinaria....	99
CONCLUSIONES.....		101
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFÍA.....		105
APÉNDICES.....		107
ANEXOS.....		109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura básica de máquina extrusora monohuesillo	10
2.	Geometría del huesillo	11
3.	Ejemplo de tubería acampanada	14
4.	Ejemplo de tubería corrugada	15
5.	Buena y mala postura al recoger objetos	18
6.	Diagrama de operaciones de proceso.....	21
7.	Faja o cinturón para levantar pesos	23
8.	Ejemplo de curva normal en una población hipotética	24
9.	Ejemplo de algunas medidas antropomórficas.....	25
10.	Tensión en los ligamentos al cargar.....	36
11.	Forma correcta de carga	36
12.	Diagrama causa – efecto: afección lumbar en operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.....	38
13.	Partes del cuerpo humano	39
14.	Límites relevantes en ángulos de inclinación humana	43
15.	Concentración de ácido láctico en el cuerpo.....	44
16.	Fases del rediseño	49
17.	Nuevo puerto de descarga para la máquina uno de la planta de producción de tubos PVC.....	59
18.	Nuevo puerto de descarga para la máquina siete de la planta de producción de tubos PVC.....	60
19.	Diagrama de procesos de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubos PVC antes de la aplicación de la propuesta.....	62

20.	Diagrama de procesos de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubos PVC después de la aplicación de la propuesta....	63
21.	Utilización del vendaje neuromuscular.....	67

TABLAS

I.	Especificaciones del grupo 1	12
II.	Especificaciones del grupo 2	13
III.	Especificaciones de los grupos 3 y 4	14
IV.	Especificaciones del grupo “Pequeño diámetro”	15
V.	Especificaciones del grupo “Grande diámetro”	16
VI.	Especificaciones del grupo “Manguera corrugada”	17
VII.	Recursos materiales y humanos en las operaciones.....	22
VIII.	Resultados de medidas antropomórficas y edades	25
IX.	Evaluación de maquinaria.....	30
X.	Ponderación de afecciones sufridas por los operarios.....	42
XI.	Plan estructurado del nuevo diseño de operaciones y maquinaria	79
XII.	Campaña de concientización interna	83
XIII.	Campaña de seminarios informativos.....	84
XIV.	Plan de medicación por especificaciones del empleado	88
XV.	Reporte de medicación preventiva.....	92
XVI.	Reporte de estado en herramientas.....	95
XVII.	<i>Checklist</i> de especificaciones del uso correcto de la maquinaria	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
\$	Dólar americano
°	Grado sexagesimal
mt	Metro
%	Porcentaje
“	Pulgadas

GLOSARIO

<i>Check List</i>	Listado de tareas por realizar.
Extrusión	Es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija.
Mantenimiento	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
Monohusillo	Clase de máquina extrusora empleada para la fabricación de PET y PVC.
Preventivo	Que previene un mal o un peligro o sirve para prevenirlo.
PVC	El policloruro de vinilo es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo.
<i>Stock</i>	Conjunto de mercancías en depósito o reserva.
<i>Stop</i>	Término utilizado en producción para definir el tiempo en que la maquinaria se encuentra detenida

RESUMEN

Mexichem Guatemala, es una compañía internacional que se dedica a la producción y distribución de producto PVC dentro de todo centro América. Dentro del Área de producción (considerada uno de los departamentos más importantes) trabajan 253 empleados bajo contrato y subcontratados, los cuales son la fuerza fundamental para el crecimiento de la empresa dentro de Guatemala. En producción es donde se toma más importancia de los operarios, debido al tipo de trabajo que desempeñan, por esta razón se tomó la decisión de desarrollar un proyecto en el área.

El proyecto se enfoca en las personas operativas del área de producción, ya que son el recurso más valioso que la empresa pudiese tener, pues si este llegase a no poder cumplir con sus tareas, se incurriría en un desbalance en las operaciones normales de esta, provocando retrasos, pérdidas y muchos factores perjudiciales más.

La investigación a realizar consiste, mediante un análisis ergonómico, en identificar las principales causas de problemas de salud en los operarios y así, diseñar y/o modificar las operaciones diarias para llevar a este recurso prioritario a un mejor desempeño laboral, tomando como base todos aquellos principios de salud ocupacional. Los beneficios, por los cuales se realiza el estudio, son recíprocos tanto para la empresa como para los operarios.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio ergonómico para el diseño de operaciones en Mexichem Guatemala, con el fin de evitar daños a largo plazo a los trabajadores del Área de producción.

Específicos

1. Identificar las prácticas más dañinas para los empleados mediante un estudio del proceso, buscando las causas de los diferentes efectos que puedan padecer los operarios.
2. Crear un nuevo modelo de trabajo en el área para evitar las enfermedades ocupacionales que puedan padecer los operarios en el área de producción de Mexichem Guatemala, mediante el estudio ergonómico de este.
3. Proponer acciones correctivas para evitar al máximo los efectos del mal diseño del área de trabajo, reestructurando el área e implementando técnicas ergonómicas para su mejoramiento.
4. Estructurar un programa de seguimiento a las propuestas, dentro de las instalaciones del área de producción para el proyecto.

INTRODUCCIÓN

Dentro de cualquier área de trabajo en donde se implique el uso de la fuerza o, inclusive posturas repetitivas, existirán problemas de salud, a los cuales se les denomina enfermedades ocupacionales o también, enfermedades laborales. Estas enfermedades son causantes de múltiples retrasos y costos dentro de las empresas, a los cuales se les conoce como “costos ocultos”, debido a que no se pueden identificar a simple vista, sino hasta que se presentan físicamente. Dentro de la empresa Mexichem Guatemala esta situación no es distinta. Se sabe que cada movimiento de por sí, desgasta a la persona que lo realiza y mucho más si este movimiento es repetitivo y en una postura no confortable para él. El estudio se basa en la búsqueda de aquellos movimientos de esta clase, y crea una gama de posibles enfermedades que este movimiento causa, así se puede determinar los factores críticos dentro de una labor, operación, procedimiento, entre otros.

Los resultados obtenidos del estudio ergonómico pueden ser utilizados de distintas formas; la principal es el mejoramiento o rediseño de operaciones para reducir o, inclusive, evitar las enfermedades ocupacionales en un equipo de trabajo. Otra posibilidad que permite el estudio ergonómico es la creación de nuevas políticas empresariales y posibilita crear una conciencia común dentro de toda una organización para resguardar la salud del equipo de trabajo, en este caso a los operarios del Área de manufactura de la empresa internacional Mexichem Guatemala. El trabajo de investigación sobre la ergonomía del lugar, plantea crear las bases suficientes para evitar estos inconvenientes dentro del área de trabajo, teniendo como prioridad el bienestar del recurso humano.

1. ASPECTOS Y GENERALIDADES

1.1. Historia

Mexichem Guatemala es una empresa mexicana que inició con la adquisición de INEOS Flúor, lo cual permitió la integración con el productor más grande de fluorita en el mundo, que también es el segundo mayor productor de ácido fluorhídrico, dentro de una misma compañía que es líder en la industria de fluoroquímicos, con mayor impacto en productos como gases refrigerantes. Esta compañía ha adquirido estratégicamente a los productores más grandes de las regiones.

Este acuerdo entre compañías incluye los negocios internacionales y activos fluoro químicos de INEOS localizados en su mayoría en Estados Unidos; recientemente también cuenta con negocios en Europa y Asia. Mexichem Guatemala Flúor se une totalmente con INEOS Flúor, por lo que se convierte en un productor de flúor químico especial de magnitud global e integrada, con presencia en países de casi todos los continentes y genera ventas anuales por más de US\$ 500 millones.

En esa misma temporada, Mexichem Guatemala adquiere el control de Plastisur S. A., la cual es una empresa peruana líder en fabricación y comercialización de tubos y artefactos PVC. Dicha planta se encuentra al sur del Perú, donde proporcionó más del 45 % del mercado en esa época. Esta compañía reportaba hacia un año (2009) ventas por más de US\$ 10,6 millones con un EBITDA de US\$ 3,3 millones.

De igual forma ocurrió en nuestro país con Amanco, que es una productora y mercadora de sistemas de tuberías, conexiones y accesorios de PVC para la conducción de fluidos, principalmente agua y otros, como conexiones eléctricas. Mexichem Guatemala adquirió Amanco, que ya para ese tiempo era líder a nivel latinoamericano de fabricación de tuberías PVC, situándola como una de las mayores productoras de estos productos a nivel internacional y teniendo un alcance como nunca se había registrado en esta. Amanco actualmente sigue con sus operaciones relacionadas con tubería PVC, pero la integración a Mexichem Guatemala le ha dado un impulso tecnológico y de competitividad en el mercado.

Amanco Guatemala, S. A., previamente a la afiliación a Mexichem Guatemala se dividía en dos empresas líderes: Fábrica Tubovinil, la cual era encargada de la fabricación de los materiales para sistemas de tubería y duralita, en la industria de construsistemas. Tubovinil fue una planta de procesamiento en zona 12 de la ciudad de Guatemala, donde actualmente sigue operando, y donde se llevan a cabo la mayoría de operaciones relacionadas con la fabricación de tubería y accesorio PVC. Grupo Nueva decide unificar las empresas, en 2001, y deciden laborar bajo el nombre Amanco.

Desde el año 2007 y hasta el hoy, Amanco forma parte de Mexichem Guatemala, la empresa líder en la industria química y petroquímica ya mencionada. Desde entonces sigue operando en la misma planta de producción, aunque para el año 2015 se espera tener trasladadas todas las operaciones a la fábrica situada en Palín-Escuintla, que será una de las más grandes de su tipo en toda Latinoamérica y con la tecnología de vanguardia, para cubrir la creciente demanda que afronta. Amanco ha sido certificada en el transcurso de los años por su alta calidad, servicio técnico, garantías, entre

otros. Estos reconocimientos son producto de la estandarización de los distintos procesos que se llevan a cabo y la estandarización de los productos que se crean, así como en las operaciones de ventas y asistencias brindadas a sus diferentes consumidores.

Mexichem Guatemala actualmente es una empresa líder en la industria química y petroquímica a nivel mundial y tiene más de cincuenta años en la industria, además de tener más de treinta años en la Bolsa de Valores de México. Actualmente generan, a través de todas sus compañías alrededor del mundo, ventas totales por aproximadamente 5 000 millones de dólares anuales, por lo que se establece como una de las compañías más estables de la industria actual.

Esta empresa está vinculada a más de 17 300 empleados implicados en sus operaciones a lo largo del globo, y cuenta con ciento dos plantas de producción, dos minas de fluorita (una de ellas es la más grande del mundo) y ocho laboratorios de investigación y desarrollo que están distribuidos en ochenta y seis locales alrededor del mundo, además de los diferentes proyectos que estos llevan a cabo a nivel regional dentro de nuestro país, con una alta responsabilidad sobre las comunidades en las que operan, fortaleciendo el desarrollo social y económico de estas.

Además de lo ya descrito en el párrafo anterior, los productos fabricados por Mexichem Guatemala tienen un impacto en la calidad de vida de las personas y estos logran satisfacer la demanda en sectores en donde son requeridos, en aspectos tan básicos como en infraestructuras, suministros de agua, saneamientos básicos, la generación y suministro de energía eléctrica, transporte, comunicaciones, el cuidado de la salud, entre muchas otras más. Esta empresa tiene prioridad en el desarrollo y utilización de las más recientes

tecnologías, las cuales garantizan la calidad en el producto y servicio para ser competitivos a nivel internacional. La empresa está sumamente comprometida con el apoyo al ámbito social y ambiental, así como al cumplimiento de las normas regionales e internacionales con amplia responsabilidad.

1.2. Plan estratégico

En Mexichem Guatemala se rigen mediante un plan estratégico clave, el cual los ha posicionado como uno de los mayores productores de producto PVC y productos afines, cuyas generalidades se describen a continuación:

1.2.1. Misión

Transformar químicos en: productos, servicios y soluciones innovadoras, para los diversos sectores industriales, a través de nuestra excelencia operativa y enfoque en las necesidades del mercado, con el propósito de generar valor continuo para nuestros clientes, colaboradores, socios, accionistas y comunidad, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la gente.

1.2.2. Visión

Ser respetada y admirada mundialmente como una compañía química líder, enfocada en generar resultados, contribuir al progreso y mejorar la vida de las personas.

1.2.3. Valores

- Liderazgo: buscamos continuamente impulsar la innovación en nuestros productos, procesos y soluciones así como la generación de un impacto positivo en el mercado y en la industria.
- Responsabilidad: actuamos de manera responsable y equitativa en las comunidades donde participamos. Contribuimos de la mejor manera posible con la preservación del medio ambiente a través de acciones sustentables.
- Compromiso: creemos en la dedicación, el enfoque hacia metas comunes y el trabajo en equipo para superar las expectativas de nuestros clientes y cumplir los compromisos ofrecidos a socios, colaboradores y comunidades de las que formamos parte y en donde operamos.
- Orientado a resultados: creemos en la eficiencia y excelencia operacional y financiera; en ofrecer resultados positivos con un crecimiento sostenido y productos que marcan la diferencia.
- Integridad: estamos comprometidos a ser un actor ético, honesto y confiable, que actúa de la manera apropiada y respetuosa con sus colaboradores.
- Seguridad: la salud y la seguridad de nuestra gente es nuestra prioridad. Nos esforzaremos por garantizar la seguridad en nuestras instalaciones, en las comunidades en donde operamos y en el medio ambiente.

1.2.4. Objetivos

Los objetivos y metas de Mexichem Guatemala se subdividen en: económicos, ambientales, laborales, en derechos humanos, en las comunidades y en sus responsabilidades de productos.

1.2.4.1. Metas y desempeño económico

Homologar las prácticas de las filiales para financiar la compra de materiales de construcción a los clientes, realizando una evaluación de factibilidad e incorporando los sistemas acuates que han probado su eficacia.

Promover una cultura de generación de ideas e innovación tecnológica, mediante la implementación de un sistema de gestión I+D+i (investigación, desarrollo e innovación).

1.2.4.2. Metas y desempeño ambiental

Fortalecer la cultura de ahorro de energía para todo el personal, implementando o mejorando nuestros sistemas de administración de energía y cumpliendo con los programas de eficiencia energética.

Reducir los residuos generados mejorando los procesos productivos, implementado o desarrollando nuevas tecnologías y encontrando usos alternos.

Reducir 5 % (año base 2009) las emisiones de GEI, incrementando la eficiencia de los procesos, realizando sustituciones tecnológicas y utilizando energías renovables.

Reducir 20 % (año base 2009) la emisión de sustancias agotadoras de la capa de ozono (ODS) sustituyendo gases y refrigerantes que sean más amigables con el medio ambiente en los equipos de refrigeración y licuación.

Formalizar una estrategia integral de protección a la biodiversidad revisando nuestros alcances actuales e incluyendo nuevos sitios en los países de mayor diversidad en donde operamos.

Homologar conceptos de desarrollo sustentable y responsabilidad social alineados con la visión y misión de Mexichem Guatemala.

1.2.4.3. Metas y desempeño laboral

Potenciar el valor del individuo que contribuya a su desarrollo personal y profesional, y el logro de los objetivos individuales y empresariales. Esta estrategia se cumple a través de la definición de 3 ejes rectores, todos ellos encaminados a contribuir a la estrategia de negocio de la empresa y delineados dentro de un marco ético, profesional y con un excelente clima de trabajo.

Apoyar el crecimiento y consolidación de la empresa mediante la atracción y retención del personal, a través de esquemas de reclutamiento y selección que nos permitan contar con la mejor gente.

Gestionar el conocimiento y capital intelectual de nuestros colaboradores.

Contar con estructuras organizacionales que apoyen la estrategia del negocio.

Fortalecer una estructura organizacional que facilite la función de sustentabilidad en Mexichem Guatemala.

1.2.4.4. Metas y desempeño en derechos humanos

Elaborar una política de derechos humanos que retome los principios de nuestro Código de Conducta y se haga extensivo a nuestros contratistas y distribuidores, señalando nuestra postura ante la libertad de asociación, la explotación infantil, los derechos de los indígenas y los trabajos forzados.

Lograr cero fatalidades y cero accidentes incapacitantes realizando la investigación de las causas de los accidentes y aplicando acciones correctivas y preventivas.

1.2.4.5. Metas y desempeño en nuestras comunidades

- Robustecer un diálogo constructivo con nuestros grupos de interés
- Complementar un análisis de grupos de interés

1.2.4.6. Metas y desempeño en nuestra responsabilidad de productos

Homologar nuestros protocolos de seguridad de productos con el fin de reducir los riesgos potenciales de impacto en la salud y seguridad de los clientes y posibles afectaciones a los ecosistemas.

2. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES

En Mexichem Guatemala se consideró que existe un problema de personal operario de maquinaria en el área de manufactura, que informa acerca de problemas y dolores lumbares y otros dolores semejantes. Estos operarios se distribuyen entre las 11 máquinas que se encuentran en el área, y normalmente se reparten 2 operarios por máquina, además de sus ayudantes.

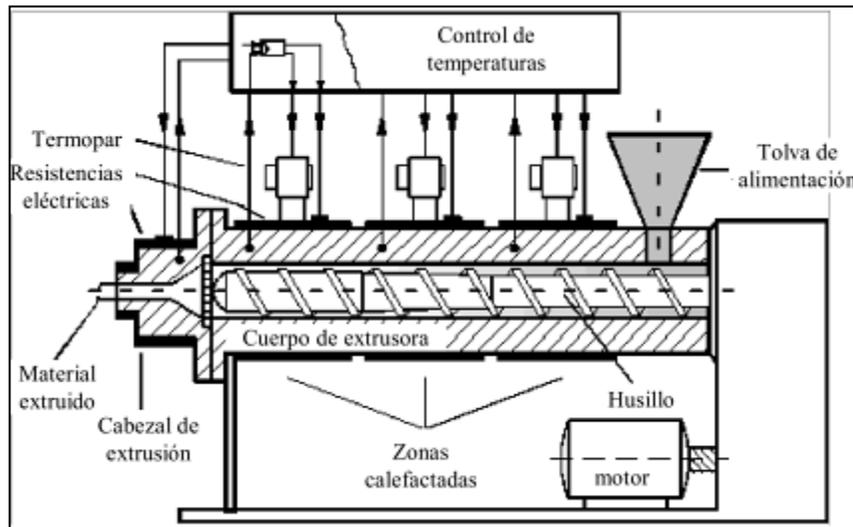
La maquinaria se encuentra denominada según el orden en el que llegaron a la planta, por ejemplo máquina 1, máquina 2 y así sucesivamente. Para efectos de esta investigación se utilizará esa misma nomenclatura que se utiliza comúnmente dentro de las instalaciones.

El área de manufactura se encuentra dividida en dos secciones. La primera es donde se fabrica el tubo PVC de pequeño diámetro y mediano diámetro y en la segunda se fabrica el tubo corrugado de gran diámetro.

2.1. Maquinaria

La maquinaria utilizada para la fabricación del tubo PVC son máquinas extrusoras de materia prima, las cuales son alimentadas por tolvas con esta materia. Las máquinas extrusoras más utilizadas son las máquinas extrusoras de huesillo único, que al girar en un armazón cilíndrico extrae el material de la tolva alimentadora y lo hace avanzar a lo largo del cilindro, en donde por altas presiones toma la forma o se moldea, y lo dosifican por un plato rompedor hasta la boquilla. Además existen extrusoras de huesillos gemelos, que giran en el interior de un cilindro con sección bilobular.

Figura 1. Estructura básica de máquina extrusora monohuesillo

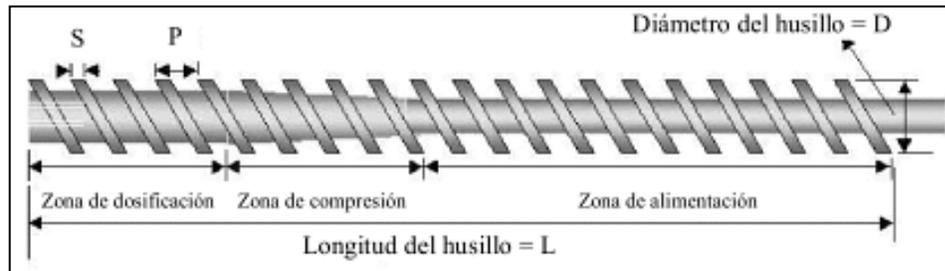


Fuente: RODRÍGUEZ MONTES, Julián. *Procesos industriales para materiales no metálicos*. p. 6.

La extrusión de material se emplea principalmente para la producción de varillas, láminas, tubos, recubrimientos de cables y alambres, entre otros productos. Esto se produce a partir de un polvo termoplástico, el cual se hace fluir continuamente a través de una boquilla a altas temperaturas y presiones altas. Dentro del cilindro y como resultado del movimiento relativo entre la superficie del rotor y el del armazón, el material se mezcla de manera casi inmediata y se calienta hasta llegar a plastificarse. El calentamiento es debido al efecto de la energía disipada por los esfuerzos, además del calor aplicado al armazón.

En las extrusoras, los husillos están divididos en zonas que cumplen diferentes funciones y comúnmente son tres: alimentación, compresión o plastificación y dosificación.

Figura 2. **Geometría del husillo**



Fuente: RODRÍGUEZ MONTES, Julián. *Procesos industriales para materiales no metálicos*. p. 7.

En Mexichem Guatemala, se utilizan 11 máquinas extrusoras, de las cuales se determinarán las especificaciones adelante. Estas máquinas son alimentadas por tolvas que contienen la mezcla de material, el cual fue previamente mezclado en su área determinada. En el área de manufactura el material pasa por un moldeado a altas temperaturas que le da la forma de tubo, dependiendo del diámetro requerido. Al salir de este moldeado, el tubo sale con el diámetro requerido pero a altas temperaturas, por lo que debe pasar por tanques de agua para evitar que este se deforme por su alta temperatura. Al llegar al final de estos tanques, una impresora implanta las especificaciones del tubo en este, mediante presión; una guillotina corta el tubo a exactamente la longitud requerida.

Una vez finalizada toda esta tarea, se apilan las cantidades necesarias de material terminado al final de cada máquina, para posteriormente colocarlas en carros transportadores que llevarán el producto terminado hacia las bodegas, en donde esperarán para ser transportados a su último destino con el cliente final. Cabe informar que en los puertos de cada máquina cambian según el tipo

de tubería que se produzcan, dependiendo del diámetro de tubería que se fabrique y la velocidad.

2.1.1. Especificaciones de la maquinaria

Dentro del área de manufactura se encuentran 11 máquinas. Por especificaciones de la empresa estas son subdivididas en grupos denominados por números del 1 al 4, además existen grupos según la magnitud de diámetro que son capaces de crear. Cada grupo se conforma con máquina, pero a su vez, estas máquinas pueden formar parte de más de 1 grupo.

2.1.1.1. Grupo 1

El grupo número 1 se refiere a las máquinas de extrusión de capacidad de diámetro más pequeño, en el cual el material terminado cae a los costados de la máquina y queda apilado, posteriormente un operario se encarga de la recolección de este material con una soga. Después de este proceso se colocan los tubos dentro del carro de transporte. Estas máquinas son de las más rápidas que se encuentran dentro de la planta de manufactura.

Tabla I. **Especificaciones del grupo 1**

Máquina	Grupo	Tipo de tubería	Diámetro menor	Diámetro mayor
1	Grupo 1	Tubería convencional o de pared sólida	1/2"	2"
2	Grupo 1	Tubería convencional o de pared sólida	1/2"	2"
7	Grupo 1	Tubería convencional o de pared sólida	1/2"	2"

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2. Grupo 2

El grupo número 2 se refiere a las máquinas de extrusión con capacidad de diámetro un tanto mayor a las pertenecientes al grupo 1. En estas máquinas el material también cae a los costados, pero no se apila como en las del grupo 1, evitando al operario una ardua tarea recolectando el material terminado. Al igual que en el grupo anterior, el material es colocado en los carros de transporte para su posterior acarreo a bodegas. La velocidad de estas máquinas es similar a las del grupo 1, pero no pueden trabajar a la misma velocidad, sino a una más leve.

Además, la máquina número 6 es la única máquina dentro de la planta capaz de tener una doble línea de producción, por lo que esta se denomina como máquina doble. El procedimiento para recoger el material terminado es el mismo ya especificado en el párrafo anterior.

Tabla II. Especificaciones del grupo 2

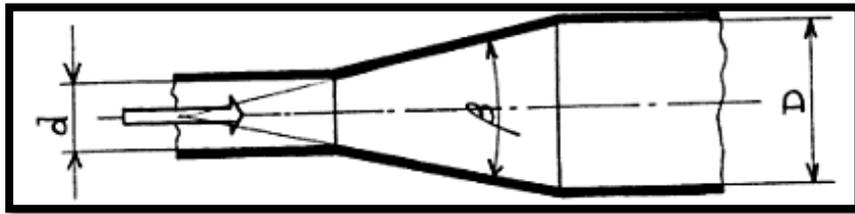
Máquina	Grupo	Tipo de tubería	Diámetro menor	Diámetro mayor
3	Grupo 2	Tubería convencional o de pared sólida	2-1/2"	4"
4	Grupo 2	Tubería convencional o de pared sólida	2-1/2"	4"
6	Grupo 2	Tubería convencional o de pared sólida	2-1/2"	4"

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.3. Grupo 3 y 4

El grupo número 3 y 4 se refiere a las máquinas de extrusión con capacidad de diámetro mediano o semigrande, pero a la vez son mucho mayores que las capacidades del grupo 1 y 2. Estas máquinas avanzan a una velocidad lenta y el material terminado, cae directamente a una banda en donde se le da la forma de acampanado a los extremos como se puede apreciar en la figura 3, ya que estos tubos por su utilización dentro de la industria lo requieren.

Figura 3. Ejemplo de tubería acampanada



Fuente: LUSZCZEWSKI, Antoni. *Redes industriales de tubería, bombas para agua, ventiladores y compresores*. p. 25.

Tabla III. Especificaciones de los grupos 3 y 4

Máquina	Grupo	Tipo de tubería	Diámetro menor	Diámetro mayor
5	Grupo 3 y 4	Tubería convencional o de pared sólida	5"	15"
8	Grupo 3 y 4	Tubería convencional o de pared sólida	8"	18"

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Grupo “Pequeño diámetro”

El grupo de diámetro pequeño se refiere a la maquinaria que produce tubo corrugado del menor diámetro, como se observa en la figura 4, y está conformado por solamente una máquina. Este proceso es lento y se utilizan bandas de moldes desajustables que le dan la forma al tubo. Los tubos de estas operaciones pueden llegar a ser tan grandes que se requiere de una grúa hidráulica para levantarlos y llevarlos a su destino.

Tabla IV. Especificaciones del grupo “Pequeño diámetro”

Máquina	Grupo	Tipo de tubería	Diámetro menor	Diámetro mayor
9	Pequeño diámetro	Tubería corrugada	8"	15"

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Ejemplo de tubería corrugada



Fuente: TECNOPIPE. *Manual técnico – alcantarillado – tubería corrugada*. p. 26.

2.1.1.5. Grupo “Grande diámetro”

El grupo de grande diámetro se refiere a la maquinaria que produce tubo corrugado del diámetro más grande y está conformado solamente por una máquina. Este proceso es el más lento y el proceso de preparación de la máquina conlleva mucho tiempo, por lo cual en esta solo se fabrican aquellos tubos que requieren satisfacer un gran pedido.

El producto es moldeado mediante moldes móviles así como la máquina del grupo de diámetro pequeño, y también se requiere de una grúa para acarrear el tubo terminado a los carros.

Tabla V. **Especificaciones del grupo “Grande diámetro”**

Máquina	Grupo	Tipo de tubería	Diámetro menor	Diámetro mayor
10	Grande Diámetro	Tubería corrugada	24"	42"

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.6. Grupo “Manguera corrugada”

Este se refiere a la maquinaria que produce manguera corrugada, y está conformada por solamente una máquina la cual es operada por un solo trabajador. Esta manguera al salir es enrollada en bobinas para su posterior traspase a la bodega de producto terminado. Es la máquina más pequeña dentro de la planta de producción. Debido al contexto de esta investigación, no se profundizara más en esta máquina.

Tabla VI. **Especificaciones del grupo “Manguera corrugada”**

Máquina	Grupo	Tipo de Tubería	Diámetro menor	Diámetro mayor
11	Grupo único	Manguera corrugada	1/2"	1"

Fuente: elaboración propia

2.1.2. Movimientos por maquinaria

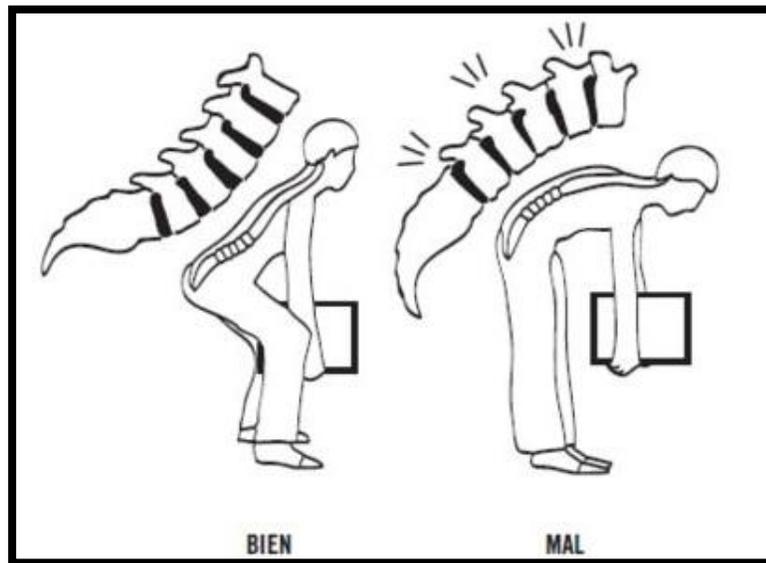
Al realizar el estudio, se determinaron los diferentes movimientos que se realizaban en las estaciones de trabajo para cada máquina, tomando en cuenta por aparte los movimientos del operador y del ayudante. El fin de esta práctica fue para determinar aquellos más dañinos para los operarios. En esta práctica no se tomó en cuenta la máquina 11, ya que se determinó que esta quedaría fuera del estudio.

2.1.2.1. Máquina 1, 2 y 7

En las máquinas del grupo 1, como ya se mencionó, el tubo cae al piso, por lo que los operarios deben agacharse repetitivamente para desenlazar, amarrar y levantar los tubos, para su posterior colocación en los carros de transporte. Al hacerse la observación de esta práctica, se determinó que los operarios no se agachan de la manera adecuada, si no que de una forma inadecuada como se puede observar en la figura 5, forzando así el área lumbar, en vez de utilizar la flexión de sus rodillas.

Estos movimientos se repiten en cada máquina de este grupo, aunque parezcan movimientos inofensivos como elevar su mano por sobre la cabeza para revisar las tolvas de material son perjudiciales para la salud del trabajador.

Figura 5. Buena y mala postura al recoger objetos



Fuente: QUINTANILLA PIÑA, Ricardo. *Organización y montaje mecánico e hidráulico de instalaciones solares térmicas*. p. 85.

2.1.2.2. Máquina 3 y 4

Los movimientos determinados en estas máquinas fueron únicamente empujar el material terminado a los carros, ya que el material queda a la altura adecuada para que estos no deban agacharse. Además, los operarios deben subir 7 y 8 escalones respectivamente para verificar las tolvas de material, pero este movimiento se realiza pocas veces durante los turnos de trabajo. De vez en cuando se puede observar que los operarios sostienen los tubos sobre su espalda para colocarlo en los carros, por lo que este movimiento se considera peligroso, pero ocurre con poca frecuencia. Se determina que estas máquinas son un foco de trabajo poco cargado para los operarios y sus auxiliares.

2.1.2.3. Máquina 6

La máquina 6 se coloca aparte del resto del grupo 2, ya que la estructura de esta es diferente por ser doble. En esta máquina los movimientos determinados fueron los mismos de la máquina 3 y 4, solamente que se utiliza un poco más de esfuerzo por parte de los operarios pues deben mover más cantidad de material al final de la máquina. Además, los operarios deben subir 5 escalones para posteriormente elevar su mano por sobre su cabeza para verificar si existe material en las tolvas de alimentación. Se determina que esta máquina es un foco de trabajo poco cargado para los operarios y sus auxiliares

2.1.2.4. Máquina 5 y 8

Las máquinas 5 y 8 son procesos lentos, por los cuales el operario de cada una permanece sentado hasta que una pieza es terminada. Al llegar al final de la máquina, la pieza es empujada por el operario hacia la máquina que logrará colocar la campana a la máquina (véase figura 3) y posteriormente empuja el tubo hacia el carro de transporte en donde lo coloca de la mejor forma para los siguientes tubos. Para revisar la tolva de alimentación, debe subir 8 escalones en ambas máquinas. Se determina a estas máquinas como focos de poco trabajo excesivo para el operario y su auxiliar.

2.1.2.5. Máquina 9

En los procedimientos de la máquina 9 el operario permanece sentado durante un tiempo prolongado hasta que la pieza está casi completa, entonces él tira de ella para liberarla y se agacha por dentro del tubo para limpiar la escoria restante y con una hoja de metal lija toda la superficie final del tubo. Para revisar las tolvas debe subir 12 escalones.

2.1.2.6. Máquina 10

Los movimientos determinados en la máquina 10 fueron prácticamente los mismos que los determinados en la máquina 9, con diferencia que al agacharse a lijar por dentro del tubo, este procedimiento se repite más veces que en la máquina 9. Para revisar la tolva de alimentación, al ser la máquina más grande de todas, el operario debe subir 4 escalones y posteriormente subir por una escalera de 12 peldaños, pero este procedimiento se realiza pocas veces durante el turno del operario, si no es que solamente una vez.

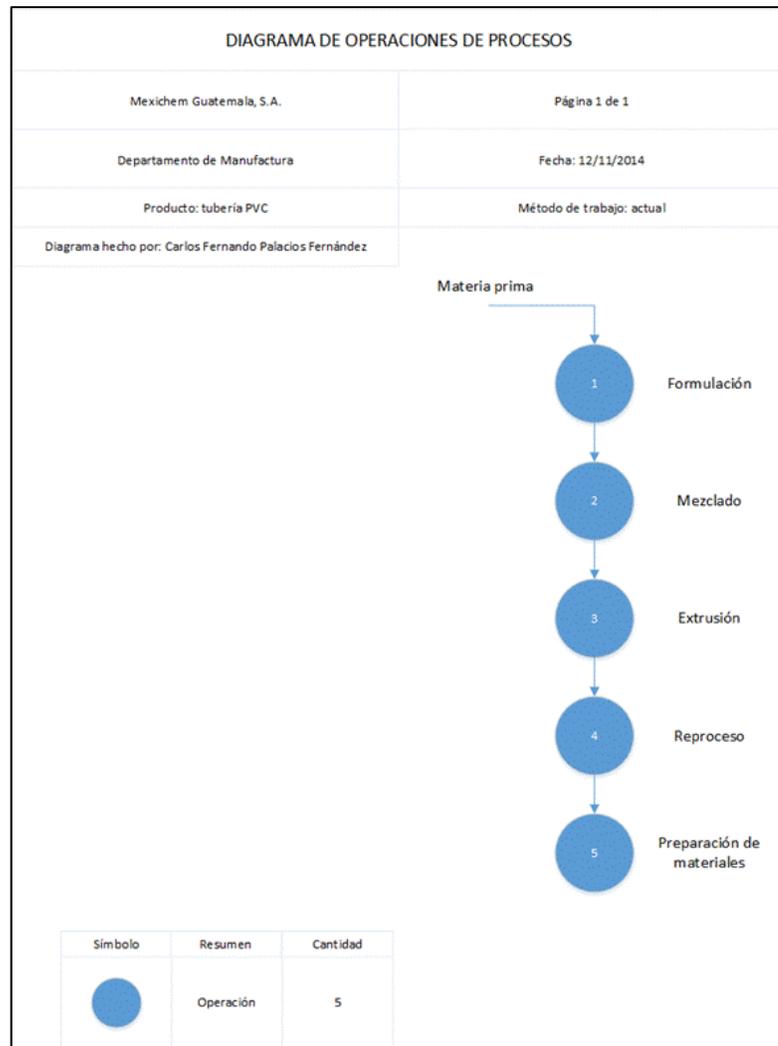
2.1.2.7. Preanálisis de los movimientos

Luego de verificar cada movimiento por los operarios dentro de la planta de manufactura, se observa que estos trabajos no se consideran como esfuerzos fatigadores hacia estos, solamente existen trabajos repetitivos dentro de las estaciones de trabajo.

En ergonomía, los trabajos repetitivos son una de las principales causas de afecciones laborales o enfermedades ocupacionales, ya que desgastan de forma progresiva los músculos y ligamentos asociados a las partes que reciben la mayor carga. A primera vista, estos trabajos degenerativos se pueden determinar cómo el acto de las máquinas 1,2 y 7, que son sumamente repetitivos ya que se acumula una gran cantidad de tubo en las partes finales de la máquina.

2.2. Proceso dentro de la planta

Figura 6. Diagrama de operaciones de proceso



Fuente: elaboración propia

El proceso de fabricación de los tubos se puede observar en la figura 6, en donde se establecen cada uno de los pasos a seguir dentro de las instalaciones de Mexichem Guatemala.

Para cada proceso se utilizan distintos materiales y personal, las cuales están especificadas en la tabla VII.

Tabla VII. Recursos materiales y humanos en las operaciones

Núm.	Símbolo	Definición	Materiales	Recurso humano
1		Formulación	Materia prima e Insumos.	Formulador y ayudante de formulador.
2		Mezclado	Materia prima y materia prima pesada.	Mezclador y ayudante de mezclador.
3		Extrusión	<i>Dry blend</i> tubería, mezclas especiales e insumos.	Jefe de turno, operador jefe y operadores de extrusión.
4		Reproceso	Producto no conforme, producto dañado y materiales de purga.	Formulador y operador de reproceso.
5		Preparación de materiales	Desperdicios, material pulverizado y materiales no conforme.	Formulador, ayudante general, mezclador y ayudante de mezclador.

Fuente: elaboración propia.

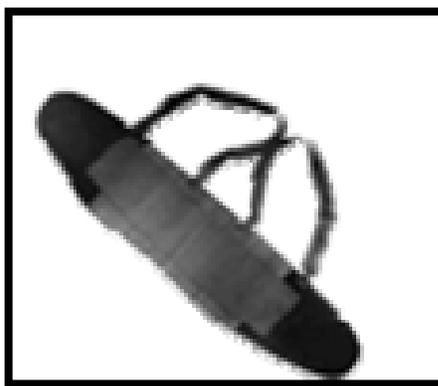
2.3. Acciones preventivas actuales

Actualmente en las instalaciones del área de manufactura de Mexichem Guatemala, se tienen actos preventivos contra las lesiones musculares relacionadas con el trabajo.

Una de estas acciones es la inducción hacia actos seguros, para evitar que los operarios realicen acciones de forma incorrecta, pero esto no se cumple siempre. También se utilizan instrumentos para evitar cargas totales sobre la espalda, como cinturones o fajas para levantar pesos (véase figura 7).

Más allá de lo ya predispuesto en este capítulo no se encuentran otras acciones preventivas tomadas por parte de la empresa, solamente un manual de operaciones al cual los operarios tienen acceso mediante el jefe de turno y solamente existe una copia dentro del área de manufactura.

Figura 7. Faja o cinturón para levantar pesos



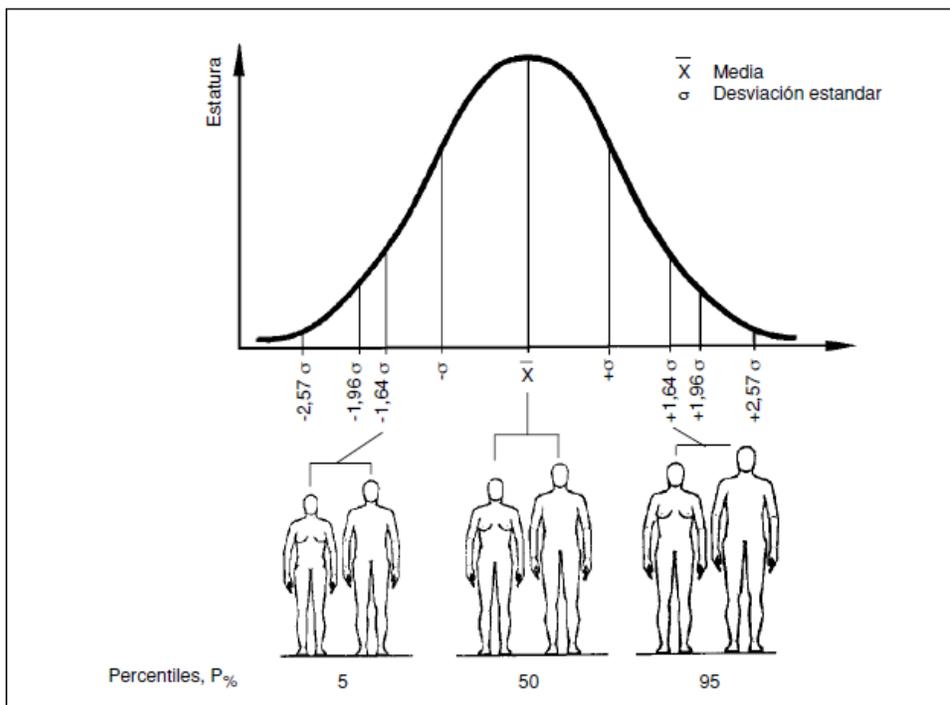
Fuente: Universidad Regiomontana. *Administración de la seguridad y control de pérdidas.*
Manual de equipo de protección personal. p. 9.

2.4. Especificaciones del empleado

Las especificaciones de empleados se refieren a las características físicas de estos.

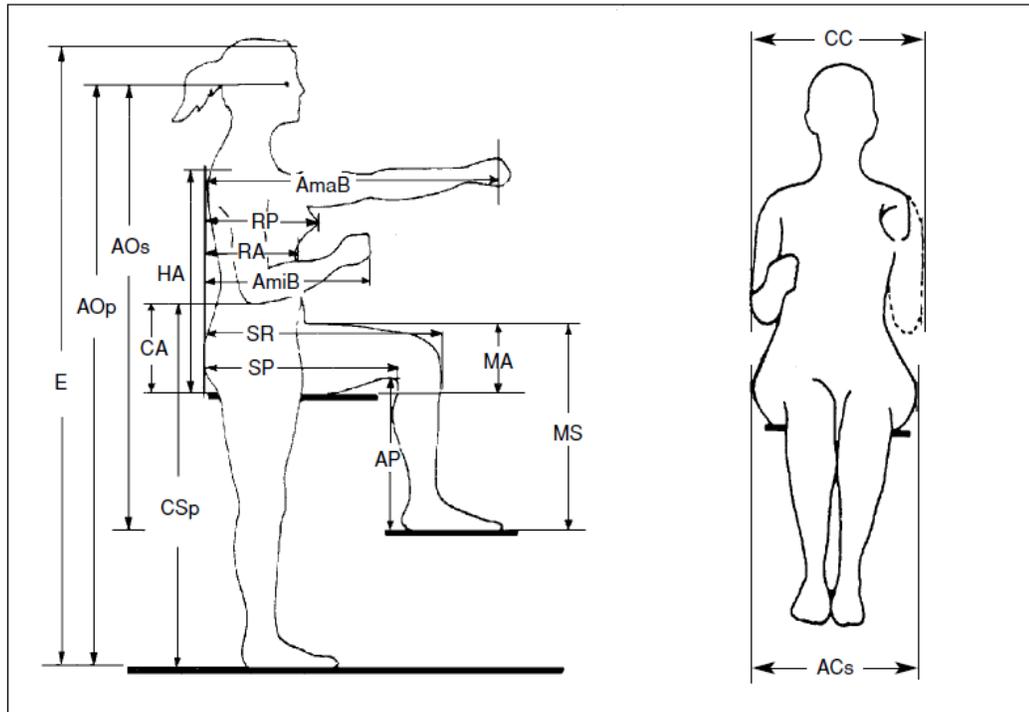
Para este estudio, se estableció como una población objetivo a los operarios de turno dentro de la planta de manufactura, siguiendo el planteamiento de una población hipotética definida en la figura 8. Además de las edades, también se registró la estatura y otras medidas antropomórficas de la población

Figura 8. Ejemplo de curva normal en una población hipotética



Fuente: MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1 Fundamentos*. p. 55.

Figura 9. Ejemplo de algunas medidas antropométricas



Fuente: MÓNDELO, Pedro. *Ergonomía 1 Fundamentos*. p. 38.

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Resultados de medidas antropométricas y edades**

Edad promedio (años)	Altura promedio (mt)	Largo de brazos promedio (mt)
40	1,71	1,69

Fuente: elaboración propia.

2.5. Informe de afecciones actuales

El informe de afecciones actuales fue proporcionado por el doctor que labora dentro de las instalaciones de Mexichem Guatemala, y es el encargado de llevar la documentación y control dentro de la enfermería de la empresa.

En este informe se detalló que sí existen operarios que acuden a la oficina de la enfermería por dolores lumbares regulares, aunque nunca se ha detectado una enfermedad ocupacional debido a esto, pero sí es una afección regular entre los operarios que no logran llevar a cabo con normalidad sus actividades debido al dolor que padecen. Esta afección es regular entre los operarios, no importando la edad y se informó que existe ya un plan de educación individual y grupal para evitar estas condiciones.

La enfermedad ocupacional establecida entre los operarios es la hipoacusia. La hipoacusia es la degradación del oído interno de las personas al ser expuestas a altos niveles de vibraciones sonoras por periodos prolongados de tiempo, pero esta condición no puede relacionarse con las condiciones internas de la planta ya que en esta se toman las medidas necesarias para reducir al mínimo el ruido y además se proporciona equipo de seguridad contra esta condición insegura. Así que se determina que esta enfermedad es producto de la vida cotidiana guatemalteca.

Dadas las circunstancias planteadas, se establece que el dolor lumbar es el problema más grave entre los operarios, y este es tratado con solamente relajantes musculares locales

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Ponderación de la maquinaria:

Para determinar en qué máquinas se encuentran los operarios más afectados se recurrió a la ponderación de la maquinaria utilizada, como herramienta para determinar en cuál de ellas se puede observar con mayor detalle la causa de esta afección lumbar que sufren frecuentemente los operarios de la planta de producción.

Según la evaluación de la maquinaria, tomando en cuenta los parámetros y criterios de evaluación, los cuales se definen en el siguiente apartado de este capítulo, se determinó la ponderación que se puede observar en la tabla IX, Evaluación de maquinaria.

De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación.

Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos. Tomando en cuenta la expectativa de trabajo y las propias afecciones relatadas por los operadores de las máquinas, se compara con la ponderación prevista de las máquinas, por lo cual se determinó que los parámetros para esta evaluación son factibles para este estudio ergonómico.

Activo, término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja. Puede ser humano, físico y financiero intangible. Por ejemplo: el personal, centros de trabajo, plantas y equipos, entre otros.

Acción/recomendación, es la asignación para ejecutar una tarea o serie de tareas para resolver una causa identificada en la investigación de una falla o problema.

Afectación, es la limitación y condiciones que se imponen por la aplicación de una ley al uso de un predio o un bien particular o federal, para destinarlos total o parcialmente a obrar de utilidad pública.

Confiabilidad operacional, es la capacidad de un activo (representado por sus procesos, tecnología y gente) para cumplir sus funciones o el propósito que se espera de este, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional determinado.

Consecuencia resultado de un evento, puede existir una o más consecuencias de un evento, las cuales sean expresadas cualitativa o cuantitativamente. Por ello, los modelos para el cálculo deben considerar los impactos en seguridad, higiene, ambiente, producción, costos de reparación e imagen de la empresa. El análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos (FMECA, *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*): es un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos: Estimación de la frecuencia de la falla funcional: Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año.

Con las declaraciones anteriores, y según lo observado dentro de la planta de producción de Mexichem Guatemala, se determinó que la evaluación de la maquinaria con la tabla IX es verídica, según los relatos de los operadores. Entonces se determinó que la máquina extrusora número 1 y 7 son las de más carga laboral, y, por ende, las que ocasionan más afecciones entre los operadores de dichas máquinas.

Los daños al personal, impacto a la población y al ambiente serán categorizados considerando los criterios que se indican en la tabla IX, Categoría de los Impactos. Los Impactos en la Producción (IP) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluará considerando los siguientes factores: Tiempo Promedio para Reparar (TPPR), Producción Diferida.

Tabla IX. **Evaluación de maquinaria**

Evaluación de la maquinaria.				
Máquina	Repetitividad	Peso del material	Movimientos inadecuados	Ponderación
1	9	4	8	7,0000
2	N/A	N/A	N/A	N/A
3	3	4	4	3,6667
4	3	4	5	4,0000
5	4	5	5	4,6667
6	6	7	5	6,0000
7	9	3	9	7,0000
8	4	7	2	4,3333
9	2	10	5	5,6667
10	2	10	6	6,0000

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IX se determina la ponderación y evaluación determinada para cada máquina, en donde la escala de punteo es de 1 a 10, siendo 1 una máquina para nada crítica, y 10 una máquina críticamente alarmante.

Según la encuesta realizada a cada uno de los operadores de las máquinas, los dolores comunes al trabajar en la máquina 1 y 7 se presentan como dolor de espalda baja, tomando en cuenta que el producto cae directamente al piso y ellos deben recogerlo, situación que diferencia estas máquinas del resto. Los operarios también comentan en sus encuestas que el trabajo repetitivo de agacharse para recoger el tubo es la principal causa de dolor en la espalda, además ocasiona un significativo cansancio mental. Tomando en cuenta que según la investigación se identificó que muchos de estos casos no llegan a la clínica médica de la planta de producción, el problema es aún más grande de lo que se cuantificaba por parte de la empresa,

ya que en esto se basaba el reporte de afecciones sufridas por los operarios de la planta de producción.

3.1.1. Criterios de evaluación para la maquinaria

Los dos criterios a tomar para la evaluación de la maquinaria son los siguientes:

- Evaluación directa de maquinaria y evaluación visual de la máquina y las interacciones máquina-hombre.
- Encuesta a operadores por maquinaria.

En la evaluación de la maquinaria, se toman en cuenta aspectos que se conoce que causan afecciones, como la repetitividad, el peso del material y los movimientos indebidos observados durante la operación de extrusión, carga y almacenamiento del tubo. Para la ponderación de la maquinaria, se tomó una escala de 1 a 10 puntos para cada maquinaria, rango dentro del cual se evaluó cada uno de los aspectos detallados anteriormente. Este rango es el mismo que se observa en la tabla IX, Ponderación de la maquinaria.

En este rango existen tres clasificaciones, donde de 1 a 5 se considera un trabajo poco demandante, por lo que cada máquina con este puntaje se considera una máquina o punto normal. La clasificación de 5 a 7 se considera un trabajo exigente pausado, donde las circunstancias son bastante duras pero por el tipo de máquina y diámetros utilizados, este trabajo se realiza en pausas y no es considerado un punto crítico, sino es considerado un punto semicrítico e inclusive un trabajo normal. Por último una calificación de 7 a 10 puntos se considera como un trabajo exigente y repetitivo, por lo que se considera como un punto crítico.

Entonces, para la evaluación o puntuación de las máquinas, se toman los siguientes aspectos:

- Repetitividad: cuan repetitivo es el trabajo, en donde 1 es muy poco repetitivo y 10 es muy repetitivo. Se presenta sobre todo en las máquinas más rápidas y, por lo regular, en las de diámetro pequeño.
- Peso del material: como ya se sabe, cada máquina maneja distintos diámetros de tubo, por lo que se tomó este parámetro para clasificarlas. Donde 1 es un material liviano y 10 es un material muy pesado.
- Movimientos inadecuados: las operaciones que se realizan de una manera inadecuada son las que mayores afecciones causan, por lo tanto se toma este parámetro para la evaluación de la máquina, ya que dependiendo del diámetro de extracción se presentan con menor o mayor frecuencia estos movimientos inadecuados. El rango determina que una puntuación de 1 es una máquina donde muy pocas veces se observó un movimiento inadecuado y se asignan 10 puntos donde, si no todos, la mayoría de movimientos para el desarrollo de la operación son inadecuados para evitar afecciones lumbares en los operarios de las máquinas.

La encuesta se basa en una serie de preguntas cerradas y también abiertas para desarrollar, esto para cada uno de los operadores y auxiliares de cada máquina, tomando en cuenta la rotación de estos entre las máquinas, haciendo énfasis en solicitarles que se expresarán con total libertad sobre lo “pesado” del trabajo en cada una de las máquinas.

Con estos parámetros de evaluación, se pretende determinar el punto crítico de la operación, así como la máquina que presenta la mayor cantidad de responsabilidad en afecciones y con esto determinar la mejor solución a la causa descrita en los anteriores capítulos.

3.2. Puntos críticos del proceso:

Ya con la ponderación de la maquinaria, tomando en cuenta los aspectos físicos de estas y las opiniones personales de los operadores, se procede a identificar los puntos críticos del proceso, las máquinas extrusoras críticas y las circunstancias que generan la problemática dentro de la planta de producción de Mexichem Guatemala.

Se determinó, mediante la evaluación, los siguientes puntos críticos dentro del proceso de extrusión del tubo PVC:

- El agacharse en las máquinas 1 y 7 para recoger los tubos en el último proceso de la fabricación.
- Los tubos PVC caen al suelo en las máquinas 1 y 7 debido a la falta de un puerto de descarga para los mismos.
- Los operarios no están capacitados en relación a medidas de higiene postural, entre otras, las relacionadas específicamente con la columna vertebral.
- Las máquinas 1 y 7 no tienen adaptadores, como otras, esto para evitar que el tubo caiga al piso.

- Los operadores no están conscientes del peligro a futuro que representan sus malas prácticas.
- Los operadores de las máquinas no reportan, en la mayoría de los casos, los problemas lumbares que sufren luego de la utilización de las máquinas 1 y 7.
- La rapidez de las máquinas 1 y 7 provocan un agotamiento mental y físico a los operadores. Este cansancio mental perdura inclusive luego de la jornada laboral.
- Se determinó que un factor crítico externo es que los operarios se auto-medican la mayoría de veces que sufren estos padecimientos.

En resumen, el punto crítico dentro del proceso es la repetitividad con que se cargan los tubos que caen al piso, dentro de las máquinas 1 y 7; cabe resaltar que ambas máquinas están diseñadas para fabricar tubo de diámetro pequeño.

3.3. Relación afección-movimiento

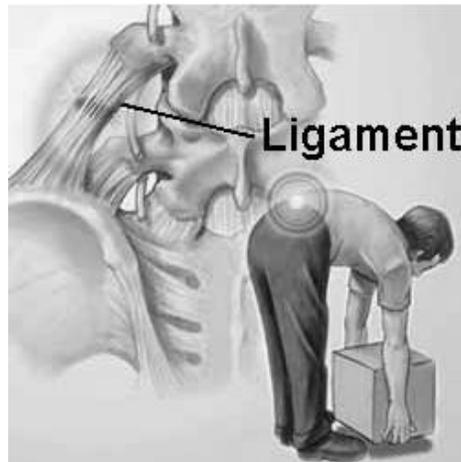
Definitivamente la afección sufrida por los operarios es en mayor parte por los movimientos inadecuados que practican en cada jornada de labores dentro de la planta de producción. En este caso de estudio ergonómico, se determinó que el cargar de manera incorrecta los tubos de las máquinas 1 y 7, aunque se cuente con fajas de protección lumbar, el operario incurre en un gran esfuerzo a los ligamentos de la espalda baja. En la figura 10 se puede observar lo descrito anteriormente.

Así mismo, en la figura 11 se puede apreciar la forma correcta de carga, para evitar este esfuerzo en los ligamentos de la espalda baja.

Para el dolor lumbar incluyen trabajos que requieren movimientos repetitivos, exposición a la vibración ocasionada por vehículos o maquinaria industrial, incluso el consumo de cigarrillos. Ciertos deportes, como la carrera pedestre, el esquí, o la conducción de vehículos durante períodos prolongados de tiempo, pueden asociarse también con dolor lumbar. Dolores de espalda, varices, vista cansada, contracciones musculares. Estas son sólo algunas de las molestias que pueden provocar las malas posturas.

Enfermedades como la artrosis de la columna, espondilitis y osteoporosis pueden también ser causa de dolor. Algunas de estas enfermedades son más prevalentes en los ancianos y, por lo tanto, las personas mayores tienen mayor riesgo de padecer dolor lumbar. Situaciones como la depresión, ansiedad, alcoholismo o el divorcio, se han asociado con dolor lumbar. No obstante, no hay estudios que demuestren concluyentemente si estos problemas son la causa o la consecuencia del dolor.

Figura 10. **Tensión en los ligamentos al cargar**

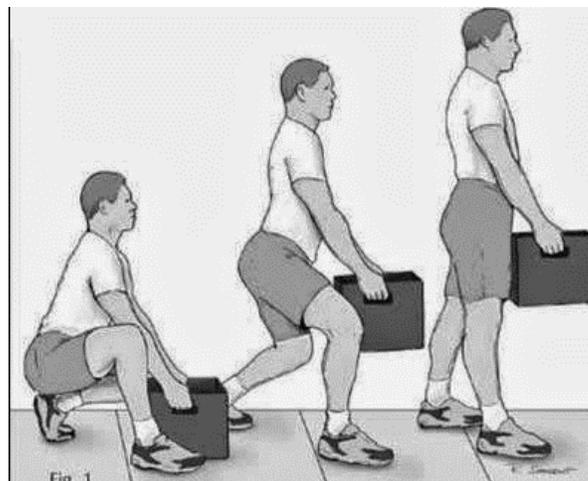


Fuente: *Levantamiento y porte adecuado.*

[https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=267.](https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=267)

Consulta: 5 de enero de 2017.

Figura 11. **Forma correcta de carga**



Fuente: Fuente: *Levantamiento y porte adecuado.*

[https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=267.](https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=267)

Consulta: 5 de enero de 2017.

Se conoce que la eficiencia mecánica del cuerpo humano no rebasa, en el mejor de los casos, el 20 %. Esto quiere decir que perdemos la mayor parte de la energía del cuerpo en forma de calor y no en forma de trabajo. El gasto energético que demanda una actividad es de suma importancia que se compare con el gasto energético que esta persona en realidad puede cambiar, pero esto definitivamente depende de la capacidad de trabajo físico.

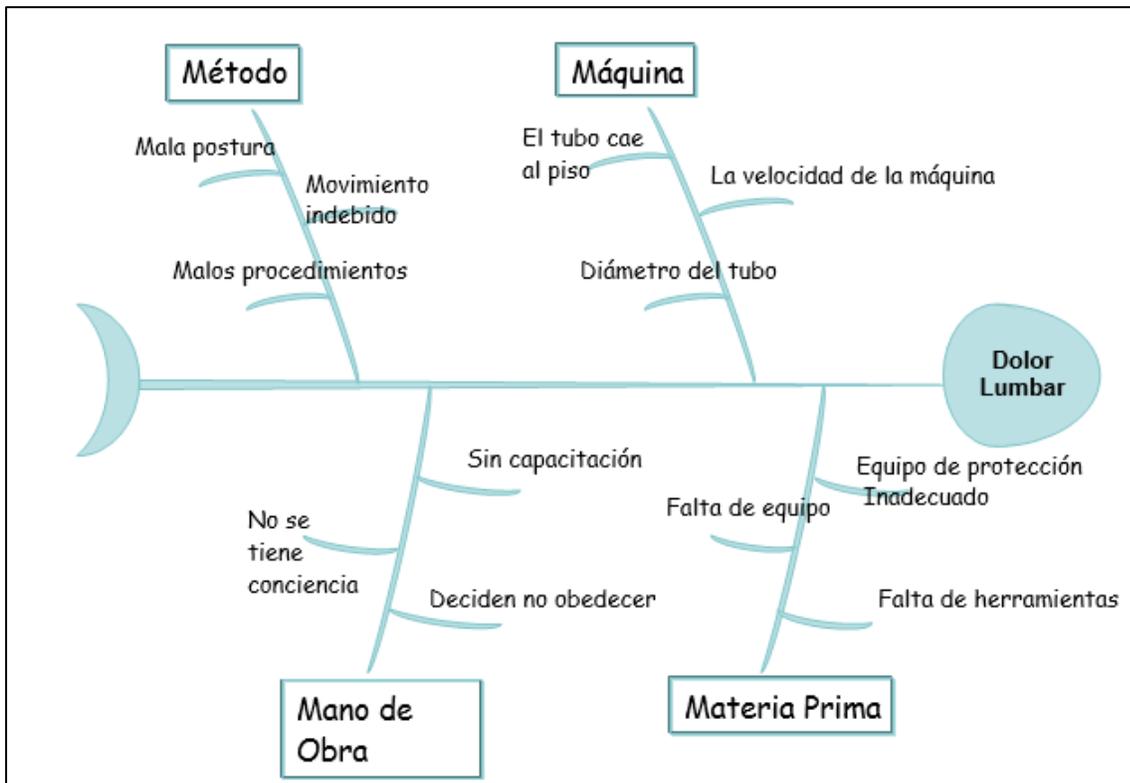
Esta capacidad de trabajo físico es la cantidad máxima de oxígeno que puede procesar o metabolizar una persona, desafortunadamente los registros médicos de Mexichem Guatemala, proporcionados, no muestran esta capacidad de metabolizar el oxígeno o la capacidad pulmonar de los operarios. Esta capacidad es diferente en cada individuo y cambia con el transcurso de los años. Las diferencias individuales respecto a esta capacidad son significativas, aunque es posible hacer estimaciones para situaciones que no sean críticas, en este caso para las máquinas que se evalúan como máquina de trabajo ligero.

3.3.1. Diagrama causa-efecto

Mediante un diagrama de causa-efecto, se plantean las posibles causas para el efecto: dolor lumbar en los operarios de la planta de producción de tubos PVC de Mexichem Guatemala, aunque ya se tiene una idea clara del por qué, es necesario para poder visualizar la gama completa de posibles causas para la afección sufrida.

En el siguiente diagrama (figura 12) se toma como referencia las M's (materia prima, máquinas, método y mano de obra, dejando por fuera el medio ambiente y medición debido a que estas según el criterio del evaluador no afectan en el cuadro final del efecto) para establecer las posibles causas del efecto ya descrito.

Figura 12. **Diagrama causa – efecto: afección lumbar en operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala**



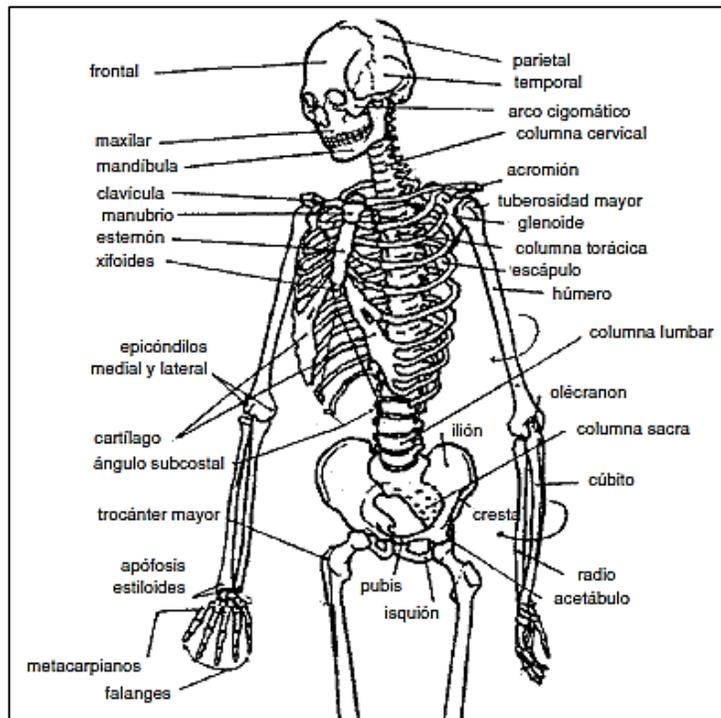
Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Ponderación de las afecciones

Según los resultados anteriores, se llegó a determinar las distintas afecciones y se logró ponderarlas, de donde se establecieron los puntos críticos de la operación. En la figura 13 se pueden observar las partes de un cuerpo humano, en donde se destaca la columna lumbar y la columna sacra (determinándolo así por el doctor de turno en la enfermería de la planta de

producción de tuberías PVC de Mexichem Guatemala) como puntos más afectados en los operadores de las máquinas.

Figura 13. Partes del cuerpo humano



Fuente: *Partes del esqueleto humano*.

<https://es.pinterest.com/pin/489133209511979868/>. Consulta: 5 de enero de 2017.

Utilizando el estudio y análisis del movimiento humano, dentro de las operaciones diarias y aplicando los principios de la mecánica y la biomecánica del cuerpo se determinan qué acciones son las que producen esfuerzos que aplicados repetitivamente pueden provocar un serio daño.

Se debe considerar que, si se aplica una fuerza sobre un punto, en biomecánica, la distancia entre el punto donde un músculo está unido al hueso

y a su eje articular, determinará el valor del momento de fuerza que se produce sobre el mismo. Cuando dos o más músculos actúan sobre un mismo hueso, el resultado final de la fuerza desarrollada por cada músculo depende de los ángulos de tracción y de sus posiciones respecto al eje articular.

En ergonomía se conoce al cuerpo humano como un sistema, y dentro de él se conoce el sistema músculo-esqueleto. Este sistema músculo-esqueleto está formado por los músculos, tendones y los huesos. En sí, este sistema tiene como función efectuar todos los distintos movimientos y esfuerzos para llevar a cabo con normalidad una vida. Es necesario determinar, para cualquier estudio ergonómico, que en este sistema los músculos son de vital importancia, ya que estos efectúan un sistema de bombeo, ayudando al corazón en las actividades demandantes ya que este no sería capaz de llegar a hacerse cargo del flujo sanguíneo.

Si se entiende la carga de trabajo como: el conjunto de requerimientos psico-físicos a los que el trabajador se ve sometido a lo largo de la jornada laboral, se tiene que admitir que para realizar una valoración correcta de dicha carga o actividad del individuo frente a la tarea hay que valorar los dos aspectos reflejados en la definición, o sea el aspecto físico y mental, dado que ambos coexisten, en proporción variable, en cualquier tarea.

Todo tipo de trabajo requiere por parte del trabajador un consumo de energía tanto mayor cuanto mayor sea el esfuerzo solicitado. La realización de un trabajo muscular implica el poner en acción una serie de músculos que aportan la fuerza necesaria; según la forma en que se produzcan las contracciones de estos músculos el trabajo desarrollado se puede considerar como estático o dinámico.

El trabajo muscular se denomina estático cuando la contracción de los músculos es continua y se mantiene durante un cierto período de tiempo. El trabajo dinámico, por el contrario, produce una sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos activos, todas ellas de corta duración.

En términos de fisiología, el trabajo puede ser dinámico y estático. El trabajo estático generalmente es el más dañino debido a que merma el paso de sangre hacia los músculos; en otras palabras, evita que se oxigenen estos músculos y evita la salida de los residuos metabólicos del músculo y aumenta la cantidad de ácido láctico en el cuerpo. El trabajo estático genera dolores musculares, espasmos, calambres, entre otros. En la figura 15 se puede observar la diferencia de movimientos y una curva de ácido láctico, el cual es responsable de los sentimientos de fatiga en el cuerpo.

El trabajo físico existe desde siempre como lo ilustra esta diapositiva humorística que trata de explicar la construcción de las pirámides en Egipto. El trabajo físico no desapareció con el desarrollo industrial del Siglo XIX. Al contrario, está actualmente modificado por dos fenómenos: la aparición de la automatización y el crecimiento del sector industrial. También paralelamente a esta disminución de intensidad, han aparecido obligaciones específicas ligadas al mantenimiento prolongado de ciertas posturas, o ligados a movimientos repetitivos.

Esto es particularmente cierto para el trabajo a la cadena, o el trabajo sobre puestos informáticos. Se habla de los movimientos repetitivos como ilustración de la ergonomía y de la medicina del trabajo.

Retomando el tema de la ponderación de las afecciones encontradas en los operarios de la planta de extrusión de Mexichem Guatemala, al tomar como

referencia los factores valuados de las máquinas y operarios, con apoyo del doctor de turno en dicha planta, se puede definir esta ponderación en la tabla X.

Toda actividad física, corresponde a un gasto de energía. Esta energía está dada por la alimentación. Es el rol del músculo, de transformar la energía química en energía mecánica. Lo hace con un rendimiento que puede parecer muy pobre del orden de 20 % ó 25 %, pero que es muy superior por ejemplo, al rendimiento de un motor a gasolina, y lo mismo un motor diesel que equipa nuestros automóviles. Otra fuente de energía, es la puesta en marcha rápida y dura varios minutos. Es lo que se llama la Glicólisis anaerobia, es decir la degradación del glicógeno en ausencia del oxígeno, ella se transforma en ácido láctico, este compuesto es responsable de calambres y de contracturas que se tiene en un día u otro, después de un esfuerzo físico excesivo, por un músculo que no estaba acostumbrado a esto.

La tabla X muestra la escala en donde 1 es una afección no preocupante y leve que no se presenta con frecuencia, la cual puede ser tratada con una medicación simple y comercialmente accesible; y 10 es una afección totalmente preocupante, ya que corre peligro la vida laboral del operario y su corrección debe de ser tratada por un especialista, además se presenta con una frecuencia sumamente alta entre los operarios.

Tabla X. **Ponderación de afecciones sufridas por los operarios**

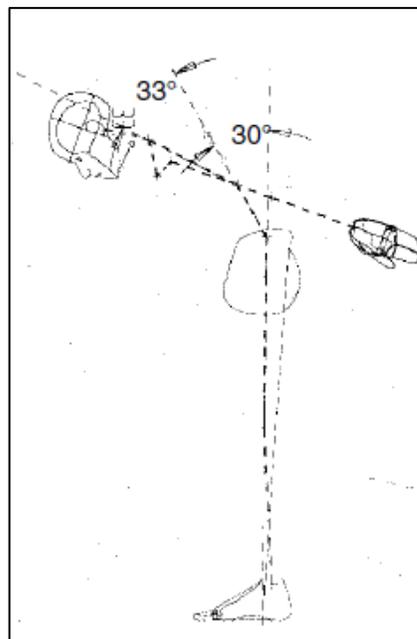
Afección	Ponderación
Hipoacusia	4
Dolor lumbar leve	4
Dolor lumbar fuerte	7
Patelo femoral	5
Tendinitis	4

Fuente: elaboración propia.

Se resalta que la ponderación de la tabla X es producto de la encuesta realizada a los operarios de las máquinas y de los aportes del doctor en turno de la planta de producción.

En la figura 14, se puede observar que se tiene un límite para agacharse con la espalda, por lo cual en este movimiento, al ser mayor a 40 grados, presenta daños a los ligamentos que en la figura 13 se muestran y que se encuentran en la columna lumbar. Además, estos movimientos afectan los ligamentos relacionados con movimientos como el girar, mayormente por los nervios comprimidos de la cintura y la espalda baja.

Figura 14. **Límites relevantes en ángulos de inclinación humana**



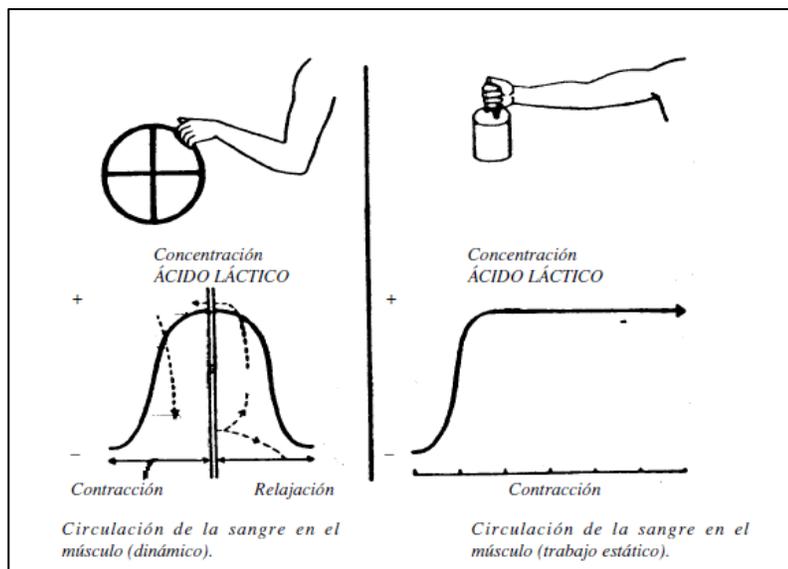
Fuente: *Partes del esqueleto humano.*

<https://es.pinterest.com/pin/489133209511979868/>. Consulta: 5 de enero de 2017.

Según se pudo determinar en la investigación visual, los operarios no acatan la norma que se observa en la imagen 14, razón por la que en conjunto con el diagrama de causa-efecto de la sección anterior, se determina que la repetitividad del acto de agacharse y la mala práctica de esta operación es la principal causa de la afección que más se reporta, según el reporte médico presentado por el área médica de la planta de producción.

A base de entrenar, el organismo despliega mecanismo adaptativos que hace que el ácido láctico no se acumule tan rápidamente y si comienza a hacerlo, el músculo lo soporte de forma más efectiva.

Figura 15. **Concentración de ácido láctico en el cuerpo**



Fuente: *Función del cuerpo humano*.

<http://www.bioquimicayfisiologia.com/2014/04/mecanismo-energetico-lactacidemico-acido-lactico.html>. Consulta: 6 de enero de 2017.

El ácido láctico proviene de la descomposición de glucosa cuando no hay presente oxígeno (metabolismo glucolítico), es decir, en un ejercicio anaeróbico como sería el levantar pesas o correr a velocidad elevada, donde hay mucha intensidad y poca duración. En condiciones normales ese ácido láctico y cuando estamos entrenados, se reutiliza y no hay mayor problema. El hombre transforma, por medio de un proceso biológico, la energía química de los alimentos en energía mecánica que utiliza para realizar sus actividades, y en calor. Este consumo de energía se expresa generalmente en kilocalorías (Kcal) siendo 1 kilocaloría la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un litro de agua de 14,5 °C. a 15,5 °C.

Por tanto, cuando hay mucho ácido láctico en el cuerpo, no tenemos ni energía ni capacidad para contraer los músculos, esto no es otra cosa que fatiga y lo mejor que podemos hacer es parar el ejercicio o actividad.

El consumo energético que nos interesa es el debido a la realización del trabajo, es decir el "metabolismo de trabajo". Sin embargo, si queremos calcular o definir la actividad física máxima, es necesario establecer el consumo energético total, que incluye los siguientes factores: metabolismo basal, metabolismo extraoficial o de ocio y metabolismo de trabajo.

El metabolismo basal, que depende de la talla, el peso y el sexo, y es proporcional a la superficie corporal, es el consumo mínimo de energía necesario para mantener en funcionamiento los órganos del cuerpo, independientemente de que se trabaje o no. Dentro del metabolismo basal se incluye el metabolismo llamado de reposo que se refiere al consumo energético necesario para facilitar la digestión y la termorregulación. El metabolismo extraprofesional o de ocio es el debido a otras actividades habituales, como puede ser el aseo, vestirse, entre otros.

Se puede establecer algunas normas generales que sirvan de referencia para la clasificación de las actividades según su nivel de exigencia. No obstante hay que tener en cuenta que estos límites están fijados para un hombre adulto medio y sano debiendo ser modificados según una serie de factores como: edad, sexo, constitución física, grado de entrenamiento, entre otros., que no hay que olvidar a la hora de efectuar la valoración.

En resumen, las malas posturas practicadas por los operarios de la planta de producción de tuvo PVC en Mexichem Guatemala, sumadas con la repetitividad del trabajo y un mal diseño del puerto de descarga, en especial para las máquinas 1 y 7 de dicha planta, generan un malestar común dentro de los operarios, creando así, una baja considerable de personal y un uso excesivo de analgésicos proporcionados por la clínica interna de la planta.

Posteriormente, según lo observado, la información recopilada y entregada por el área de ingeniería y la clínica médica, la necesidad radica en que el rediseño de operaciones, maquinaria y uso de instrumentación, son las causas de las afecciones lumbares sufridas en la parte baja de la espalda, compartido con la cintura.

Entonces, la situación actual se resume en la falta de conocimiento por parte de los operarios; un diseño deficiente de los puertos de descarga, ya que no se adaptan a los movimientos naturales del cuerpo; y una falta de instrumentación necesaria a utilizar, tomando en cuenta el mantenimiento y la implementación de los mismos.

4. PROPUESTA DE PREVENCIÓN Y MEJORA

Tomando como referencia los capítulos anteriores, es necesaria una propuesta de prevención y mejora, para lograr la mitigación de las afecciones sufridas por los operarios de las máquinas, especialmente de las máquinas 1 y 7, en la planta de producción de Mexichem Guatemala. El propósito del presente capítulo es exponer las diferentes propuestas otorgadas a la empresa Mexichem Guatemala, permitiendo focalizar y priorizar las distintas acciones convenientes para este fenómeno.

Como principal foco de atención, dentro de este estudio ergonómico, se tiene la identificación de oportunidades, teniendo en cuenta que esta identificación es la base para poder administrar los esfuerzos de solución, ya que permite focalizar y priorizar acciones pertinentes con el problema estudiado.

La propuesta permitirá a la empresa un mejoramiento continuo, tomándola como una herramienta para renovar los procesos y/o máquinas de su planta productora. Las propuestas de mejora ofrecen a Mexichem Guatemala la reducción de afecciones sufridas por parte de los operarios de la planta de producción, lo que a su vez genera una mayor productividad, ahorro de medicamentos y gastos médicos, y también permite un ambiente más estable para con los operarios ya que se mejora su calidad de vida. Cualquier empresa que soluciona sus problemas y que obtiene una mejor producción, puede crecer con mayor auge y elevar su competitividad en el mercado, lo cual es de vital importancia para la existencia de cualquier organización.

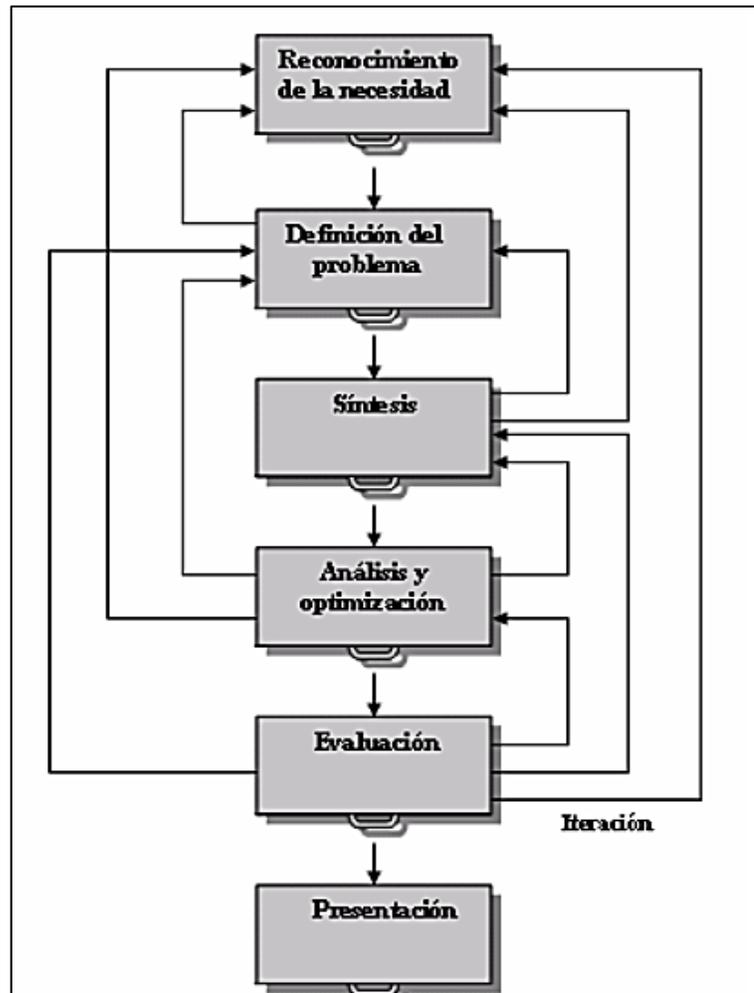
Definidas como propuestas de prevención y mejora, se tienen, el rediseño de las máquinas y de las operaciones encargadas por los operarios de estas máquinas, además de medicación preventiva mediante un plan preventivo y el uso de nuevas herramientas que permitan un mejor desempeño por parte de los operarios, sin poner su salud e integridad física en exposición a alguna enfermedad ocupacional.

4.1. Rediseño de maquinaria y rediseño de las operaciones

El diseño de la maquinaria y de las operaciones se basa en el bosquejo y descripción de ellas, por lo que en este inciso se hará referencia al desarrollo de las distintas ideas, con sus planeamientos y las actividades a seguir, a fin de completar dichas ideas. El rediseño de la maquinaria y las operaciones realizadas es un proceso, en el cual se aplican distintas técnicas y principios, con el fin de definir los objetos y los sistemas de naturaleza mecánica y operacional.

Para el rediseño de la maquinaria y las operaciones, se utilizó la metodología de las fases del diseño. Dichas fases fueron planteadas por el Departamento de Ingeniería Minera, Mecánica y Energética de la escuela Politécnica Superior, de la Universidad de Huelva, España. Según esta metodología, para el diseño de cualquier máquina u operación se es necesaria una serie de pasos, los cuales se detallan en la figura 16.

Figura 16. Fases del rediseño



Fuente: elaboración propia.

- Reconocimiento de la necesidad: la necesidad comienza con la detección de un faltante, un fenómeno repetitivo, entre otros. Cuando se reconoce la necesidad es porque se evidencia que se necesita algo más dentro de las operaciones.

- Definición del problema: se puede confundir con el reconocimiento de la necesidad, pero en realidad la definición del problema se vuelve más específico, ya que se profundiza más que en el simple reconocimiento de la necesidad. Con la definición del problema se redactan las especificaciones de requisitos.
- Síntesis: la síntesis de una solución óptima para el problema planteado. En todo caso, cualquier síntesis de solución no puede ser óptima si no se analizan las diversas soluciones y en qué modo optimizarían el proceso.
- Análisis y optimización: el análisis de las distintas soluciones planteadas, revela la solución o soluciones definitivas, tomando en cuenta que deben de llenar las especificaciones de requisitos. Con este paso logramos llegar a la mejor solución posible. En todo caso que el resultado no fuera satisfactorio, se debe empezar por la síntesis. Por tanto, el proceso de síntesis y el de análisis y optimización, es un proceso iterativo.
- Evaluación: de una forma analítica, crítica y objetiva, se deben analizar todas las ideas generadas del resultado de las mismas y si existieran algunos sustitutos a estas. Cada idea debe resolver la necesidad o necesidades previamente definidas. El análisis de evaluación se puede resolver mediante las siguientes interrogantes: ¿Hacen estos productos lo que se espera de ellos?, ¿Cómo lo hacen?, ¿Son fáciles de usar?, ¿Su fabricación o adquisición es económica?, ¿Son seguros?, ¿Están bien hechos?, ¿Son fáciles de mantener en estado óptimo?, entre otras interrogantes que se adapten a la solución propuesta.

Lo mejor para la evaluación es que sea hecha por un ente externo, en otras palabras, que sea realizada por un equipo distinto al que realizó la

síntesis y el análisis de optimización. Por lo cual, la evaluación es un punto crítico dentro de las etapas, ya que es la demostración definitiva de que el diseño es acertado.

- **Presentación:** la presentación es la comunicación del nuevo diseño a las personas correspondientes. En esta última fase es importante tener la idea o ideas principales como ideas congruentes, ya que se deben de explicar de manera concisa y clara. Las formas de presentación son escrita, oral y gráfica. Para el diseño de operaciones se pueden presentar informes, estadísticas, gráficas de control, etc. Al igual con el diseño de maquinaria, donde se deben incluir los bocetos de las modificaciones en la maquinaria y de los nuevos implementos. En la presentación se debe dejar en claro que el diseño es el acertado e inclusive la mejor opción.
- **Criterios de falla:** los criterios de falla se refieren a todas las especificaciones técnicas de los materiales implementados en el rediseño de máquinas, como la gráfica esfuerzo-deformación para los aceros utilizados, cargas máximas soportadas, vibraciones de la maquinaria, montaje e instalaciones mecánicas, entre otras.

Siguiendo el teorema planteado anteriormente, aplicándolo a la situación actual en la planta de producción de Mexichem Guatemala, se establecen los propios pasos para el rediseño de la maquinaria y operaciones. Cabe mencionar que, para esta investigación, el rediseño de la maquinaria es intrínseca con el rediseño de las operaciones, por lo cual solamente se plantea una vez cada paso del rediseño. La situación actual, que fue descrita por métodos de observación, estudio de campo, análisis cuantitativo y cualitativo, fue desarrollada mediante operaciones diarias dentro de la planta de

producción, interviniendo lo menos posible en las actividades para no perturbar el método de trabajo.

Las fases del rediseño de máquinas y operaciones en la planta de producción de tubos PVC de Mexichem Guatemala es el siguiente:

- Reconocimiento de la necesidad: para la planta de producción de PVC de Mexichem Guatemala, existe la necesidad de tener máquinas extrusoras que puedan descargar el producto terminado de una forma adecuada. También existe la necesidad de tener operarios con buen goce de salud, además de tener equipamiento correcto para las actividades cotidianas. Se definieron tres necesidades, de las cuales nacen las definiciones del problema.
- Definición del problema: en la planta de producción de PVC de Mexichem Guatemala se tiene la problemática que, en las máquinas 1 y 7, el producto terminado cae al suelo ya que estas no cuentan con un diseño mecánico adecuado, por lo que los operarios (que no cuentan con las herramientas adecuadas) deben agacharse más de lo adecuado según la figura 14, haciendo que estos padezcan de enfermedades ocupacionales, en su mayor parte, afecciones de la parte baja de la espalda, cintura y postura lumbar, teniendo como consecuencia la utilización desmedida de la clínica interna y de suspensiones por parte del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), afectando la productividad y eficiencia de la planta de producción. La especificación de los requisitos es, evitar que el producto terminado de las máquinas 1 y 7 sea depositada directamente en el piso; evitar que los operarios inflijan la inclinación adecuada según la figura 14; disminuir el uso de la clínica interna de la planta de producción; y evitar en gran medida las

suspensiones por parte del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), debido a afecciones lumbares en la parte baja, causadas por la repetitividad de malas posturas.

- Síntesis: debido a que el problema general se desglosa en tres problemas principales, se sintetizan cuatro soluciones posibles a estos problemas. Estas soluciones fueron planteadas luego de tener las evaluaciones visuales y directas dentro de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala. Para el problema de la descarga del material en las máquinas 1 y 7, se plantea el rediseño de las maquinarias, adaptando un nuevo puerto de descarga, para así, evitar que el producto terminado caiga al suelo. Teniendo en cuenta que este nuevo puerto de descarga debe adaptarse ergonómicamente a los operarios, que en promedio miden 1,71 metros de altura.

Además, se plantea un nuevo diseño de operaciones, ya que anteriormente los operarios se agachaban para recoger el material, lo cual será sustituido por un empuje del material hacia la carreta de transporte correspondiente. Para evitar las afecciones repetitivas dentro de los operarios, se modula un plan de medicación y capacitación preventiva, con el afán de permitir a los operarios tener una mejor salud y condición física para desempeñar sus labores. Por último, se modula un plan de implementación de nuevas herramientas y equipamiento, teniendo en cuenta sus normas de uso dentro de la planta de producción y el mantenimiento necesario.

- Análisis y optimización: se realiza el análisis y optimización de las cuatro distintas soluciones planteadas en el inciso anterior. Nuevo puerto de descarga para las máquinas 1 y 7.

Según el estudio de campo, el problema es que estas máquinas no cuentan con un puerto adecuado como las otras máquinas de la operación, por lo cual la implementación de este podrá satisfacer la necesidad de que el material no caiga al suelo, evitando que los operarios se inclinen demasiado y evitara las afecciones sufridas por dichos operarios.

- Cambio de operación con el producto terminado de las máquinas 1 y 7: debido al cambio del puerto, ahora los operarios tendrán que empujar el producto terminado directamente a las carretillas de transporte, evitando que lo carguen en malas posiciones, por lo cual se satisface la necesidad de que los operarios cuenten con una mejor salud física, ya que no sufrirán con regularidad afecciones lumbares.
- Plan de medicación y capacitación preventiva: con un plan de medicación y capacitación preventiva, tomando como modelo la certificación, se creará conciencia y se promoverá un mejor estado de salud de los operarios, por lo cual se cubre la necesidad de buena salud de los operarios de la planta de producción y se reduce la utilización de la clínica interna y las suspensiones por afecciones lumbares en el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).
- Plan de implementación de nuevas herramientas y equipamiento: con las herramientas y el equipo correcto, se preverá las lesiones por malos movimientos o movimientos repetitivos, cubriendo así, la necesidad de buena salud de los operarios de la planta de producción, reduciendo la utilización de la clínica interna de la planta y las suspensiones por afecciones lumbares y musculares en el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) en la mayoría de los casos.

- Evaluación: un análisis objetivo determina que las ideas generadas como propuestas son viables, ya que cubren las necesidades estipuladas anteriormente. Se determinó en la evaluación que estas propuestas son las mejores mediante las respuestas a las siguientes interrogantes:
- ¿Hacen estos productos o implementaciones, lo que se esperan de ellos? Y ¿Cómo lo hacen? Efectivamente los puertos de descarga evitan que el material caiga al suelo, teniendo el diseño ingenieril correcto para que el producto terminado sea depositado en dicho puerto. A su vez, el medicamento preventivo mejora el estado de los operarios, mejorando su estado físico y evitando malestares prolongados. También, las nuevas herramientas y equipamiento evitan las malas posturas y lesiones musculares y/o lumbares.
- ¿Son fáciles de usar? El nuevo puerto de descarga es similar al que ya se encuentra en otras máquinas dentro de la planta de producción, por lo cual los operarios ya se encontraran acostumbrados a él. Las nuevas herramientas y equipamiento son de fácil uso, pero de igual forma se necesitan los planes de capacitación.
- ¿Su fabricación es económica? La única propuesta que requiere una inversión elevada, es la fabricación de los puertos de descarga, ya que estos deben de ser fabricados y luego ensamblados en la máquina mientras esta se encuentra en modo de *stand by*.
- ¿Son seguros? Todas las propuestas de mejora están determinadas por métodos de seguridad ocupacional. El puerto de descarga debe de cumplir las normas de espacio y distancia segura, teniendo en cuenta que en la planta se utiliza un perímetro alrededor de la máquina de

50 cm. ¿Son fáciles de mantener? Efectivamente son fáciles de mantener, puesto que el puerto de descarga solamente se debe de dar un mantenimiento preventivo al igual que a toda la máquina. Las herramientas y equipamiento solamente deben de ser utilizada de correcta forma, lo cual se logrará con las campañas de capacitación.

- Presentación: dentro de la presentación de las propuestas se tienen dos formas: escrita y gráfica. De forma escrita se encuentra este documento, en el cual se encuentran todas las especificaciones técnicas, informativas y aplicativas de las diferentes propuestas. A su vez, de la forma gráfica se entregan los planos de las máquinas con cada una de sus modificaciones.
- Criterios de falla: como criterios de falla se determinarán por parte del departamento de ingeniería de la planta de producción de Mexichem Guatemala, a cargo del técnico diseñador Andrés Jiménez, ya que este departamento es el encargado de determinar el tipo de metalurgia a utilizar dentro de la construcción del nuevo puerto de descarga.

Con esto se definen los pasos para el rediseño de las operaciones y también de las máquinas, específicamente las máquinas 1 y 7 de la planta de producción. Cabe mencionar que estas propuestas serán presentadas a la gerencia de planta, en donde se decidirá qué acciones tomar para la situación actual.

4.1.1. Nuevo diseño del puerto de material

Ya definida la acción de crear nuevos puertos de material en las máquinas 1 y 7 de la planta de producción, se procedió a diseñar estos. El asesoramiento del ingeniero de planta para su elaboración facilitó de tal manera que se puede acoplar idóneamente a las máquinas. Con los planos de las máquinas de la planta de producción de Mexichem Guatemala, entregados por el técnico diseñador del área de ingeniería de la planta, se procedió a su debida modificación.

La implementación de estos nuevos puertos de descarga, con una altura establecida de 1,10 metros, determinada según la observación y medición directa de la altura de los puertos de las otras máquinas, otorgará la facilidad esperada para con el operario de la máquina, evitando el esfuerzo de agacharse para poder recoger el producto terminado del suelo.

Estos planos serán entregados, luego de la aprobación de la gerencia de planta, al equipo de diseño ingenieril de la planta, donde ellos determinarán los materiales a utilizar y cualquier consideración dentro de la fabricación. El área de diseño ingenieril deberá definir todos los criterios de falla, puesto que ellos determinan el material óptimo para la fabricación del nuevo puerto y realizan todas las pruebas de esfuerzos aplicados y esfuerzos cortantes del material, así como la distribución de los mismos.

Las otras máquinas están compuestas de aleaciones de hierro y carbono, debido a que las propiedades físicas del acero, como son su resistencia, ductilidad y resistencia a la fractura frágil, dependen de su estructura cristalina, del tamaño del grano y de otras características metalúrgicas. Estas propiedades de la microestructura dependen de la composición química y del historial de

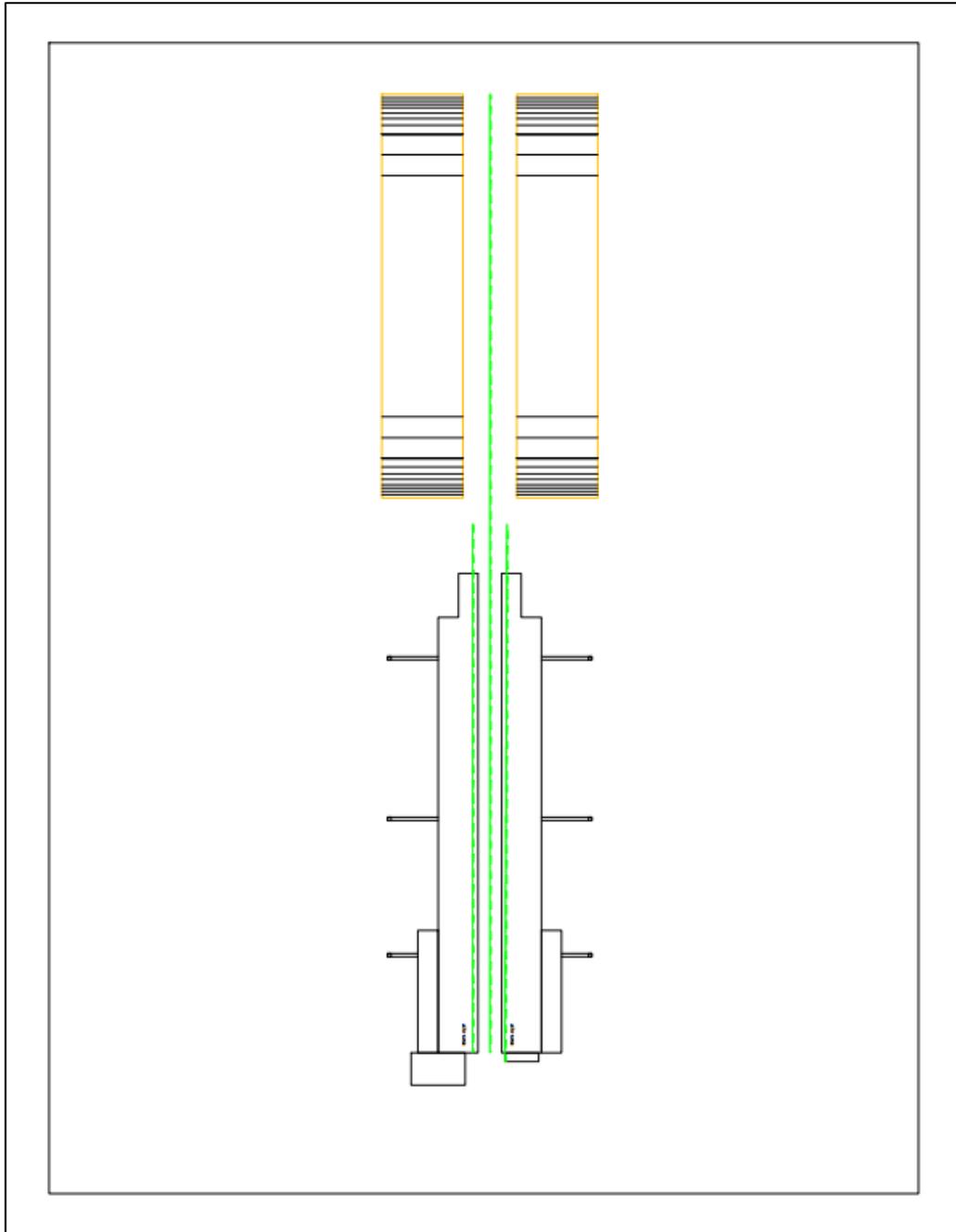
deformación térmica del acero. También los tratamientos térmicos derivados de la soldadura pueden tener una gran influencia sobre las propiedades físicas. A la hora de escoger el acero para estructuras soldadas es importante poseer al menos un conocimiento básico de metalurgia, sobre todo cuando se proyectan estructuras grandes y complejas como puentes, estructuras de plataformas petrolíferas y edificios de varios pisos.

La selección de materiales, procedimientos y materiales de soldadura exige a menudo la consulta de expertos metalúrgicos y especialistas en la materia. Este conocimiento básico de metalurgia permite al ingeniero de la construcción metálica comprender mejor las propiedades físicas del acero y el rendimiento de las estructuras soldadas.

A continuación, en las figuras 17 y 18, podemos observar los planos de propuesta para las máquinas 1 y 7 con su debida modificación. En estos planos se muestra solo la última sección de las máquinas, debido a que solamente en esta área se realiza algún tipo de modificación. Los planos originales de cada una de las máquinas se pueden encontrar anexados dentro de este trabajo de investigación.

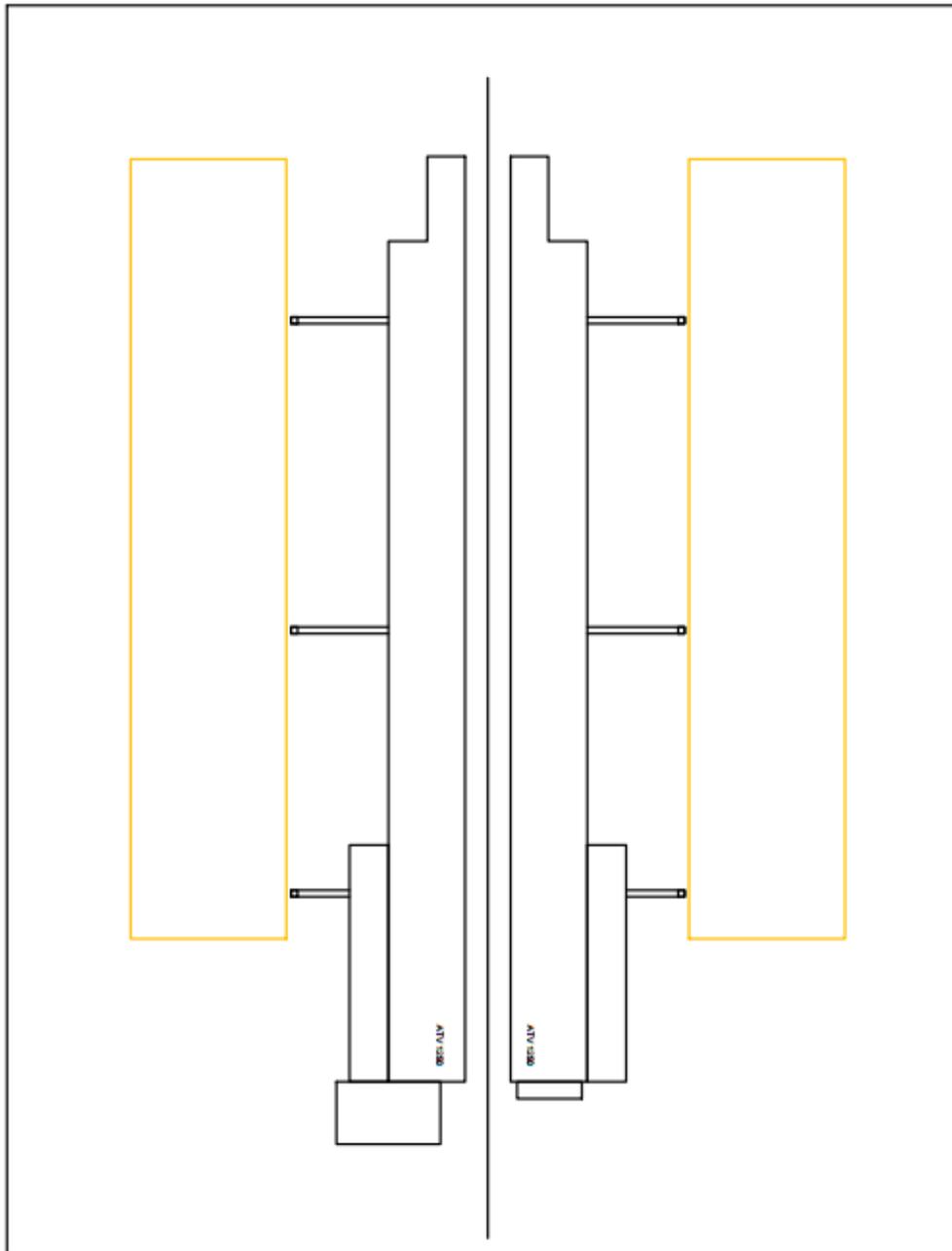
Estas propuestas quedan a la disposición de modificación por especificaciones técnicas que se determinen por el área de diseño ingenieril de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

Figura 17. **Nuevo puerto de descarga para la máquina uno de la planta de producción de tubos PVC**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 18. **Nuevo puerto de descarga para la máquina siete de la planta de producción de tubos PVC**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.1.2. Nuevo diseño de operaciones realizadas por los operarios

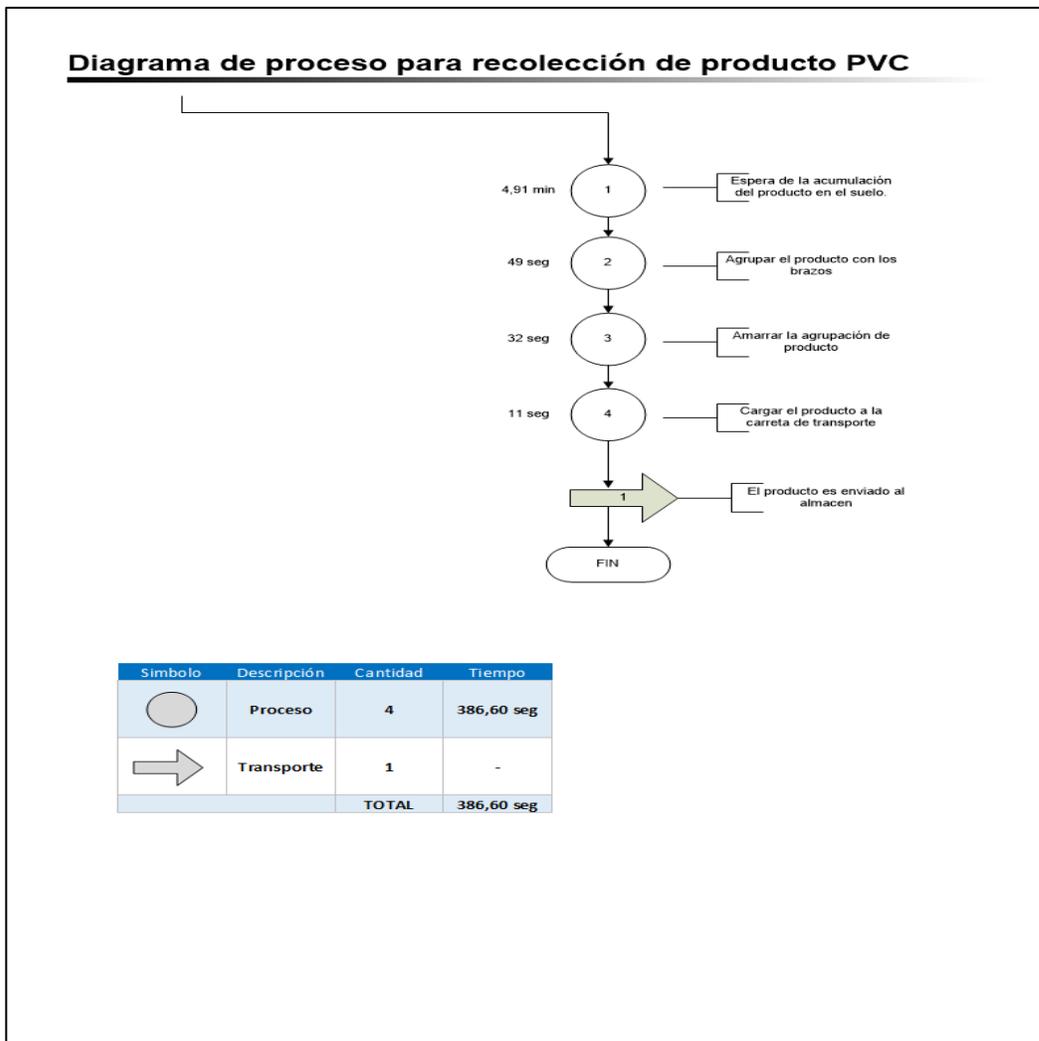
El nuevo diseño de las operaciones realizadas por los operarios será aplicado solamente a las máquinas identificadas como críticas, siendo estas la número 1 y 7. Determinado ya la operación errónea realizada por los operarios de la planta de producción, se debe de realizar una reingeniería del proceso para adaptarse a un nuevo modelo. Afortunadamente en las otras máquinas existe un modelo de operación el cual es adaptable a las máquinas modificadas, por ende, no se debe de realizar una capacitación exhaustiva ni prolongada hacia con los operarios.

Como se describe en incisos anteriores, en el proceso actual de las máquinas 1 y 7, se encuentra el movimiento identificado como movimiento crítico o movimiento mal efectuado, el cual se llegó a determinar como el principal causante de las afecciones sufridas por los operarios de la planta de producción. Derivado de la propuesta del nuevo puerto de descarga, se pretende eliminar dicha posición crítica, por ende, ahora los operarios ya no deberán agacharse a la altura del suelo para amarrar y levantar la tubería de diámetro pequeño, sino que tendrán que amarrarlo ya en el puerto de descarga para deslizarlo hacia la carreta de transporte de tubería.

Con esto se modifica el proceso realizado por parte de los operarios, por este motivo, se debe de volver a capacitar en las nuevas operaciones a dichos operarios. Este cambio se ve reflejado en los diagramas de proceso de las figuras núm. 19 y núm. 20, donde también se espera una disminución en el tiempo que lleva realizar la tarea de colocar el producto terminado en su respectiva carreta de transporte.

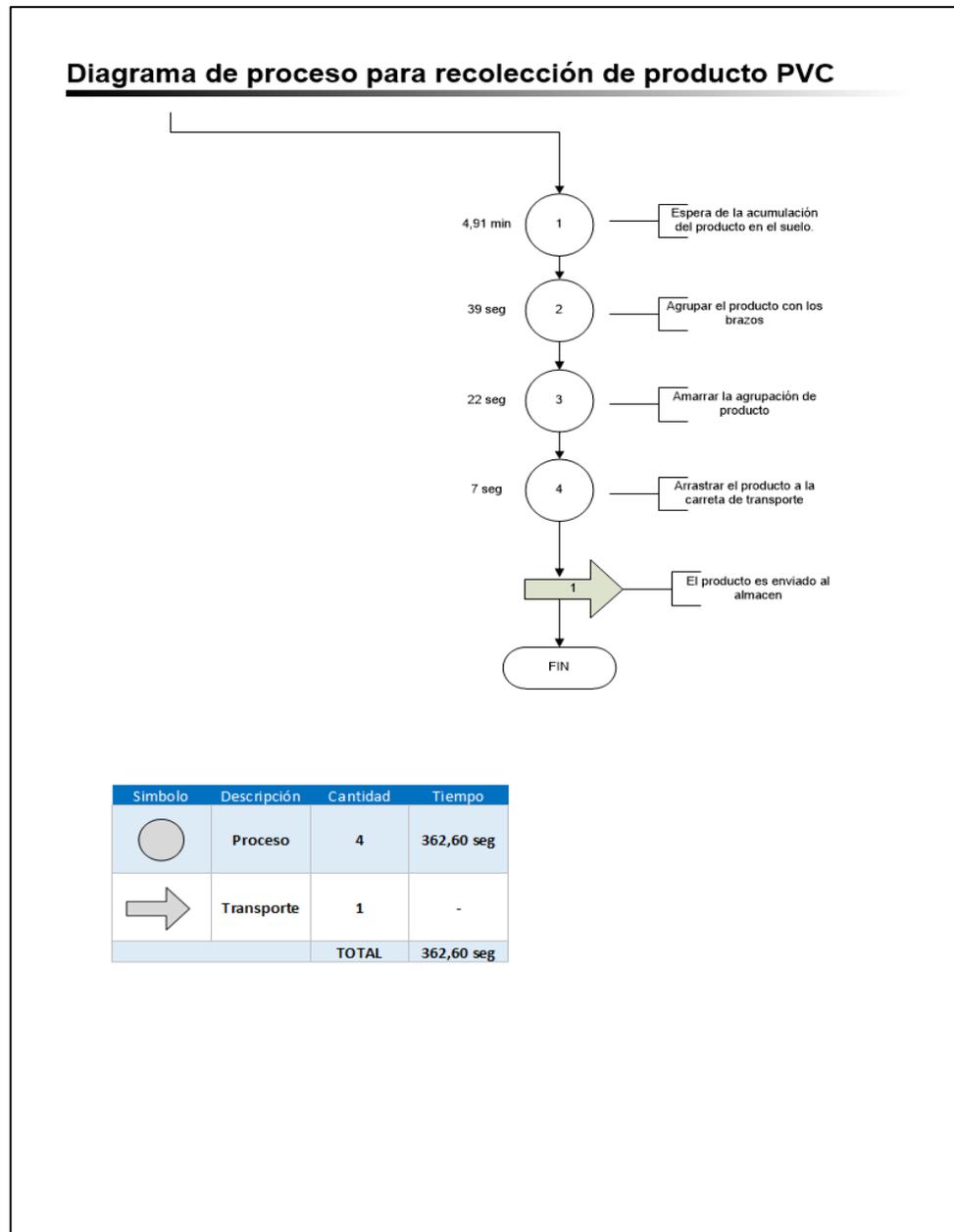
Cabe mencionar que los tiempos fueron obtenidos por mediciones directas a los operarios, tomando un promedio de los resultados obtenidos. La tabla de tiempos se encuentra anexada al trabajo de investigación.

Figura 19. **Diagrama de procesos de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubos PVC antes de la aplicación de la propuesta**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 20. Diagrama de procesos de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubos PVC después de la aplicación de la propuesta



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.2. Medicación preventiva

La medicina preventiva son todas aquellas prácticas ejercidas para evitar y prevenir enfermedades en un ambiente o circunstancia, para este caso, la propuesta de un plan de medicación preventiva busca evitar las enfermedades ocupacionales causadas por malas posturas, trabajos repetitivos y movimientos críticos efectuados por los operarios de la planta de producción de Mexichem Guatemala. Según la Junta Americana de Especialidades Médicas (ABMS), la medicina preventiva debe ser aplicada a un grupo de individuos con el objetivo de proteger, promover y mantener la salud y el bienestar, al mismo tiempo que prevenir la enfermedad, discapacidad y muerte.

Para el entorno laboral, se le denomina también medicina ocupacional, y es la rama de la medicina que se ocupa de la prevención y tratamiento de enfermedades y lesiones que ocurren en el ambiente laboral o en ocupaciones específicas. Como en todas las profesiones, existen riesgos a la salud que pueden afectar el desarrollo de las actividades cotidianas y la eficiencia con relación a la productividad del colaborador.

Según el doctor Daniel Stambouliau de la universidad de Buenos Aires, en su post llamado Medicina Preventiva: su importancia en la práctica médica, se obtienen los mejores logros y resultados cuando se promueve el cambio de hábitos y conductas generadoras de enfermedades. También hace énfasis en mostrar con claridad cuáles son los peligros y beneficios, y saber transmitir el impulso necesario para el cambio a las personas con conductas que impliquen un riesgo para la salud.

En nuestro caso, para los operarios de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala. Se tiene como principal punto la capacitación y la nueva adaptación de maquinaria y procesos, en conjunto con el plan de prevención, evitar las enfermedades ocupacionales sufridas por dichos operarios, situadas específicamente, en la espalda baja.

Como mayores objetivos de la medicina preventiva, según el trabajo del doctor Daniel Stamboulían, se encuentran los siguientes:

- Prevenir o retardar la aparición de enfermedades o accidentes (prevención primaria).
- Detectar alteraciones o enfermedades en etapas tempranas, cuando todavía no aparecen síntomas, para evitar su repercusión sobre el individuo (prevención secundaria).
- Prevenir el avance de las enfermedades o deterioro de las personas a causa de algunas ya establecidas (prevención terciaria).

Es de vital importancia recalcar que la prevención comienza con la gestión continua, para evitar no solamente la enfermedad, sino también sus complicaciones y avance cuando dicha enfermedad ya fue establecida.

Como ya se ha establecido en la situación actual, los operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala sufren de una afección laboral ubicada en la espalda baja, la cual es debida a una serie de movimientos erróneos ejercidos por el operario, ya que la máquina en la cual labora no se adapta a la ergonomía necesaria. Por lo que los objetivos de la propuesta del plan preventivo por medio de la medicina son los siguientes:

Prevenir y reducir las enfermedades lumbares de los operarios de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala mediante la debida medicación preventiva que busca fortalecer músculos y ligamentos, específicamente del área lumbar.

Detectar mediante chequeos semestrales las posibles enfermedades musculares que sufran los operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

Prevenir el avance de enfermedades lumbares mediante la fisioterapia y medicamentos adecuados para con los operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala detectados con dichas enfermedades.

Entonces, una de las propuestas se establece como una proporción de medicamentos aplicados con motivo de prevención, en un plan preventivo que se establece en el siguiente punto de la investigación.

4.2.1. Especificación de medicamentos y plan preventivo

El plan preventivo se establece con los siguientes puntos, en los cuales se determinan los distintos medicamentos a utilizar.

Programa de concientización hacía con los operarios de la planta de producción, con seminarios informativos donde se plantee los beneficios de las buenas posturas y los problemas a los que se enfrentarán si no cambian los hábitos de trabajo. Este seminario es obligatorio para cada uno de los operarios y deberá ser impartido cada seis meses a todos los operarios.

Utilización de *Kinesiotaping* (vendaje neuromuscular) en los operarios que presenten ya el problema de dolores lumbares por carga de trabajo excesiva, a manera de reparar y aliviar las lesiones ya existentes en el operario. Estas bandas son colocadas como se puede observar en la figura 21.

Emplear la certificación de conocimiento en enfermedades ocupacionales, aplicando pruebas luego de los seminarios impartidos, generando la certificación a través de diplomas extendidos por Mexichem Guatemala.

Programas de evaluación y control para determinar las enfermedades relacionadas con los factores de riesgo laboral previamente identificados.

Figura 21. **Utilización del vendaje neuromuscular**



Fuente: *Complemento muy importante en el tratamiento de lesiones.*

<https://mariavillalbaquiromasaje.wordpress.com/2015/08/02/vendaje-neuromuscular/>. Consulta:

5 de febrero de 2017.

El plan preventivo también toma en cuenta las especificaciones de los medicamentos a utilizar cuando se presentan en levedad las afecciones dentro de la planta de producción:

Abastecer la clínica interna de la planta de producción de paracetamol, el cual será otorgado oportunamente a los operarios de la planta. Este medicamento se utiliza como medicamento preventivo de dolor y relajante muscular ya que cuenta con un menor porcentaje de efectos secundarios que otros medicamentos. No se debe de tomar más de 4 gramos en un rango de 24 horas. Es prudente otorgar este medicamento solamente a los operarios de las máquinas 1 y 7. Cuando el dolor es repetitivo, se procede a suministrar medicamentos antiinflamatorios no esteroides (AINES), como el ibuprofeno, ya que ayudan a reducir la hinchazón alrededor del disco lumbar inflamado.

Cuando el dolor es intenso y no se alivia con los medicamentos anteriores, es factible aplicar un narcótico analgésico. Este medicamento solo podrá ser aplicado con receta médica. Estos medicamentos funcionan bien para el alivio a corto plazo. Estos medicamentos deben restringirse a un uso no más de 3 o 4 semanas. Los narcóticos analgésicos solamente deben de ser utilizados para personas con dolores crónicos y se utilizan en muy pocas ocasiones. Algunos ejemplos de estos son la codeína, Fentanilo (parches), morfina, entre otros. También son aplicables los relajantes musculares, los cuales trabajan en la relajación directamente de los nervios de la columna y medula espinal. Algunos de estos medicamentos son:

- Carisoprodol (Comercialmente conocido como Soma, el cual debe ser aplicado con bajas dosis ya que es un medicamento identificado como adictivo).
- Ciclobenzaprina (Comercialmente conocido como Flexerill).
- Diazepam (Comercialmente conocido como Valium).
- Metocarbamol (Comercialmente conocido como Robaxin).

Se debe tener un control de la proporción suministrada ya que tanto el paracetamol como los AINES en dosis elevadas, pueden causar efectos secundarios serios. Algunos efectos secundarios de estos medicamentos mal proporcionados son úlceras o sangrado del estómago y daños al hígado y/o riñones. Estos medicamentos quedan al criterio del doctor de turno en la clínica interna de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

4.3. Uso de nuevas herramientas y equipamiento

La última propuesta es el uso de nuevas herramientas y equipamiento para los operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala. Estas herramientas y equipamientos deben de tener especificaciones de uso y mantenimiento, las cuales serán detalladas en los subincisos de este punto de investigación. Las herramientas propuestas para el uso dentro de la fábrica de tubería PVC de Mexichem Guatemala son:

- Cinturón para levantar peso: el cual reduce el estrés en la espalda baja al levantar peso en posiciones verticales y ayudan a prevenir la hiperextensión de la espalda al realizar levantamiento de peso. También reducen la tensión lumbar mediante la compresión de la cavidad abdominal, lo que aumenta la presión intraabdominal, aumentando así el apoyo de la espalda baja. Este cinturón se puede observar en la figura 7 de este trabajo investigativo.
- *Kinesiotaping*: como se ha descrito en la sección anterior, este medicamento también puede ser tomado como un equipamiento, ya que es un adaptable al operario para que este pueda realizar su labor sin ser afectado por alguna enfermedad ocupacional. Este mismo puede ser observado en la figura 21 y uno de los beneficios de este es que no

impide el libre movimiento del operador. Se tratan de cintas elásticas que se aplican en la zona afectada y que permiten una mejora muscular de manera biomecánica. Además, mejoran la circulación en el área afectada, previniendo la inflamación y ayuda a eliminar las sustancias de deshecho orgánico alojadas en el área. Estos vendajes son utilizados como tratamiento de fisioterapia y quiropráctico.

4.3.1. Especificaciones de uso para herramientas y equipamiento

Todo instrumento debe de tener especificaciones de uso, las cuales son las siguientes:

- Las especificaciones de uso para el cinturón para levantar peso (cinturón ergonómico) son: Se debe utilizar en la parte baja de la espalda, teniendo en cuenta la movilidad del operario. No debe de ser utilizado fuera de las labores dentro de la fábrica. Se debe de utilizar luego de un previo calentamiento por parte del usuario.
- Las especificaciones de uso para el *Kinesiotaping* (vendaje neuromuscular) son: Se debe utilizar solamente en el área afectada durante el trabajo realizado. Se debe de retirar lentamente luego de haber realizado el trabajo y no debe utilizarse fuera de actividades supervisadas.
- Con estas especificaciones de uso, se tiene seguro que serán efectivas en el plan de prevención médica, por ende, es de considerable importancia especificar estos puntos.

4.3.2. Especificaciones de mantenimiento para herramientas y equipamiento

Como cualquier herramienta y equipo, debe de existir un mantenimiento para asegurarse que siempre se encuentren en situaciones óptimas para que se desempeñen de la mejor manera.

Las especificaciones de mantenimiento para el cinturón para levantar pesos (cinturón ergonómico) son: como única especificación de mantenimiento es que el almacén sea dentro de un lugar seco, ya que la humedad hace que el cuero y la tela pierdan sus propiedades, afectando la compresión que este cinturón realiza en el cuerpo del operario.

Las especificaciones de mantenimiento para el *Kinesiotaping* (vendaje neuromuscular) son: No requiere mantenimiento debido a que es un equipo desechable.

Con lo anterior planteado, se tiene por seguro que los equipamientos no fallaran y por lo cual, el trabajo desempeñado con la utilización de las herramientas será el óptimo para cada uno de los operadores de las máquinas de extrusión.

5. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La metodología de implementación es un proceso que se desarrolla en etapas, teniendo en cuenta el conjunto de acciones planeadas, organizadas y sistematizadas que se implementarán para producir los cambios requeridos en los resultados obtenidos, mediante la mejora del procedimiento. Estas acciones deben de ser consensuadas, coherentes, realistas y flexibles. Los componentes de la metodología a utilizar están basados en el desarrollo de acciones para el seguimiento y el control de las áreas de mejora detectadas durante el proceso de evaluación de la situación actual, procurando así, la mejora continua dentro de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

Según el Ministerio de Administración Pública de República dominicana artículo web denominado: *Los componentes de un plan de mejora*, publicado en mayo del 2012, determina que dichos componentes deben de ser los siguientes:

- **Actividades:** acciones que se llevan a cabo para resolver la debilidad o área de mejora identificada.
- **Objetivo:** define claramente el resultado que se persigue con la acción de mejora que se ejecuta.
- **Metas:** desde la perspectiva conceptual, es un conjunto de acciones o actividades orientadas a concretar un objetivo determinado.

- Capacidad de ejecución: lo determina el grado de orientación de la institución hacia la ejecución y se refiere a los recursos materiales, financieros, humanos, tecnológicos, entre otros.
- Productos: se refiere a los indicadores de resultados programados para alcanzar como consecuencia la mejora.
- Fecha Inicio/Fin: cada actividad o acción de mejora colocada en ese plan debe quedar enmarcada dentro de una fecha de inicio de ejecución y la fecha en que debe de terminar.
- Responsables: a cada actividad o acción de mejora se le debe de asignar un responsable de su ejecución y logro.
- Medios de verificación: se refiere a los medios para verificar el cumplimiento de las actividades o indicadores tales como: documentos, sistemas, etc.

Luego de definir los componentes del plan, se debe difundir a los integrantes de la organización o a las personas correspondientes, para poder tener el apoyo necesario. Por ende, el plan de mejora e implementación se desarrolla en cuatro fases, donde dos ya han sido planteadas en capítulos anteriores y son las siguientes:

La fase uno consiste en conformar el equipo de mejora: este es el responsable de elaborar, desarrollar y dar seguimiento al plan de mejora. Estos miembros deben evaluar y tener en cuenta a las personas profesionales del área. Elaborar un plan: El plan debe incluir todos los componentes previamente descritos para la ejecución y evaluación. Evaluar y seleccionar las áreas de

mejora: Esta evaluación puede hacerse directa, por observación, etc. Se deben de plantear tres cuestionamientos: ¿Cuál es el problema?, ¿Por qué se está produciendo? Y ¿Quién o qué lo está causando?

Detectar las principales causas raíz de cada problema: para detectar las principales causas se pueden utilizar varias herramientas de gestión como el análisis FODA, diagrama Ishikawa, diagrama de árbol, diagrama de flujo, *brain storm* (lluvia de ideas), técnica M's, etc. Formular el objetivo: cuando y se han detectado todos los sub-incisos anteriores, se debe decidir por dónde empezar a mejorar, por lo cual hay que plantear un objetivo y fijar el periodo para lograrlo.

La fase dos consiste en: desarrollo del plan de mejora: esta etapa está relacionada con la ejecución del plan de acción y el entrenamiento necesario para la puesta en marcha e involucra la asignación de tareas y responsabilidades hacia los miembros del equipo. También se asignan recursos, recolección de información y su debido análisis para la aplicación efectiva.

En el caso de la necesidad detectada en Mexichem Guatemala se opta por la herramienta del análisis y rediseño de procesos, el cual se aplica mediante la medición del funcionamiento de procesos, que se logra mediante el establecimiento de objetivos o estándares de trabajo.

La fase tres se trata del seguimiento, el cual será desarrollado en el capítulo seis de esta investigación.

La fase cuatro se trata del informe final, el cual será desarrollado en el capítulo seis de esta investigación.

5.1. Nuevo diseño estructural de la planta

Dentro de las propuestas otorgadas en esta investigación, se encuentra el rediseño de la maquinaria y su entorno. A continuación, se encuentran los distintos componentes de esta propuesta como parte del nuevo diseño estructural de la planta.

Las diferentes actividades que se deben de realizar para el nuevo diseño estructural de la planta se definen con el siguiente listado:

Identificación del horario ideal para la implementación del nuevo puerto en las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubos PVC de Mexichem Guatemala reduciendo el impacto del stop en dichas máquinas.

El área de diseño industrial de la planta de producción de Mexichem Guatemala debe de determinar que materiales utilizar para la construcción del puerto de descarga en las máquinas 1 y 7, teniendo en cuenta que el material recomendado es hierro galvanizado (tomando como ejemplo el diseño estructural de las máquinas).

El área de diseño industrial de la planta de producción de Mexichem Guatemala deberá adquirir el material necesario para la implementación del nuevo puerto de descarga para las máquinas 1 y 7, tomando en cuenta los cilindros para un equipo oxiacetilénico, cualquier producto de remache y el equipo de soldadura por arco eléctrico.

Previo a la fabricación del nuevo puerto, se debe informar a cada uno de los operarios y administrativos de la planta de producción, haciendo el comunicado que el día programado serán detenidas las operaciones de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción en un periodo no mayor a 8 horas, por lo que días previos se tendrá que sobre producir para elevar los niveles de *stock* en almacén de producto de diámetro pequeño, tomando en cuenta el pronóstico de ventas del área de ventas y producción.

El día programado, se llevará todo el equipo al área de las máquinas 1 y 7, separándose en dos grupos para que se pueda trabajar simultáneamente. Se deberán colocar las bases del nuevo puerto y definir el armazón de dicho puerto.

Colocar refuerzos a la estructura y remacharlos al piso para que estos se encuentren sólidos y a su vez puedan soportar la vibración que es resultado del trabajo de la máquina.

Definir el nuevo perímetro de seguridad alrededor de las máquinas 1 y 7, debido a que, por el nuevo acople, estas cambia sus dimensiones.

Realizar las pruebas necesarias para reanudar operaciones en las máquinas, teniendo como variable el desempeño de los operarios al hacer uso del nuevo acoplamiento de la máquina.

Con las ocho etapas anteriores, se debe cumplir el objetivo de esta propuesta, acerca de modificar las operaciones y maquinaria para evitar que el operario de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de Mexichem Guatemala se inclinen más de lo debido para evitar afecciones laborales o enfermedades ocupacionales en la espalda baja.

La institución efectivamente cuenta con un presupuesto orientado a la mejora continua y a la salud de sus colaboradores. Se tiene el recurso monetario, humano y tecnológico para implementar este nuevo diseño en la planta de producción.

Como institución internacional, Mexichem Guatemala tiene estándares de salud ocupacional y seguridad industrial dentro de cada una de sus plantas productoras, por lo que la implementación de esta propuesta puede promover que esta se promueva como planta ejemplo para las operaciones a nivel mundial y así lograr un estándar interno.

El producto terminado entonces será una disminución significativa en los operarios que padezcan de enfermedades ocupacionales en la espalda baja debido a malas posturas por trabajar en las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de Mexichem Guatemala. Las fechas de acción deberán ser dispuestas por el área de planeación en conjunto con el área de diseño industrial, para evitar afectar lo menos posible las operaciones de la compañía.

Los responsables de estas actividades serán: dentro de la planta de producción y, en relación a la fabricación y acoplamiento del nuevo puerto para las máquinas 1 y 7, el jefe del área de diseño industrial; para la identificación del perímetro de seguridad será encargado el jefe de seguridad industrial; y para las pruebas serán encargados los jefes de línea (en este caso para la máquina 1 y 7).

Para verificar las acciones implementadas se utilizarán *checklist* (listas de cotejo), en los que se colocará el cumplimiento de los puertos de descarga con lo que se esperaba de ellos y con las mejoras esperadas.

Anexado a esta investigación se colocó una propuesta de *checklist* para este proceso de verificación. Estos *checklist* serán de apoyo para la medición de indicadores, que serán de ayuda para determinar en qué área se puede mejorar en el futuro o si el nuevo instrumento se está utilizando de la mejor forma.

5.1.1. Plan estructurado del nuevo diseño

Tabla XI. Plan estructurado del nuevo diseño de operaciones y maquinaria

Num.	Actividades o tareas	Responsable	Recursos	Tiempo (Inicio/fin)	Producto esperado	Control	Indicadores de logro
1	Calendarización	Área de diseño	N/A	N/A	Fecha de inicio	N/A	Fecha de inicio establecida
2	Determinación de materiales e instrumentos	Área de diseño	Humano	N/A	Materiales a utilizar	N/A	Materiales a usar definidos
3	Adquisición de materiales e instrumentos	Área de diseño	Monetario	N/A	Compra de materiales	Ordenes de compra	Materiales a usar comprados
4	Comunicado de información del cambio	Comunicaciones internas	N/A	N/A	Informar a las áreas afectadas	N/A	Comunicado lanzado
5	Inicio de las operaciones de acoplamiento en las máquinas	Área de diseño	Humano, herramientas y materia	4 a 5 horas	Puerto de descarga	N/A	Nuevo puerto acoplado
6	Reforzar los nuevos acoples de las máquinas	Área de diseño	Humano, herramientas y materia	1 a 2 horas	Refuerzo	N/A	Nuevos puertos reforzados
7	Definir el nuevo perímetro de seguridad	Área de Seguridad Industrial	Humano y herramientas	30 a 60 min	Aplicación de seguridad	N/A	Nuevo perímetro establecido
8	Realizar pruebas necesarias	Jefes de línea	Humano	10 a 30 min	Verificación	Checklist	Checklist aprobado al 80 %

Fuente: elaboración propia.

5.2. Plan de capacitación a los empleados

Dentro de las propuestas incluidas en esta investigación, se encuentra planteado el rediseño de las operaciones realizadas por los operarios, con el cual se logra la capacitación adecuada de los operadores de las máquinas; específicamente de las máquinas 1 y 7.

A continuación se detallan los componentes de esta propuesta, como parte del nuevo plan de capacitaciones a los empleados para el rediseño de sus operaciones.

Las diferentes actividades que se deben realizar para el plan de capacitación a los empleados son:

- Identificación de los operarios que operan en las máquinas 1 y 7, comunican a estos operarios sobre el plan de capacitación, haciendo referencia que dicho plan será tomado como una certificación para poder laborar en dichas máquinas.
- Coordinar las operaciones con la capacitación, para evitar que estas afecten demasiado el proceso de fabricación dentro de la planta de producción. Impartir los seminarios y capacitaciones adecuadas a los operarios seleccionados sobre el funcionamiento y nuevo manejo de las máquinas 1 y 7, con el uso de las herramientas necesarias.
- Realizar pruebas de campo y escritas sobre lo impartido en los seminarios y capacitaciones, para verificar si es necesario corregir alguna información o ampliarla.

- Programar charlas cortas sobre el correcto uso de la maquinaria y el equipo brindado.
- Programar trimestralmente pruebas de certificación acerca del correcto uso de la maquinaria y el equipo.
- Realizar *feedback* (retroalimentación) a los operarios con calificaciones de tipo reprobable.

Con los anteriores seis pasos, se debe cumplir el objetivo de esta propuesta, el cual es modificar las operaciones para evitar que el operario de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de Mexichem Guatemala se inclinen más de lo debido para evitar afecciones laborales o enfermedades ocupacionales en la espalda baja, teniendo certificado el conocimiento del modo correcto de horas de trabajo.

La institución de Mexichem Guatemala efectivamente cuenta con un presupuesto orientado a la mejora continua y a la salud de sus colaboradores. Se tiene el recurso monetario, humano y tecnológico para implementar este nuevo plan de capacitaciones, por lo que se debe presupuestar dentro del plan anual de la planta de producción, la realización de estas capacitaciones y seminarios.

El beneficio final, entonces, será una disminución significativa de los operarios que padezcan de enfermedades ocupacionales en la espalda baja debido a malas posturas por trabajar en las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de Mexichem Guatemala, ya que ellos están certificados para hacer correctamente su labor dentro de las instalaciones. Las fechas de acción deberán ser dispuestas por el área de planeación, en conjunto con el área de

diseño industrial, en donde ellos dispongan qué es mejor y se afecte, lo menos posible, las operaciones de la compañía.

Los responsables de estas actividades serán el jefe del área de diseño industrial dentro de la planta de producción de Mexichem Guatemala, en cuenta con el cumplimiento de las capacitaciones y seminarios acerca del nuevo puerto para las máquinas 1 y 7; para impartir estas capacitaciones y seminarios será responsable el jefe de producción, tomándole estas como meta trimestral; y para las pruebas serán encargados los jefes de línea (en este caso para la máquina 1 y 7).

Los medios de verificación serán las pruebas de certificaciones en donde se determinará el cumplimiento de las capacitaciones y seminarios, con lo que se esperaba de estos.

En los apéndices de esta investigación se colocó una propuesta de prueba para verificar que esta propuesta se esté aplicando de la mejor manera. Estas pruebas serán de apoyo para la medición de indicadores, que contribuirán a determinar en qué área se puede mejorar en el futuro, o si el nuevo plan se está llevando a cabo de una forma óptima. El plan se lleva a cabo por medio de capacitaciones internas impartidas por los mismos colaboradores y seminarios impartidos por entes internos que se dedican a la capacitación formal y certificación de operarios. Toda esta estructura se plantea en la tabla XII para capacitaciones internas y en la tabla XIII para seminarios impartidos por entes externos.

5.2.1. Campaña de concientización interna

Tabla XII. Campaña de concientización interna

Núm.	Actividades o tareas	Responsable	Recursos	Tiempo (inicio/fin)	Producto esperado	Control	Indicadores de logro
1	Identificación de operarios	Área de producción	N/A	N/A	Operarios identificados	Información de los operarios	90 % operarios identificados
2	Comunicado de información sobre capacitaciones	Comunicaciones internas	N/A	N/A	Operarios informados	N/A	90 % operarios informados
3	Coordinación de operaciones con capacitaciones	Área de operaciones y producción	N/A	N/A	Horarios para capacitaciones	N/A	Horarios hábiles definidos
4	Impartir seminario y capacitaciones al respecto	Área de producción	Humano y Monetario	1 a 2 horas	Operarios capacitados	Asistencia	Asistencia a las capacitaciones mayor al 90 %
5	Pruebas de certificación	Área de producción	Humano	10 a 20 min	Operarios certificados	Calificaciones	Operarios aprobados en un 90 %
6	Programación de charlas cortas	Jefes de línea	Humano	10 a 20 min	Retroalimentación	Asistencia	Asistencia a las capacitaciones mayor 90 %
7	Programación trimestral de pruebas para certificación	Área de producción	Humano	10 a 20 min	Retroalimentación	Asistencia	Asistencia a las capacitaciones mayor al 80 %
8	Feedback	Jefes de línea	Humano	1 a 2 horas	Retroalimentación	Checklist	Checklist aprobado al 80 %

Plan para el cumplimiento de rediseño de operaciones y maquinaria para las máquinas uno y siete (diámetro pequeño) de la planta de producción de MEXICHEM S.A.

Autorizado por: Gerente General de planta de producción

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Campaña de seminarios informativos

Tabla XIII. Campaña de seminarios informativos

Núm.	Actividades o tareas	Responsable	Recursos	Tiempo (inicio/fin)	Producto esperado	Control	Indicadores de logro
1	Identificación de operarios	Área de producción	N/A	N/A	Operarios identificados	Información de los operarios	operarios identificados
2	Comunicado de información sobre capacitaciones	Comunicaciones internas	N/A	N/A	Operarios informados	N/A	operarios informados
3	Coordinación de operaciones con capacitaciones	Área de operaciones y producción	N/A	N/A	Horarios para capacitaciones	N/A	Horarios hábiles
4	Impartir seminarios del buen uso de materiales y herramientas	Área de producción	Humano y Monetario	1 a 2 horas	Operarios capacitados	Asistencia	Capacitación impartidas
5	Pruebas de certificación	Área de producción	Humano	10 a 20 min	Operarios certificados	Calificaciones	Operarios aprobados
6	Programación anual de pruebas para certificación	Área de producción	Humano	10 a 20 min	Retroalimentación	Asistencia	Operarios aprobados
7	Feedback	Jefes de línea	Humano	1 a 2 horas	Retroalimentación	Checklist	Checklist aprobado al 80 %
8							

Fuente: elaboración propia.

5.3. Sistema de medicación preventiva

La tercera propuesta para el problema identificado por parte del estudio ergonómico es un plan de mediación preventiva, lo cual se logra con una debida capacitación e instrucción a los operadores de las máquinas y al *staff* médico de la planta de producción de Mexichem Guatemala. A continuación, se encuentran los distintos componentes de esta propuesta como parte del nuevo plan de capacitaciones a los empleados para el sistema de medicación preventiva.

La medicina preventiva y salud pública es la especialidad médica encargada de aplicar, fomentar e investigar actividades y políticas de promoción y protección de la salud; además de la vigilancia de la salud de la población, de la identificación de sus necesidades sanitarias y de la planificación, gestión y evaluación de los servicios sanitarios. Su objetivo es reducir la probabilidad de la aparición de la enfermedad, o impedir o controlar su progresión. Está constituida por cinco áreas profesionales específicas: la epidemiología, la administración sanitaria, la medicina preventiva, la salud ambiental y laboral, y la promoción de la salud.

La medicina preventiva incluye la definición, promoción, planificación, ejecución y evaluación de aquellas actividades de prevención llevadas a cabo desde las instituciones asistenciales, sean hospitalarias o extrahospitalarias, respecto a individuos colectivos o grupos de riesgo incluidos en el ámbito de actuación de dichas instituciones.

Las diferentes actividades que se deben de realizar para implementar el sistema de medicación preventiva son:

- Calendarizar exámenes médicos y chequeos.
- Comunicar a los operarios sobre exámenes y chequeos médicos sobre su condición actual.
- Llevar a cabo los exámenes y chequeos médicos.
- Determinar el tipo de medicamento requerido según las especificaciones de cada operario evaluado.
- Calendarizar chequeos semestrales para los operarios de las máquinas.
- Documentar el estado de los operarios de las plantas, cada chequeo semestral.

Con los anteriores seis pasos, se debe cumplir el objetivo de esta propuesta, sobre tener un modelo de medicación preventiva eficaz que evite la recaída en lesiones musculares y óseas para el área baja de la espalda, logrando así, un mejor desempeño por parte de los operarios de las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de Mexichem Guatemala.

Mexichem Guatemala efectivamente, cuenta con un presupuesto orientado a la mejora continua y a la salud de sus colaboradores, por lo que se cuenta con el recurso monetario, humano y tecnológico necesario para implementar este nuevo plan de medicaciones preventivas, por lo que se debe presupuestar dentro del plan anual de la planta de producción estas medicinas y exámenes requeridos.

Tras la implementación de este sistema, el beneficio entonces, será una disminución significativa en los operarios que padezcan de enfermedades ocupacionales en la espalda baja debido a malas posturas por trabajar en las

máquinas 1 y 7 de la planta de producción de Mexichem Guatemala, ya que ellos cuentan con las herramientas y medicamentos necesarios para contar con un estado físico pleno y así desempeñar sus labores de manera correcta.

Las fechas de acción deberán ser dispuestas por el área de planeación en conjunto con el área de diseño industrial y el área de salud (colaboradores de la clínica interna de la planta de producción de Mexichem Guatemala), en donde ellos dispongan qué es mejor y afecte lo menos posible las operaciones de la compañía. Se debe tomar en cuenta que actualmente en nuestro país está vigente la legislación contra la automedicación, según la reforma al artículo 112 de la Ley General de Salud.

Los responsables de estas actividades serán el jefe del área de diseño industrial y el doctor de turno dentro de la planta de producción de Mexichem Guatemala, cambie con el cumplimiento de los exámenes médicos y chequeos de salud; para impartir los chequeos semestrales será responsable el doctor de turno de la planta de producción, tomándole estas como meta semestral.

Los medios de verificación serán las pruebas médicas y el expediente médico sobre cada uno de los operarios analizados, además del avance que cada uno de los operarios de la planta de producción presenten en cuanto a salud y estado físico. En la tabla XIV se establece el plan de medicación según las especificaciones de cada empleado evaluado en los chequeos y exámenes médicos.

5.3.1. Plan de medicación por especificaciones del empleado

Tabla XIV. Plan de medicación por especificaciones del empleado

Núm.	Actividades o tareas	Responsable	Recursos	Tiempo (inicio/fin)	Producto esperado	Control	Indicadores de logro
1	Calendarización de exámenes	Área de producción y área médica	N/A	N/A	Fecha de exámenes	Información de los operarios	Fecha determinadas
2	Determinación a los operarios sobre exámenes	Comunicaciones internas	N/A	N/A	Operarios informados	N/A	Operarios informados
3	Llevar a cabo de exámenes y chequeos médicos	Área médica	Humano y Monetario	30 a 60 min	Resultados médicos	N/A	Exámenes médicos realizados
4	Determinar el tratamiento	Área médica	Humano y Monetario	N/A	Tratamiento establecidos	Asistencia	Tratamiento efectivo
5	Calendarizar de chequeos semestrales	Área médica	N/A	N/A	Fecha de exámenes	Calificaciones	Exámenes médicos realizados
6	Documentación del estado de los operarios	Área de diseño	Humano	N/A	Documentación del estado médico	Asistencia	Documentación de avance

Fuente: elaboración propia.

6. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

El seguimiento del plan de mejora implica revisar periódicamente los avances e indicadores resultantes para determinar cómo afrontar las dificultades que se presenten y tener una gestión sostenible en el desarrollo de las propuestas de mejora. El seguimiento puede cumplir con dos factores, el factor interno y el factor externo. Este segundo es muy utilizado actualmente en la industria, debido al alto nivel de credibilidad que manejan este tipo de empresas.

El seguimiento interno es llevado a cabo por cada responsable de las actividades en cada propuesta realizada. Cada responsable es encargado de presentar informes a la persona superior encargada del proyecto, el cual, a su vez, deberá de realizar la retroalimentación necesaria a los encargados de cada actividad. Es de suma importancia definir el nivel de cumplimiento de cada actividad realizada, ya que de esto depende el desarrollo y gestión del proyecto de implementación.

En relación al seguimiento externo, este puede ser contratando a cualquier empresa dedicada a la auditoría. Este tipo de auditoría es suficientemente confiable debido a que, por tratarse de una entidad externa a la empresa, no existen especulaciones sobre los temas aplicados, ni intenciones intrínsecas sobre los resultados revelados en sus informes.

Es por esto que los informes entregados por empresas externas son de vital apoyo para el seguimiento de los proyectos, en este caso, las propuestas

de mejora derivadas del estudio ergonómico para el rediseño en Mexichem Guatemala.

La manera más simple de realizar una buena gestión es aplicando el círculo de Deming, más conocido como el círculo PDCA, en donde, según los indicadores, se llevará a cabo un plan de acción para el seguimiento y la mejora continua de las propuestas previamente relatadas en los capítulos anteriores. En el círculo PDCA la P corresponde a planificación, D a desarrollo, C a la fase de control y A corresponde a la fase de acciones o correcciones.

6.1. Control del sistema de medicación preventiva

Al implementar un sistema de medicación preventiva, se debe tener en cuenta que todo chequeo médico y recetas emitidas a los colaboradores, debe ser documentado adecuadamente e ingresado a los registros médicos de la clínica interna de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

Todo registro médico almacenado deberá llevar la firma y sello correspondientes del doctor de turno a cargo de la clínica interna de la planta de producción, en el cual se deberá colocar los avances según los chequeos semestrales impartidos por el área de medicina interna. Se propone un procedimiento para revisar en el reporte sobre el control de la mediación preventiva en la tabla XV. Estos avances y registros deben estar documentados debidamente para las pruebas iniciales y para las pruebas programadas semestralmente por el área de medicina de la planta de producción. Con esto, se plantea garantizar el cumplimiento del procedimiento por parte del doctor de turno de la clínica interna de la planta de producción, con el fin de obtener los resultados deseados en los operarios de las máquinas de la planta de

producción, específicamente para los que han laborado en las máquinas 1 y 7 de la planta en cuestión.

Los puntos críticos respecto al control del plan de medicación preventiva, a cargo de la clínica interna de la planta deberán ser los siguientes:

- Determinar si el paciente/colaborador cuenta con historial médico sobre afecciones lumbares. Realizar pruebas físicas y de resistencia física para determinar un estado de salud pleno o en decadencia.
- Realizar pruebas específicas sobre el estado de los huesos y músculos a nivel lumbar, examinar los resultados.
- Determinar un tratamiento para la mejora del estado físico del paciente/colaborador.
- Informarle al paciente/colaborador el estado en el que se encuentra y recetarle el debido tratamiento con sus instrucciones.
- Brindarle al paciente la receta médica y/o la medicación adecuada. Registrar el caso del paciente y archivar.

Los cinco anteriores pasos deberán ser registrados en un *checklist* el cual deberá ser completo y tendrá que ser auditado mensualmente por el gerente de planta para determinar que cada uno de sus operarios, específicamente los de las máquinas 1 y 7, hayan pasado por el debido proceso de medicación preventiva, para lograr la radicación del problema que afecta en la espalda baja a los operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

6.1.1. Reporte de medicación preventiva

Tabla XV. Reporte de medicación preventiva

Nombre del colaborador: _____		Fecha: __/__/__	
Código de empleado: _____			
<i>CHECKLIST: Programa de medicación preventiva</i>			
1. El paciente/colaborador cuenta con historial médico sobre afecciones lumbares.		SÍ	NO
2. Se realizó las pruebas físicas y con el fin de determinar el estado de salud del paciente/colaborador.		SÍ	NO
3. Se realizó en el paciente/colaborador la prueba específica sobre el estado de los huesos y músculos a nivel lumbar.		SÍ	NO
4. Los resultados fueron examinados		SÍ	NO
5. Se determinó un tratamiento para la mejora del estado físico del paciente/colaborador.		SÍ	NO
6. El paciente/colaborador fue informado sobre su estado de salud actual y además fue recetado con las bebidas instrucciones.		SÍ	NO
7. La receta médica adecuada fue brindada al paciente/colaborador.		SÍ	NO
8. Se registró el caso del paciente y se archivo.		SÍ	NO
Firma colaborador _____		Firma Doctor de turno _____	

Fuente: elaboración propia.

Se tomará como adecuado todo aquel *checklist* cuya totalidad de respuestas sean SI. El *checklist* en cuestión es el detallado en la tabla XV reporte de medicación preventiva, el cual deberá ser presentado al gerente de planta. Con esta información, se puede estar seguro de que el plan de medicación preventiva se está llevando a cabo, en caso de que los pacientes que sigan presentando problemas, se les irá prestando la atención médica necesaria. El círculo de PDCA para esta propuesta se plantea de la siguiente forma:

- P: planear los exámenes semestrales para la determinación de mejoras en los operarios analizados.
- D: desarrollar los tipos de medicamentos y/o terapias necesarias para los operarios que padezcan de afecciones lumbares.
- C: llevar el control de los *checklist* para que estos se cumplan al 100 %.
- A: aplicar las correcciones a los tratamientos llevados por los operarios según los nuevos análisis obtenidos.

6.2. Control del uso de las nuevas herramientas

Para llevar un adecuado control de las nuevas herramientas de uso diario por parte de los operarios de las máquinas en la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala, se debe implementar un procedimiento para el chequeo de estado y mantenimiento de las mismas, ya que como toda herramienta debe de cumplir con ciertas normas de calidad para que su funcionamiento sea el esperado.

Los registros de sobre el estado y mantenimiento de las herramientas será almacenado y deberá llevar las correspondientes firmas del jefe de línea a cargo cuando se lleve a cabo la inspección, en estos registros se deberá colocar el estado físico de las herramientas. Se propone procedimiento para la revisión del reporte sobre el control de estado y mantenimiento de herramientas en la tabla XVI, los cuales deberán de llevarse a cabo por los mismos jefes de línea en conjunto con sus operarios. Con esto se plantea garantizar el cumplimiento del procedimiento, por parte las personas de turno en las máquinas de la planta de producción, con el fin de obtener los resultados

deseados de las nuevas herramientas y un mejor desempeño en los operarios de las máquinas de la planta de producción, específicamente para los que han laborado en las máquinas 1 y 7 de la planta en cuestión.

Para realizar adecuadamente el control de la implementación de las nuevas herramientas para los operarios asignados en las máquinas de producción, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos relevantes:

- La herramienta se encuentra en la ubicación que le corresponde.
- La herramienta presenta algún tipo de rajadura o quebradura.
- Los operarios de la máquina conocen como utilizar la herramienta.
- La herramienta presenta algún tipo de problema o falla al ser utilizada.
- Existe algún tipo de protector para la herramienta (estuche, cartucho, funda, etc.).
- Es necesario cambiar la herramienta.

Los seis aspectos detallados anteriormente, deberán ser registrados en un *checklist* que deberá de ser llenado por el jefe de línea en la inspección y tendrá que ser auditado mensualmente por el gerente de planta para determinar que cada uno de sus operarios, y específicamente los de las máquinas 1 y 7, hayan pasado por el debido proceso de capacitación y manejo de la herramienta, para lograr la erradicación del problema que afecta en la espalda baja a los operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

Es necesario recalcar que todos aquellos operarios que hayan laborado en las líneas productoras, donde se encuentren problemas con el uso de herramientas y daños, deberán de volver a cursar los seminarios y capacitaciones para el uso correcto de las mismas, además de volver a certificarse como empleado capacitado para llevar a cabo las operaciones con normalidad y eficiencia dentro de la planta de producción de tuberías PVC de Mexichem Guatemala. El reporte del estado de la herramienta deberá ser auditado cada mes como meta individual de cada jefe de línea.

6.2.1. Reporte de estado en herramientas

Tabla XVI. Reporte de estado en herramientas

Nombre del inspector: _____		Fecha: __/__/__					
Código de herramienta: _____		Núm. De máquina _____					
CHECKLIST: Programa de evaluación de herramientas							
1. La herramienta se encuentra en su lugar designado.				SÍ	NO		
2. La herramienta presenta algún tipo de rajadura o quebradura.				SÍ	NO		
3. Los operarios de la máquina conocen como utiliza la herramienta.				SÍ	NO		
4. La herramienta presenta algún tipo de problema o falla al ser utilizada.				SÍ	NO		
5. Existe algún tipo de protector para la herramienta (estuche, cartucho, funda, entre otros).				SÍ	NO		
6. Es necesario cambiar la herramienta.				SÍ	NO		
Firma del inspector _____							

Fuente: elaboración propia.

El jefe de línea deberá definir como adecuado el *checklist* detallado en la tabla XVI, reporte de estado en herramientas según su criterio, el cual deberá ser presentado al gerente de planta. Esta información permite confirmar que el plan de implementación y uso de las nuevas herramientas se está llevando a cabo, logrando identificar además a los operarios que sigan presentando

deficiencias respecto al correcto uso de las mismas y, por lo tanto se podrá identificar con certeza qué operarios deberán volver a recibir capacitación y aprobar las pruebas correspondientes. El círculo de PDCA para esta propuesta se plantea de la siguiente forma:

- P: planear las capacitaciones sobre el correcto uso de las nuevas herramientas.
- D: desarrollar las capacitaciones sobre el beneficio y el uso correcto de las nuevas herramientas.
- C: llevar el control de los *checklist* para que estos se cumplan mayor al 70 %.
- A: aplicar las capacitaciones de corrección a aquellos operarios que no cumplan con la aprobación en los *checklist*.

6.3. Control del uso correcto de las maquinarias

Para tener un control adecuado de los nuevos puertos de descarga en las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala, se debe implementar un procedimiento para el chequeo de estado y mantenimiento para las mismas, ya que como toda máquina utilizada en esta planta de producción, cada una debe cumplir con ciertas normas para mejorar el rendimiento de sus operarios y de la producción en sí misma.

Todo registro sobre las máquinas 1 y 7 será archivado y deberá llevar las firmas correspondientes del jefe de línea a cargo y del gerente de planta para cuando se lleve a cabo la inspección; en este documento se deberá colocar el

estado físico y el desempeño de los nuevos puertos de descarga del material PVC. Se propone procedimiento para realizar el reporte sobre el control del reporte de estado y uso de los nuevos puertos en la tabla XVII, el cual deberá desarrollarse por los jefes de línea en conjunto con los operarios. Con esto, se plantea garantizar el cumplimiento del procedimiento por parte las personas de turno en las máquinas de la planta de producción, con el fin de obtener los resultados deseados los nuevos puertos de descarga y un mejor desempeño en los operarios de las máquinas de la planta de producción, directamente para los que laboran en las máquinas 1 y 7 de la planta en cuestión.

Para llevar el control sobre la implementación de los nuevos puertos de descarga para las máquinas 1 y 7 de la planta de producción, deberán tomarse en cuenta los siguientes aspectos relevantes:

- Los puertos de descarga en las máquinas 1 y 7 están evitando que los operarios se inclinen más de lo debido.
- Los operarios hacen un uso adecuado de los nuevos puestos de descarga.
- Los puertos de descarga se encuentran en estados óptimos (sin fisuras, abolladuras, piezas faltantes, etc.).
- El producto terminado es debidamente trasladado a los carros de transporte.
- Se cumple con la norma de seguridad en cuanto al perímetro de trabajo previamente establecido.

Los cinco pasos anteriores deberán ser registrados en un *checklist*, que deberá ser llenado por el jefe de línea en la inspección y tendrá que ser auditado mensualmente por el gerente de planta para determinar que cada uno de sus operarios, directamente los de las máquinas 1 y 7, hayan pasado por el debido proceso de capacitación y manejo de los nuevos puertos de descarga, para lograr la erradicación del problema que afecta en la espalda baja a los operarios de la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

Es importante recalcar, que todos aquellos operarios que hayan laborado en las líneas productoras con problemas respecto al uso de los puertos de descarga y se presenten daños deberán de volver a cursar los seminarios y capacitaciones para el uso correcto de los mismos, además de volver a certificarse como empleado capacitado para llevar a cabo las operaciones con normalidad y eficiencia dentro de la planta de producción de tuberías PVC de Mexichem Guatemala. El reporte de las especificaciones del uso correcto de la maquinaria deberá ser auditado cada mes como meta individual de cada jefe de línea.

6.3.1. Especificaciones del uso correcto de maquinaria

Tabla XVII. **Checklist de especificaciones del uso correcto de la maquinaria**

Nombre del colaborador: _____	Fecha: __/__/__		
Núm. De máquina: _____			
CHECKLIST: Programa de evaluación de puertos (máquinas 1 y 7)			
1. Los puertos de descarga en las máquinas uno y siete están evitando que los operarios se inclinen más de lo debido.	SÍ	NO	
2. Los operarios hacen un uso adecuado de los nuevos puestos de descarga.	SÍ	NO	
3. Los puertos de descarga se encuentran en estados óptimos (sin fisuras, abolladuras, piezas faltantes, entre otros).	SÍ	NO	
4. El producto terminado es debidamente trasladado a los carros de transporte.	SÍ	NO	
5. Se cumple con la norma de seguridad en cuanto al perímetro de trabajo previamente establecido.	SÍ	NO	
Firma del inspector _____		Firm Firma Gerente de planta _____	

Fuente: elaboración propia.

Para el cumplimiento del reporte, se debe tener a totalidad de respuestas “Sí” en el *checklist* detallado en la tabla XVII *checklist* de especificaciones del uso correcto de la maquinaria, el cual deberá ser presentado al gerente de planta. Con esta información, se confirma que el plan de implementación y uso de los nuevos puertos de descarga para las máquinas 1 y 7 de la planta de producción de Mexichem Guatemala se está llevando a cabo, pudiendo identificar además a aquellos operarios que sigan presentando problemas con el correcto uso de las mismas, quienes deberán volver a capacitarse y aprobar las pruebas correspondientes. El círculo de PDCA para esta propuesta se plantea de la siguiente forma:

- P: planear las capacitaciones sobre el correcto uso de los nuevos puertos de descarga en las máquinas 1 y 7 de la planta de producción.
- D: desarrollar las capacitaciones sobre el beneficio y el uso correcto de los nuevos puertos de descarga en las máquinas 1 y 7 de la planta de producción.
- C: llevar el control de los *checklist* para que estos se cumplan como aprobados, deberán de contar con el 100 % de “SÍ”.
- A: aplicar las capacitaciones de corrección a aquellos operarios que no cumplan con la aprobación en los *checklist*.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron las prácticas dañinas de los operarios de la planta de producción de Mexichem Guatemala a las inclinaciones con un ángulo mayor de 30° y al levantamiento de objetos utilizando solamente inclinación lumbar sin flexión de rodillas.
2. Para reducir el padecimiento crónico lumbar en los operarios de la planta de producción de Mexichem Guatemala se crearon tres propuestas modelos de trabajo tomando en cuenta el rediseño de las operaciones, maquinarias y un plan de medicación preventiva.
3. Se propusieron las acciones correctivas medicamentos adecuados y acoples a las máquinas 1 y 7, las cuales fueron detectadas como las máquinas críticas.
4. La estructura del programa de seguimiento está basado en certificaciones semestrales a los operarios de la planta de producción de Mexichem Guatemala, con su debido proceso de autoevaluación mediante listas de cheques, las cuales deberán ser auditadas internamente y externamente.

RECOMENDACIONES

1. Debe existir la conciencia por parte de los colaboradores de la planta de producción de Mexichem Guatemala sobre las causas y efectos de las acciones laborales que pueden perjudicar su salud.
2. Los planes de acción propuestos pueden ser modificados según la evolución de las situaciones y avances dentro de la planta de producción de Mexichem Guatemala, según la conveniencia de la gerencia de planta.
3. La gestión sobre el inventario de los nuevos equipos, medicamentos y acoples debe de ser parte de la función del responsable del área sobre el proyecto.
4. Las listas de cotejo tendrán que ser objetivas, sin buscar el beneficio de los colaboradores y se tendrá que evaluar la objetividad de las personas que las completen.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARMANDO CHÁVEZ, Rony Ernesto. *Readecuación del entorno del equipo industrial, mediante el análisis ergonómico del puesto de trabajo y su adecuada instalación en el proceso de operación de líneas de multienvase*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 2009. 147 p.
2. CORONADO GUERRERO, María Clemencia. *La ergonomía en la división de personal de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2001. 123 p.
3. CRUZ LEAL, Sergio Donaldo. *El aspecto ergonómico en la industria*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería, 1992. 159 p.
4. DUARTE ORTIZ, Julio Ricardo. *La estación de trabajo de la computadora, una descripción de ergonomía*. Trabajo de Graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería, 1999. 215 p.
5. ORTUÑO VALDIVIESO, Ana Leonora. *Consecuencias administrativas y financieras de la patología laboral dolor de espalda, identificación de riesgos ergonómicos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería,
2000. 178 p.

6. MONDELO, Pedro. *Ergonomía 1 Fundamentos*. Edición UPC (ed. lit.); 3a ed. Florida: Alfomega. 1999. 267 p. ISBN: 84-8301-315-0
7. _____. *Ergonomía 2 Confort y estrés térmico*. Edición UPC (ed. lit.); 3a ed. Florida, 2004. 226 p. ISBN: 84-9880-113-3
8. SOLARES HERNÁNDEZ, Carlos Ramiro. *Propuesta de un proceso ergonómico en el almacenamiento de camas del área de producto terminado, en una industria manufacturera de sistemas para el descanso*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2008. 196 p.
9. VELÁSQUEZ GIRÓN, Erick Alfonso. *Desarrollo del diseño y proceso de fabricación de guantes industriales aplicando técnicas de ergonomía e ingeniería industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 146 p.

APÉNDICES

Se presentan las tablas elaboradas de información relevante obtenida mediante observación y estudio directo en la planta de producción de tubería PVC de Mexichem Guatemala.

Apéndice 1. Especificaciones máquina tubería

Máquina	Grupo	Tipo de tubería	Diámetro menor	Diámetro mayor
1	Grupo 1	Tubería combencional o de pared sólida	1/2"	2"
2	Grupo 1	Tubería combencional o de pared sólida	1/2"	2"
3	Grupo 2	Tubería combencional o de pared sólida	2-1/2"	4"
4	Grupo 2	Tubería combencional o de pared sólida	2-1/2"	4"
5	Grupo 3 y 4	Tubería combencional o de pared sólida	5"	15"
6	Grupo 2	Tubería combencional o de pared sólida	2-1/2"	4"
7	Grupo 1	Tubería combencional o de pared sólida	1/2"	2"
8	Grupo 3 y 4	Tubería combencional o de pared sólida	8"	18"
9	Pequeño diámetro	Tubería corrugada	8"	15"
10	Grande diámetro	Tubería corrugada	24"	42"
11	Grupo único	Mangera corrugada	1/2"	1"

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Resultado encuesta

# Pregunta	Respuestas:									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pregunta 1	Apoyo									
Pregunta 2	Sin dolor	Brazos	Piernas	Espalda baja	Espalda alta	Hombros	Cuello	Pies	Extremidades	Cabeza
Pregunta 3	Sin dolor	Brazos	Piernas	Espalda baja	Espalda alta	Hombros	Cuello	Pies	Extremidades	Cabeza
Pregunta 4	Pregunta abierta									
Pregunta 5	Sí	No	Abierta							
Pregunta 6	Sin dolor	Recetado	Auto recetado							
Pregunta 7	Sí	No	No siempre							
Pregunta 8	Pregunta abierta									
Pregunta 9	Pregunta abierta									
Pregunta 10	Sí	No								

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Resultado encuesta**

Evaluación de la maquinaria.				
Máquina	Repetitividad	Peso del material	Movimientos inadecuados	Ponderación
1	9	4	8	7,0000
2	N/A	N/A	N/A	N/A
				3,6667
4	3	4	5	4,0000
5	4	5	5	4,6667
6	6	7	5	6,0000
7	9	3	9	7,0000
8	4	7	2	4,3333
9	2	10	5	5,6667
10	2	10	6	6,0000

N/A = Sin datos disponibles

Repetitividad = cuan repetitivo es el trabajo a realizar, en donde 1 es muy poco repetitivo y 10 muy repetitivo

Peso del material = el peso del material en el final de la máquina, en donde 1 es muy liviano y 10 es muy pesado.

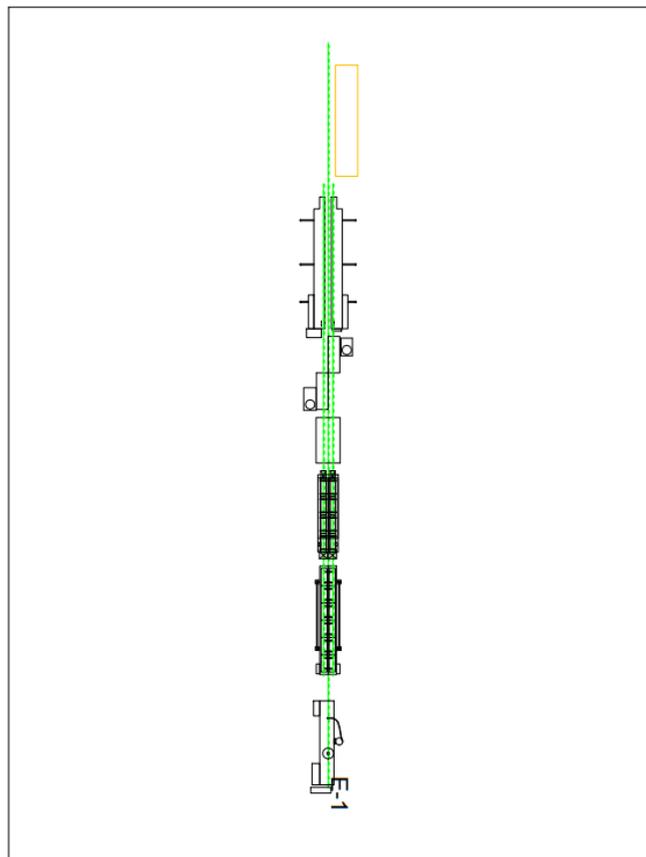
Movimientos inadecuados = las operaciones que se realizan de mala manera que generan lesiones, en donde 1 es "no se realizan casi ningún movimiento inadecuado" y 10 es "Todas las operaciones se realizan mediante movimientos inadecuados"

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

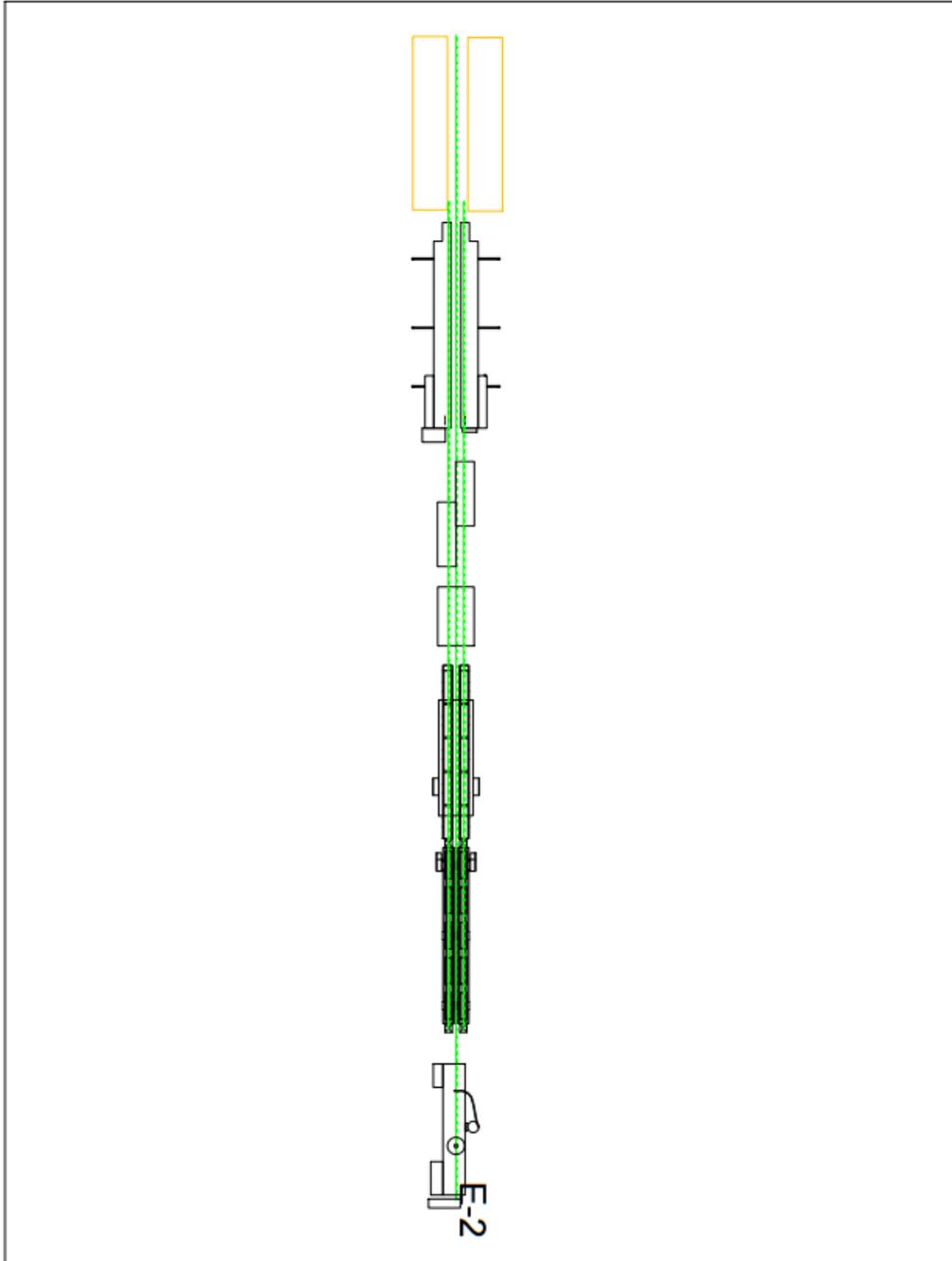
Planos proporcionados por el área de ingeniería, sobre las máquinas extrusoras de la planta de producción de Mexichem Guatemala que se verificaron y analizaron para la investigación y análisis ergonómico detallado anteriormente.

Anexo 1. **Máquina 1**



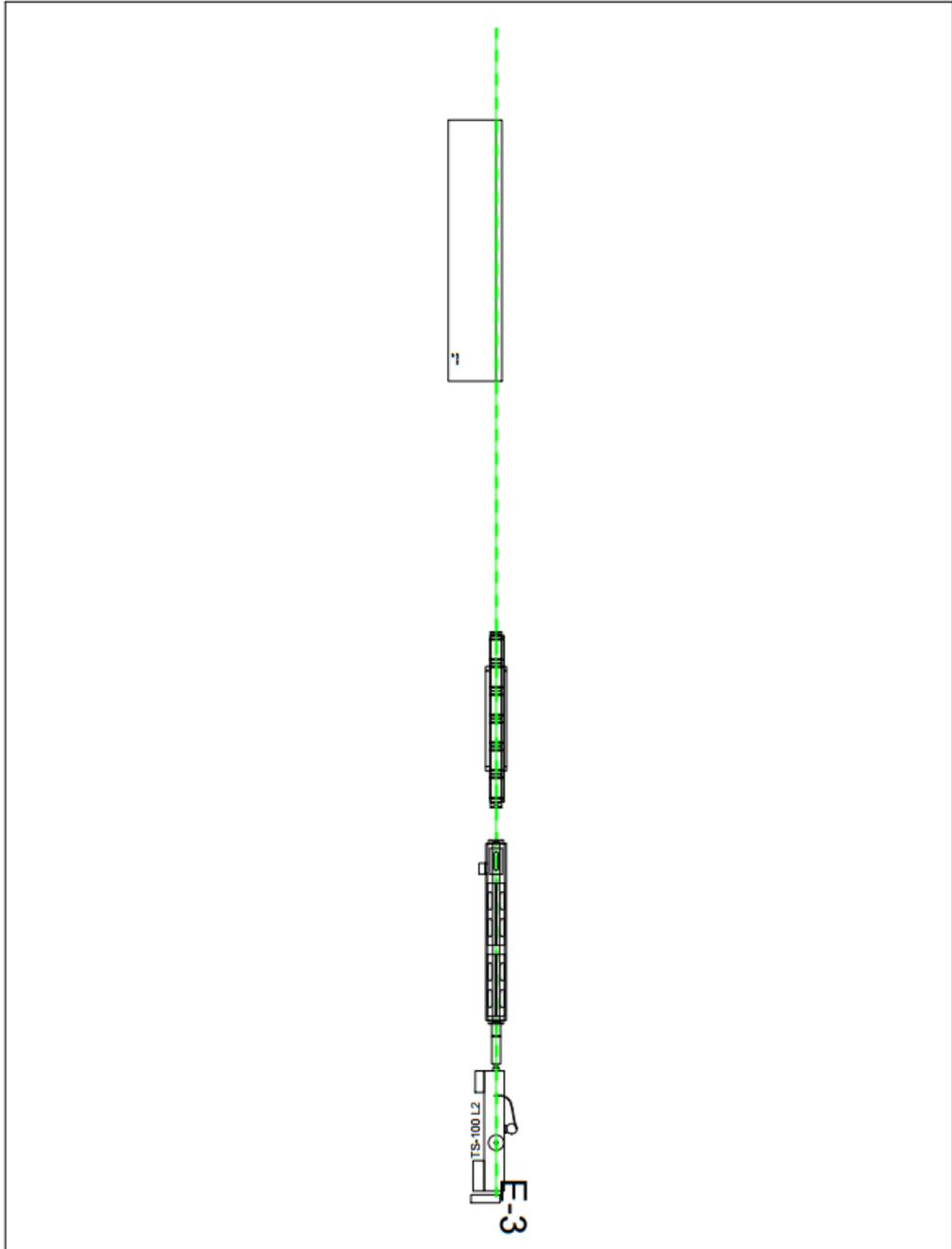
Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.

Anexo 2. **Máquina 2**



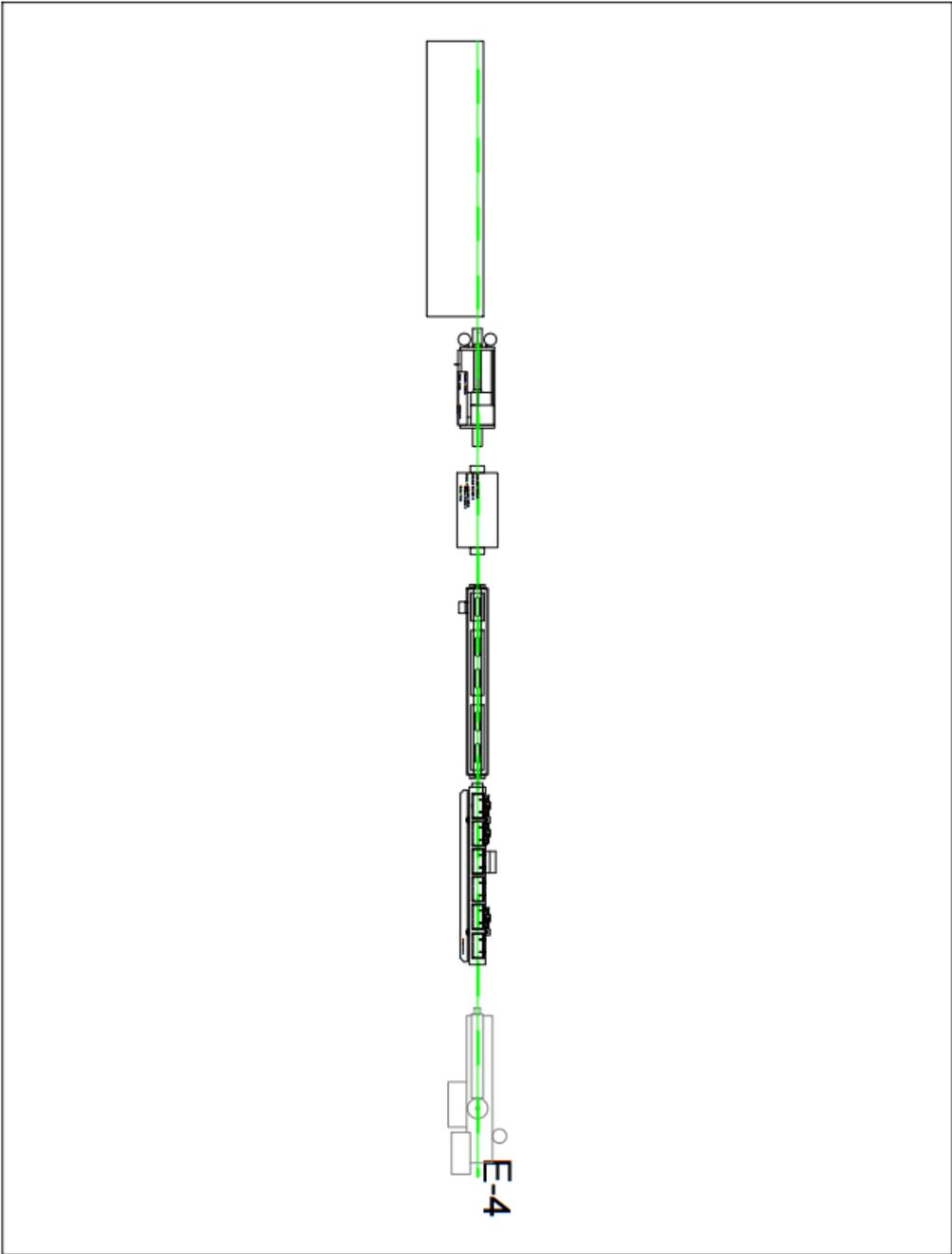
Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.

Anexo 3. **Máquina 3**



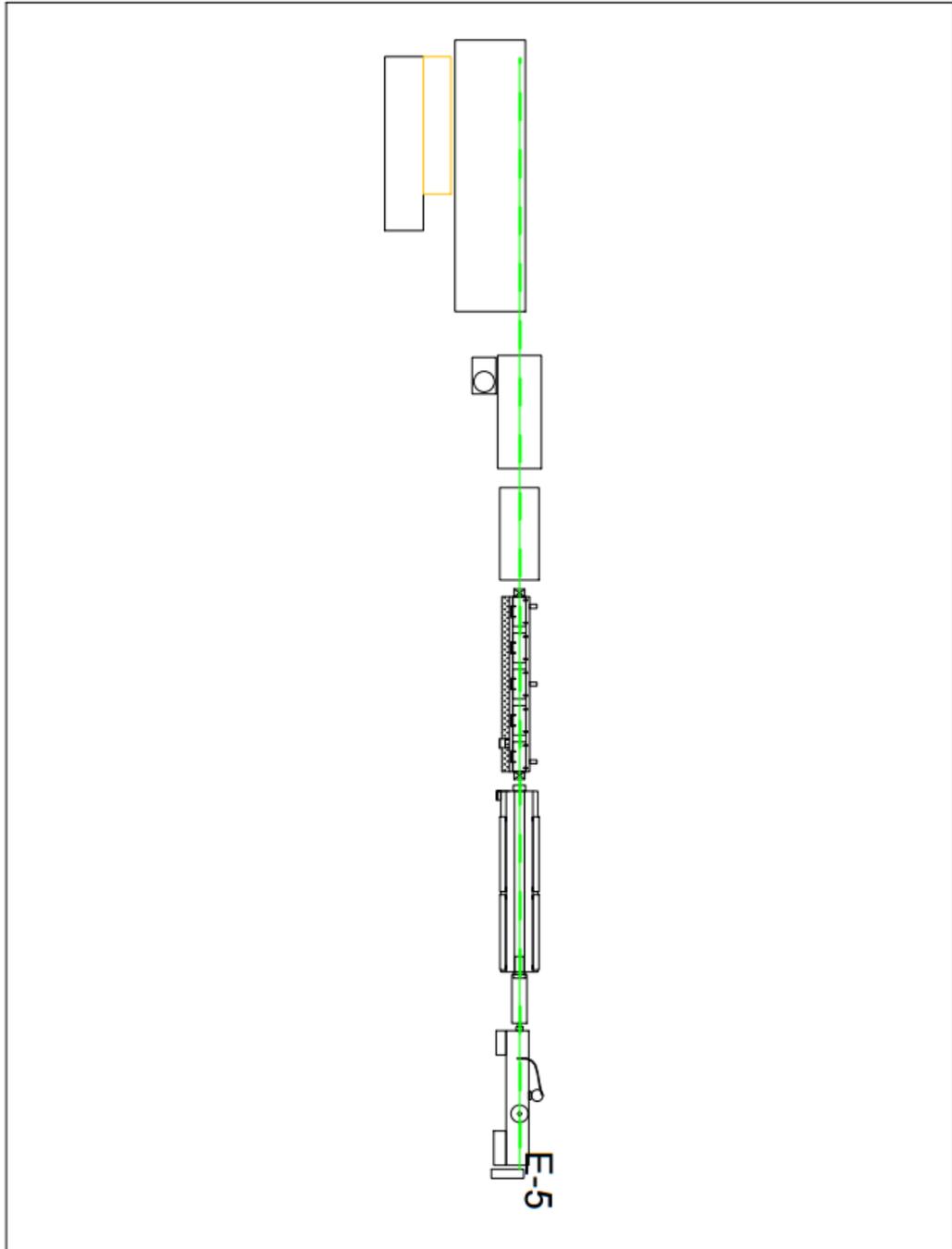
Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.

Anexo 4. **Máquina 4**



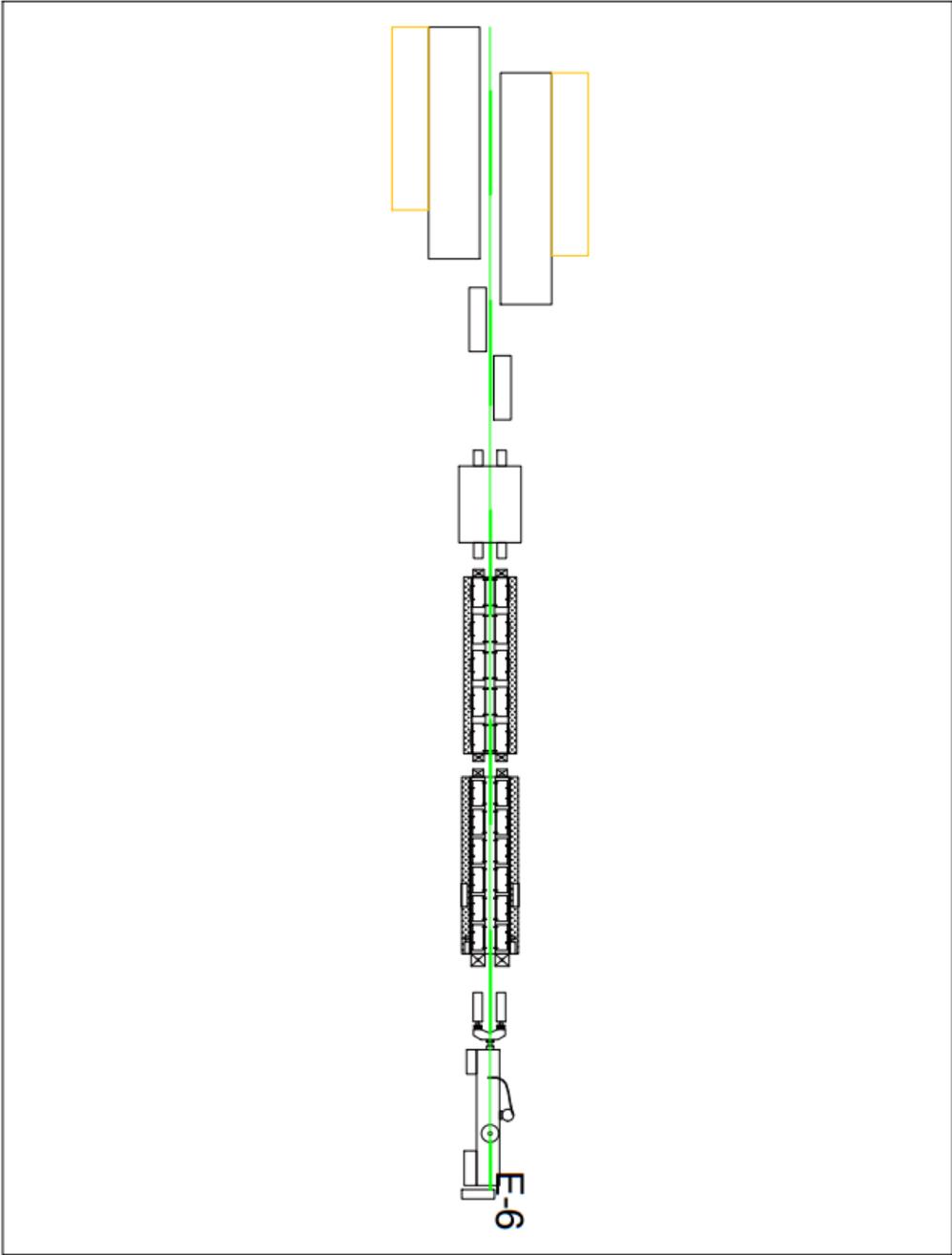
Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.

Anexo 5. **Máquina 5**



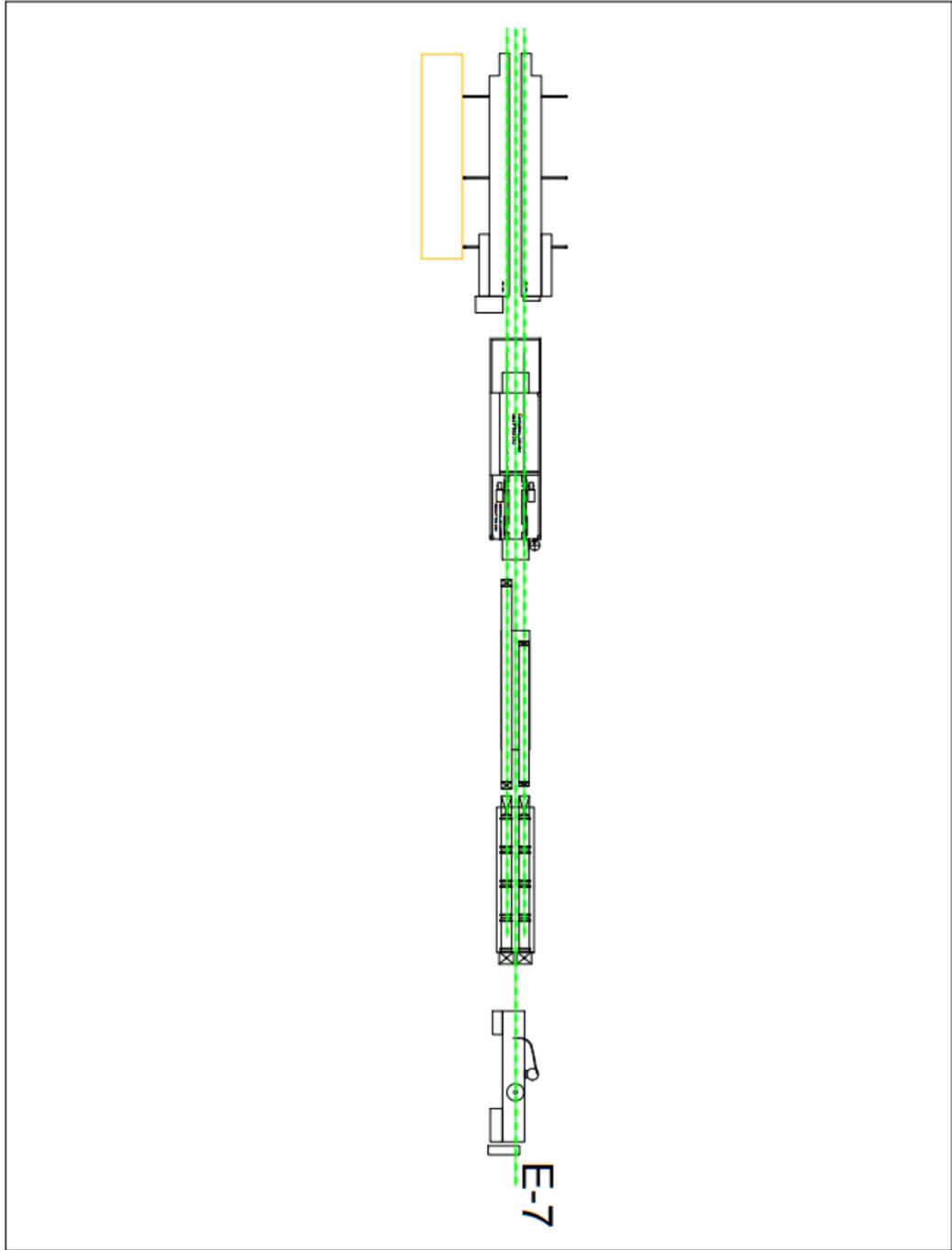
Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.

Anexo 6. **Máquina 6**



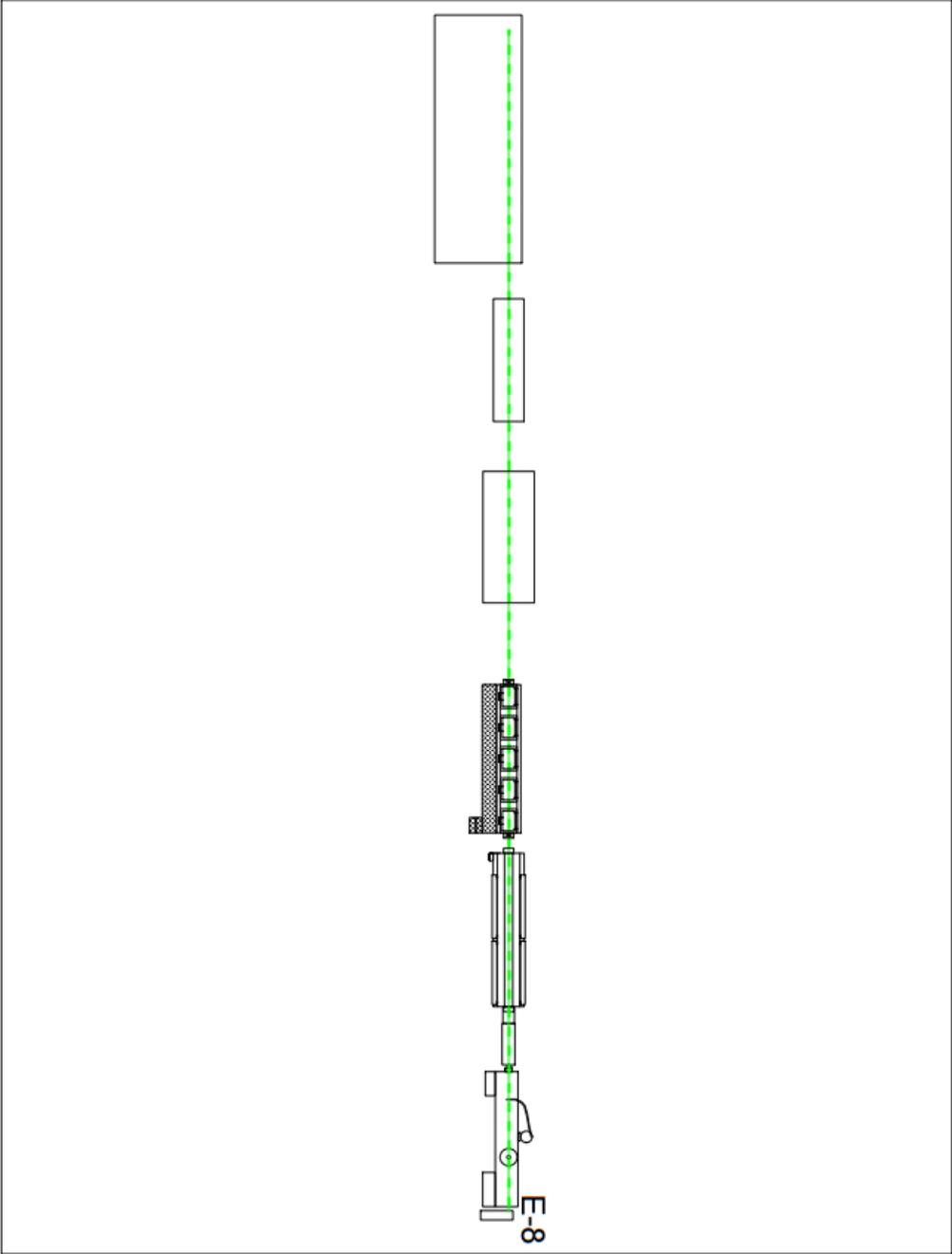
Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.

Anexo 7. Máquina 7



Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.

Anexo 8. **Máquina 8**



Fuente: Mexichem S.A. *Máquinas extrusoras*. Consulta: 20 de enero de 2015.