



Universidad de Guayaquil

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

ÁREA
SISTEMAS PRODUCTIVOS

TEMA
“PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD DEL GRUPO 2 PARA TUBERIAS DE
PRESIÓN EN LA EMPRESA MEXICHEM ECUADOR S.A.”

AUTOR
GAMARRA BURGOS ALEXANDER JOSUE

DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. IND. CORREA MENDOZA PEDRO GUSTAVO, MSc.

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2019



Universidad de Guayaquil
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **ING. IND. CORREA MENDOZA PEDRO GUSTAVO, MSc.**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **GAMARRA BURGOS ALEXANDER JOSUE C.C.: 0930975016**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL GRUPO 2 PARA TUBERIAS DE PRESIÓN EN LA EMPRESA MEXICHEM ECUADOR S.A.”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio **URKUND** quedando el **1%** de coincidencia.

<https://secure.orkund.com/view/53364073-877842-979294>

Ing. Ind. Correa-Mendoza Pedro Gustavo, MSc.

C.C. 0905846606

Dedicatoria

Dedico este presente trabajo de titulación de una forma inmensa a mi familia quienes fueron las personas que siempre han creído en mí y me han estado apoyando, y por ser los pilares fundamentales en mi vida tanto personal como profesional, principalmente a dios y a mi madre la cual fue mi mayor motivo de aspiración y superación, por el cual, siempre ha demostrado ser una mujer luchadora ante toda circunstancia, a nunca desmayar ante todas las adversidades y situaciones de la vida y al estar siempre pendiente de mí, guiándome de una forma correcta.

A mi padre que siempre ha estado ahí brindándome su apoyo incondicional, ya que ambos me han enseñado en la vida ejemplos claros de superación, humildad y sacrificio.

También, le agradezco a mi hermana quién ha estado a mi lado siempre alentándome a conseguir este gran logro, y por todo su apoyo incondicional y a nunca desmayar ante los momentos difíciles de la vida.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a todas las personas que hicieron parte de esta tesis, por guiarme en mi camino, y por poder concluir con mi objetivo principal. A mis padres, que son mi motor y pilares fundamentales en este caminar. A mi hermano y amigos que con sus apoyos incondicionales y entrega me ayudaron en el desarrollo de este presente trabajo.

Agradezco a los docentes, a mi tutor de tesis al Ing. Ind. Correa Mendoza Pedro Gustavo, MSc. y a mi tutor revisor al Ing. Ind. Hurtado Paspuel Jimmy Fernando, MSc. que, con sus sabidurías, conocimientos, experiencias de trabajo, paciencias y apoyos incondicionales, hicieron posible este logro alcanzado, de tal manera que me orientaron en la investigación y me motivaron en el desarrollo del mismo.

Agradezco también, a la empresa Mexichem Ecuador S.A., y a sus ingenieros; al Ing. Edgardo Diaz Coello actual Director de Manufactura Andinar, que me dio la oportunidad de realizar el presente estudio, en sus instalaciones (Planta de Extrusión).

También quiero agradecerles a mis compañeros del departamento de Producción sobre todo a los ing. Acosta Héctor y Iglesias Marcelino, quienes fueron las personas que me ayudaron con la información y a realizar la investigación para desarrollar el tema con sus experiencias.

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

Diseño de la investigación

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Antecedentes de Mexichem Ecuador S.A.	2
1.2.	Problema de investigación.	3
1.2.1.	Planteamiento del problema.	3
1.2.2.	Formulación del problema de investigación	4
1.2.3.	Sistematización del problema de investigación.	4
1.3.	Justificación de la investigación	4
1.4.	Objetivos de la investigación	5
1.4.1	Objetivo general.	5
1.4.2.	Objetivos específicos.	5
1.5.	Marco de referencia de la investigación.	5
1.5.1.	Marco teórico.	5
1.5.2.	Marco legal.	9
1.5.3.	Norma Técnica Ecuatoriana Inen 1374:2009	9
1.5.3.	Marco conceptual.	9
1.6.	Aspectos metodológicos de la investigación	11
1.6.1.	Tipo de estudio.	11
1.6.2.	Método de Investigación	11
1.6.4.	Fuentes y técnicas para la recolección de información.	12
1.7.	Población	12
1.7.1.	Muestra poblacional.	13
1.8.	Tipo de muestreo.	13
1.9.	Tratamiento de la información.	13
1.10.	Datos de la empresa.	14
1.10.1.	La Empresa	14
1.10.2.	Ubicación de la empresa.	14
1.10.3.	Productos de la empresa.	14
1.10.4.	Organigrama de la Empresa.	15

Capítulo II

Análisis, presentación de resultados y diagnóstico

N°	Descripción	Pág.
2.1.	Presentación y descripción de la empresa.	16
2.1.2.	Datos generales de la empresa.	17
2.2.	Análisis de la situación actual de la empresa	24
2.2.1.	Distribución de planta.	24
2.2.2.	Recursos productivos.	25
2.2.3.	Maquinaria de Planta	27
2.2.4.	Capacidad instalada de maquinaria	32
2.2.5.	Descripción de los procesos de la Planta Mexichem Ecuador S.A.	33
2.2.6.	Diagrama de proceso de operación en Mexichem Ecuador S.A.	36
2.2.7.	Diagrama de flujo de los procesos de Mexichem Ecuador S.A.	37
2.3.	Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas.	37
2.3.1.	Análisis y diagnóstico del problema.	37
2.3.2.	Descripción de las causas encontradas con el Árbol de problemas	38
2.4.	Situación Actual	38
2.4.1.	Capacidad Nominal de producción.	40
2.4.2.	Capacidad Real de producción.	41
2.4.3.	Eficiencia del proceso	41
2.5.	Descripción específica del problema.	42
2.6.	Análisis de Costos	43
2.6.1.	Costo de la mano de obra directa.	43
2.6.2.	Costo de la mano de obra indirecta.	44
2.6.3.	Otros costos y gastos indirectos de fabricación.	45
2.6.4.	Gastos de la mano de obra administrativa.	46
2.6.5.	Costo de la Materia Prima por hora de trabajo.	46
2.6.6.	Costo unitario del producto.	47
2.6.7.	Precio de venta del producto.	47
2.6.8.	Margen de Utilidad.	48
2.7.	Cuantificación de pérdida	48
2.8.	Presentación de resultados y diagnósticos.	49
2.8.1.	Impacto económico.	49
2.8.2.	Diagnóstico.	50

Capítulo III

Propuesta, conclusiones y recomendaciones

N°	Descripción	Pág.
3.1.	Propuesta de mejora.	51
3.1.1.	Planteamiento de la propuesta.	51
3.1.2.	Lineamientos a seguir del SMED.	51
3.2.3.	Aplicación del SMED	51
3.2.4.	Etapas de Preliminares	51
3.3.	Etapas de Preliminares	56
3.3.1.	Cronometraje de las actividades durante el cambio.	56
3.4.	Etapas # 1	57
3.4.1.	Separación de las actividades internas y externas.	57
3.5.	Etapas # 2	57
3.5.1.	Conversión de las tareas internas en externas	57
3.6.	Etapas # 3	58
3.6.1.	Reducción de los ciclos aplicando SMED.	58
3.7.	Aplicación del SMED con el después del método.	61
3.8.	Presupuesto de la mejora.	64
3.8.1.	Compra de nuevas herramientas	64
3.8.2.	Costo por contratación de técnicos auditores SMED	66
3.8.3.	Costo por horas extras	66
3.8.4.	Costo por horas improductivas	66
3.9.	Análisis y beneficios de la propuesta de solución.	68
3.9.1.	Cronograma de implementación de la propuesta.	69
3.9.2.	Evaluación económica.	69
3.9.3.	Tir (Cálculo de la tasa interna de retorno).	71
3.9.4.	VAN (Calculo del valor actual neto).	71
3.9.5.	Tiempo de recuperación de inversión.	72
3.10.	Conclusiones.	72
3.11.	Recomendaciones.	73

N°	Descripción	Pág.
	Anexos	74
	Bibliografía	87

Índices de Tablas

N°	Descripción	Pág.
1.	Norma Técnica Ecuatoriana INEN para la fabricación de tuberías a presión.	9
2.	Datos de la empresa por medio del Servicio de Rentas Internas SRI.	17
3.	Descripción del Código Internacional Industrial Uniforme.	17
4.	Número de personas que laboran en el área de Producción.	26
5.	Capacidad de los Silos de almacenamiento para Materia Prima.	27
6.	Características de la maquina mezcladora de extrusión.	28
7.	Características de la maquina mezcladora de inyección.	28
8.	Capacidad de almacenamiento de la mezcladora.	28
9.	Temperaturas promedio del túnel de la extrusora.	29
10.	Temperaturas promedio del cabezal de la extrusora.	30
11.	Propiedades físicas y químicas de la resina de PVC.	32
12.	Capacidad instalada de la maquinaria de extrusión.	33
13.	Capacidad Instalada de Producción para el grupo 2.	33
14.	Especificaciones técnicas de la extrusora del Grupo 2.	34
15.	Especificaciones de un cabezal que va montado en la extrusora.	34
16.	Producción fabricada/no fabricada en el año 2018 con respecto a la demanda.	39
17.	Horas improductivas del proceso de fabricación de Extrusión PVC.	39
18.	Utilización de las horas por paros Setup.	40
19.	Capacidad nominal de producción al mes.	40
20.	Resumen de la capacidad nominal de la producción grupo 2.	40
21.	Capacidad real de Producción del grupo 2.	41
22.	Resumen de la capacidad real de producción del grupo 2.	41
23.	Eficiencia del proceso productivo.	41
24.	Costos de la mano de obra directa de la máquina al mes y por año.	44
25.	Costo de la mano de obra indirecta al mes y por año.	44
26.	Costo promedio de la mano de obra indirecta por hora.	45
27.	Otros costos y gastos de fabricación al mes y año.	45
28.	Promedio de otros gastos y costos indirectos de fabricación.	46
29.	Gastos por mano de obra administrativa.	46
30.	Costo de la materia prima por hora.	47
31.	Costo unitario del producto en tonelada /hora.	47
32.	Precio de venta de la tonelada.	47

33.	Cálculo del precio de venta del producto en toneladas.	48
34.	Margen de utilidad de la tonelada.	48
35.	Horas invertidas por paradas por Setup.	49
36.	Cuantificación de pérdida por horas improductivas.	49
37.	Instrumentación a utilizar en el proceso de preparación de la información.	52
38.	Toma de tiempo promedio al realizar un cambio.	53
39.	Tiempo actual de trabajo para desarme del cabezal.	54
40.	Tiempo actual de trabajo para bajar y cambiar mallas.	54
41.	Tiempo actual de trabajo por limpieza de barril y tornillo.	55
42.	Estructura para implementar SMED.	56
43.	Situación actual del proceso de montaje antes del cambio.	57
44.	Separación de las actividades internas y externas del proceso de montaje.	57
45.	Conversión de las tareas internas en externas.	58
46.	Actividades de cambio con la mejora de los tiempos.	59
47.	Comparación de tareas preparación de las herramientas a usar.	61
48.	Resistencias eléctricas aisladas aplicando recomendación SMED.	62
49.	Separación del cabezal usando cáncamos.	63
50.	Herramientas a comprar por mejora con SMED.	65
51.	Costo por contratación de técnicos auditores especialista en SMED.	66
52.	Costo por pago de horas extras por continuación de capacitación SMED.	66
53.	Costo por horas improductivas del personal que va a capacitación.	67
54.	Costo por el curso de capacitación continuidad del SMED.	67
55.	Costo por recomendaciones a comprar después del SMED.	67
56.	Costo total de la inversión después del SMED.	67
57.	Comparación del método actual vs aplicación de la metodología SMED.	68
58.	Ahorro de horas por cambio.	68
59.	Proyección de tuberías a fabricar para el periodo 2019.	70
60.	Pronóstico de toneladas a producción para el 2019.	71
61.	Calculo de la tasa interna de retorno.	71
62.	Cálculo del valor actual neto.	71
63.	Tiempo de recuperación de la inversión.	72

Índices de Figuras

Nº	Descripción	Pág.
1.	Perspectiva frontal de las oficinas comerciales de la región Costa	18
2.	Distribución de la planta Mexichem Ecuador S.A.	24
3.	Personal Administrativo y Operativo	26
4.	Silos de almacenamiento para la materia prima.	27
5.	Maquina mezcladora de la materia prima.	28
6.	Maquina extrusora.	29
7.	Cabezal o molde de la maquina extrusora.	29
8.	Tina de enfriamiento de la línea de extrusión.	30
9.	Jaladora de tuberías.	30
10.	Sierra cortadora de tuberías.	31
11.	Acampanadora para extremos de tuberías.	31
12.	Esquema de la parte principal de una máquina extrusora.	34
13.	Diagrama del proceso de Extrusión PVC.	37
14.	Caja de herramientas no preparada del personal durante el proceso de cambio.	42
15.	Herramientas no preparadas durante el proceso de cambio de molde.	42
16.	Mecánico de moldes realizando la actividad de montaje	43
17.	Creación del equipo de trabajo encargado del proceso de cambio.	52
18.	Participación en el mercado para las tuberías de presión.	69

Índices de Anexos

N°	Descripción	Pág.
1.	Gama de productos que ofrece la empresa.	75
2.	Organigrama de la empresa Mexichem Ecuador S.A.	76
3.	Árbol de causas para identificación de problemas.	77
4.	Diagrama de procesos de la empresa.	78
5.	Diagrama de procesos estratégicos de la empresa.	79
6.	Cronograma de actividades a seguir por metodología SMED.	80
7.	Diagrama de flujo del proceso de Extrusión.	81
8.	Diagrama de recorrido de Extrusión PVC.	82
9.	Tormenta de Ideas.	83
10.	Plantilla para identificación de tareas internas y externas.	84
11.	Check list para preparación de herramientas.	85
12.	Hoja de trabajo para cambio rápido de tareas paralelas.	86



Universidad de Guayaquil

**FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL
GRUPO 2 PARA TUBERIAS DE PRESIÓN EN LA EMPRESA MEXICHEM
ECUADOR S.A.”**

Autor: Gamarra Burgos Alexander Josue.

Tutor: Ing. Ind. Correa Mendoza Pedro Gustavo, MSc.

Resumen

El siguiente trabajo propuesto se realizó con el objetivo de incrementar los niveles de la productividad en una máquina extrusora de 400 Kg/hora perteneciente al grupo 2, que corresponde a la fabricación de tuberías de presión de color gris por diferentes medidas. Para el desarrollo del tema, nos basamos en el uso de la metodología SMED que es muy usada para la reducción de las horas por cambios de herramientas, las horas actuales que eran invertidas por los mecánicos para el respectivo cambio de producto fue reducida de 10.23 horas en 6.13 horas, generando un ahorro de 4.10 horas que representan en promedio 32.52 toneladas/mes, que pueden ser invertidas para seguir con la producción y dar un mejor cumplimiento al programa. Las causas y los respectivos análisis fueron desarrollados bajo el concepto del uso de las herramientas de ingeniería como el árbol para la identificación de problemas y la estadística.

Palabras Claves: Productividad, Árbol de problemas, SMED, Estadística, Reducción.



Universidad de Guayaquil

**FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“PROPOSAL FOR THE INCREASE IN THE PRODUCTIVITY OF GROUP 2 FOR
PRESSURE PIPES IN MEXICHEM ECUADOR S.A. COMPANY”**

Author: Gamarra Burgos Alexander Josue.

Advisor: Ind. Eng. Correa Mendoza Pedro Gustavo, MSc.

Abstract

The following proposed work was carried out with the objective of increasing productivity levels in 400 Kg/hour extruder belonging to group 2, which corresponds to the manufacture of gray pressure pipes by different measures. For the development of the theme, we rely on the use of the SMED methodology that is widely used for the reduction of hours due to tool changes, the current hours that were invested by the mechanics for the respective change of product was reduced from 10.23 hours to 6.13 hours, generating a saving of 4.10 hours that represents on average 32.52 tons/month, which can be invested to continue with the production and give better compliance to the program. The causes and the respective analysis were developed under the concept of the use of engineering tools such as the tree for problem identification and statistics.

Keywords: *Productivity, Problem tree, SMED, Statistics, Reduction.*

Introducción

La historia Mexichem Ecuador S.A., que fue situada en la ciudad de Guayaquil, nace en el año 1958, mismo año que fue fundada. Recibiendo el nombre como productos LATINOAMERICANOS S.A, que se dedicaba a la fabricación de fundas para protección de banano en una planta situada en las calles Venezuela y 5 de junio. En 1960 se inició la construcción de la planta ubicada en el Km 4 de la avenida Carlos Julio Arosemena Tola.

La planta actualmente se dedica a la fabricación de tuberías por extrusión y accesorios por inyectados como codos, tee, ramales que se acoplan a las tuberías para transporte de fluidos, ya que cuenta con una gama muy variada de productos que se venden según el tipo de necesidad que exigen los clientes. Los productos se encuentran agrupados por grupo de familia y por tipo de medida como son tuberías para sanitario, desagüe, presión y accesorios con resistencia muy variadas, y que a su vez se adaptan al tipo de trabajo que desee el cliente.

A medida que ha transcurrido el tiempo, la empresa se ha visto en la necesidad de mejorar sus procesos y experimentar diversos crecimientos en la demanda de los últimos años, lo que ha generado que la misma tenga incrementar su espacio de almacenamiento, la capacidad de producción, ya que de esta forma se logra dar atención y cumplimiento con los requerimientos que ingresan a diario.

La mayoría de las empresas siempre están incursionando en el buen uso de la ingeniería y planteándose estrategias de crecimiento, que hagan crecer sus procesos productivos. Basándose en uso de las herramientas como técnicas y metodologías que son actualmente usadas para desarrollar sus procesos y apostarle a la mejora continua.

De estas herramientas que incursionan a la mejora continua se desprende la metodología SMED (Single Minute Exchange Of Die), la misma que abarca conceptos de una previa preparación para realizar un cambio de herramienta de un producto a otro.

El contenido de esta propuesta tiene como objetivo tres capítulos, comenzando por la parte principal, el capítulo I que nos ayudara a la identificación, planteamiento y formulación del problema, basándonos en los antecedentes históricos de la empresa.

El capítulo II describe los procesos de la empresa sobre los cuales se va a trabajar y donde nos apoyaremos para conocer el proceso desde una perspectiva a escala.

El capítulo III presenta la estructura y guía de aplicación de la metodología, que ha sido resultado de la investigación y análisis correspondiente, como también de estudio de tiempos en los que se realizan las actividades, esto a su vez nos ayudara a mejorar la eficiencia y la productividad del proceso de extrusión, que estarán basados en el mejoramiento de los rendimientos alcanzados por la máquina y aportara un a la mejora continua.

Capítulo I

Diseño de la investigación

1.1 Antecedentes de Mexichem Ecuador S.A.

La historia de esta empresa nace en el Ecuador situada en la ciudad de Guayaquil, en el año 1958, mismo año que fue fundada. Recibiendo el nombre como productos LATINOAMERICANOS S.A, que se dedicaba a la fabricación de fundas para protección de banano en una planta situada en las calles Venezuela y 5 de junio. En 1960 se inició la construcción de la planta ubicada en el Km 4 de la avenida Carlos Julio Arosemena Tola.

En el año 1971 la producción se diversifica ampliamente además de la fabricación de envases por soplado y etiquetas auto adhesivas y posteriormente luego fue cambiada en el año 1972 con el nombre comercial de Plastigama marca que fue registrada para distinguir todos sus productos, En 1981 se inaugura la planta de producción para tuberías y accesorios de PVC para entonces la compañía funcionaba en tres divisiones: tuberías, empaques y fibras.

En el año 1991 comenzó la fabricación de tanques por proceso de Rotomoldeo, en el mismo año a mediados de marzo el grupo suizo LAMANCO, adquirió las acciones de AMANCO PLASTIGAMA que en ese entonces pertenecían a la CORPORACIÓN NORTEAMERICANA CHEVRON, la que a su vez las adquirió mucho antes, mismo tiempo que absorbió a GULF, propietaria inicial y accionista de la empresa. Posteriormente se define que el grupo a cargo de todas las empresas de tubosistemas y fibrocemento sería Amanco.

En mayo de 1992 la compañía Amanco decide focalizarse en el negocio de las conducciones de agua potable y alcantarillado, por lo que las divisiones empaques y fibras pasaron a formar parte de una nueva compañía independiente, llamada PLASTIEMPAQUES.

En abril de 1994 se inició el traslado de la planta de Guayaquil a las instalaciones nuevas de Durán, ubicadas en el Km. 4 ½ de la vía Duran Tambo, desde donde se producen y despachan sus productos a sus cadenas de distribución que se encargan de comercializarlo en todas las provincias del Ecuador.

En mayo del 1944 Plastigama realiza la fusión con una empresa Plastijal fue una empresa que fabricaba tuberías y accesorios de PVC y se encontraba ubicada en la ciudad de Sangolquí, a 40 Km. De la ciudad de Quito en la provincia del Pichincha. Más adelante en el año 2000 cerraron esa planta y absorbieron la producción de la misma, dejando así solo las oficinas comerciales en la ciudad de Quito para atender a su clientela de la zona norte de

país. En 1977 se inicia la producción y comercialización de soluciones para alcantarillo con el sistema Novafort tubería de PVC corrugada de doble pared para alcantarillado; y posteriormente en 1999 con el sistema Novaloc de pared corrugada de grandes diámetros para alcantarillado.

En mayo del 2003 la compañía asume el nombre de AMANCO PLASTIGAMA S.A cuyas acciones son adquiridas por la gigante familia de negocios mexicana MEXICHEM S.A, que tiene una amplia presencia en más de 37 países a nivel mundial, salvo la Oceanía además de tener sus operaciones en casi todos los continentes.

La compañía Multinacional Mexichem fabricante de la marca Plastigama apareció ya en el año 2011, la historia de la gran trayectoria de esta compañía en el país como MEXICHEM ECUADOR S.A, sigue operando en la actualidad conservando la marca y la calidad en sus productos actualmente fabricados como PLASTIGAMA compañía que cuenta alrededor de toda su experiencia ya casi más de seis décadas desde sus inicios.

La compañía con más de 60 años de trayectoria es líder en la categoría de tuberías, con amplias certificaciones de calidad y una enorme variedad en conexiones plásticas, actualmente es pionera y ha introducido una alta gama de productos para el transporte de agua potable y alcantarillado, entre mencionar la fabricación de tuberías plásticas de PVC y también las tuberías de PP.

Como también posee una gran variedad en su catálogo de productos inyectados como accesorios para sanitarios y desagüe, conexiones y también la producción de tanques industriales por proceso de soplado y tanques por proceso de rotomoldeado para depósitos de agua, al igual que mangueras para conducción en baja y alta presión, entre otros productos, atendiendo así un gran mercado que ha ido creciendo a gran escala dándole muchas satisfacciones a sus clientes, entre los siguientes sectores se menciona los que son muy más importantes para el desarrollo en el mundo.

1.2 Problema de investigación.

Se ha realizado el análisis correspondiente con los registros de producción y por paradas de cambio de molde del año 2018. Y se ha podido evidenciar la situación actual en la que se encuentra trabajando la máquina.

1.2.1 Planteamiento del problema.

Mexichem Ecuador S.A representante de la marca Plastigama y fabricante de tuberías y conexiones de PVC vende sus productos a distribuidores y ferreterías que facilitan a los consumidores proveerse de materiales para la construcción de obras o proyectos, debido a que la empresa ha tenido un importante crecimiento en la demanda para los productos del

grupo 2, se ha presentado un problema que ha afectado al normal desarrollo del programa de producción entre el cual se resalta el siguiente: los cambios de moldes por cambios de producto. Este problema es el que ha tenido que enfrentar la empresa Mexichem, y han conllevado a la baja productividad en la fabricación de tuberías por las continuas demoras que se dan en el desmontaje y que afecta a la producción, ya que al contar con una máquina esta debe ser parada, lo que a su vez reduce la eficiencia productiva con la debería trabajar dicho proceso.

1.2.1.1 Identificación de las variables del problema.

Variables independientes.

- Demora en los tiempos por desmontaje y montaje de molde.
- Incremento de los paros por Setup.

Variables Dependientes.

- Retrasos en el cumplimiento del programa de producción.

1.2.2 Formulación del problema de investigación

Diagnosticar las diversas causas que inciden en el grupo, y que influyen en los retrasos del programa de producción, así como las diversas demoras por montajes y desmontajes de moldes en la máquina que impiden la eficiencia de la producción.

1.2.3 Sistematización del problema de investigación.

¿Con que herramientas para realizar los análisis e identificación de problemas nos guiaremos para diagnosticar y evaluar los distintos paros que existen al momento de cambiar de producto?

¿A través de que herramientas especializadas en la mejora continua nos basaremos para obtener el soporte necesario para definir un mejoramiento productivo en el proceso de producción de tubería que nos ayude a incrementar la productividad?

1.3 Justificación de la investigación

Mexichem Ecuador S.A. ha generado un futuro de crecimiento económico sobre las demandas de fuentes de empleo que existen desde la actualidad, así como su gran apoyo en el mercado aportando al desarrollo del país con nuevas y novedosas innovaciones que también son muy amigables con respeto y el cuidado al medio ambiente, sino también aporta sobre la parte esencial que son la fuente de ingresos y desarrollo para la compañía sus colaboradores calificados con mucha experiencia y mucho conocimiento sobre los procesos de extrusión. La competencia siempre ha sido un punto muy importante dentro de las industrias locales e internacionales, estas siempre están queriendo innovar sus productos, optimizando al mínimo sus recursos usando herramientas definidas para el mejoramiento

productivo también adquiriendo mejores tecnologías que ayudan a mejorar la eficiencia y la eficacia con la que se fabrica un producto aumentando así sus volúmenes de producción al máximo, mejorando la calidad con la que se fabrica su producto y disminuyendo los costos de transformación del producto.

Esta propuesta determinara las causas que afectan los niveles de productividad dentro del grupo usando herramientas necesarias para conseguir la mejora continua y aplicando a su vez metodologías que nos brindaran un diagnóstico de la situación actual que nos ayudaran a identificar los problemas que afectan al proceso productivo. Esto a su vez también nos ayudara a mejorar la eficiencia de la máquina dentro del proceso y nos brindara las directrices necesarias para replicar estas mejoras en otros grupos.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general.

Proponer una mejora productiva en el grupo para las tuberías de presión de color gris en la empresa Mexichem Ecuador S.A.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Identificar las causas que afectan a la productividad del grupo.
- Diagnosticar y evaluar los resultados de paros Setup obtenidos.
- Ponderar las demoras por cambio de moldes.
- Proponer una mejora productiva para el grupo 2.

1.5 Marco de referencia de la investigación.

1.5.1 Marco teórico.

La Productividad en las Empresas.

El concepto de productividad es el resultado de una actividad productiva que se define de acuerdo a la relación que tiene entre la cantidad de los bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos que se utilizaron. Según Krajewski (2017) afirma. “En si la productividad es una medida del desempeño de las industrias para evaluar el uso eficiente de sus recursos” (pág. 13). También se puede definir como la productividad en las empresas como la relación que existe entre los bienes producidos (Inputs) donde intervienen los recursos como son la mano de obra, materiales, maquinaria y a través del uso eficiente de estos recursos luego de pasar por el proceso de transformación (outputs) y obtener el producto en un bien o servicio final (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

Según Kazukiyo afirma. (1991). “La productividad es una expresión de la fuerza productiva y da cuenta del momento cualitativo del proceso de producción” (pág. 18). La fuerza productiva expresa la capacidad de producción, y la productividad expresa la calidad.

Las organizaciones de Japón se tuvieron que plantear nuevas estrategias la cuales apuntaban en la búsqueda de la productividad basando en conceptos de calidad y el uso efectivo de las herramientas y métodos estadísticas para tomar decisiones dentro del proceso con mayor eficacia.

Importancia de la Productividad.

La importancia de la productividad es la parte vital de la empresa y es una estrategia realizada por la organización desde su punto de vista empresarial para alcanzar grandes niveles de producción y plantear un futuro de ganancias y crecimiento para la compañía posicionándose en el mercado con su esfuerzo y trabajo.

Los objetivos que tienen las organizaciones es buscar un sector empresarial que sea muy competitivo por medio de la productividad y sus demás recursos para que se pueda maximizar la producción o servicio, optando por una mezcla apta entre el uso de las máquinas y sus empleados. Además, es una buena posibilidad de aumentar la calidad de vida del país y lograr hacer más rentable todo el capital que se ha invertido, ya que esta la afectaría en cierta parte por el incremento de los salarios de sus empleados (Redactores & Profesionales, 2019).

Factores que influyen en la Productividad.

- Los factores que intervienen en el desarrollo de una empresa son los que a su vez afectan de forma positiva o negativamente lo siguiente:
- Los insumos de entrada como materiales, salarios, electricidad, etc. Que son muy necesarios para obtener la producción.
- El volumen de Producción las cantidades de productos producidos que se deben vender a un precio determinado con el fin de generar ventas específicas y lograr objetivos de ingresos.

Los factores que afectan a la Productividad se dividen en internos y externos:

Los factores internos son aquellos que son controlados por el propietario o dueño de la empresa. Estos pueden incluir problemas dados en la calidad del producto o servicio, equipos en mal funcionamiento, materias primas con problemas en sus componentes químicos, problemas con la mercadería, etc.

Los factores externos son aquellos que están fuera del control de la empresa como la situación del mercado, tarifa de impuestos, el clima. No se puede controlar estos factores siempre y cuando el propietario siga trabajando de forma normal, ya que si tienen un aspecto negativo el mismo puede optar por cambiarse de ubicación del negocio o naturaleza (Tue, Mehtha, & Mutio, 2016).

Según Kaoru Ishikawa (1988). “El 99% por ciento de los problemas de una compañía se pueden resolver utilizando las siete herramientas del control de calidad”.

Según E.W. Deming (1989). “Establece que es el grado predecible de uniformidad y fiabilidad a un bajo costo y que se ajuste a las necesidades del mercado. La calidad no es otra cosa más que una serie de cuestionamiento hacia una mejora continua”.

Las 7 Herramientas básicas de calidad para la mejora continua.

Un ingeniero químico industrial conocido como Kaoru Ishikawa con conocimientos en administración de empresas y experto en controles de calidad demostró la importancia y el concepto de la calidad en cuanto a la motivación del trabajo y el mejoramiento para el crecimiento de los niveles productivos indicando que se pueden resolver el 95% de los problemas tanto de calidad como productivos utilizando 7 herramientas básicas.

Diagramas de Pareto.

Conocido también como curva cerrada o de distribución A-B-C, es utilizada para organizar datos a través de una gráfica de barras de forma que estos queden de orden descendente de mayor a menor de izquierda a derecha y separados (Aprendiendo Calidad, 2017).

Este tipo de diagrama tiene con principio determinar un orden de prioridades para la toma de decisiones con la que trabaja la organización y así poder conocer como evaluar y resolver las fallas o evitarlas.

Se debe tener en cuenta que la distribución de los efectos al determinar cómo sus posibles causas no es un proceso lineal, sino que el 20% de las causas totales serán originados en el 80% de los efectos y rebotes internos del pronóstico.

- Este tipo de diagrama permite asignar un orden por prioridades.
- Permite graficar aplicando el principio de Pareto y mostrar que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos importantes mediante la gráfica se pueden ver los problemas que son vitales a la izquierda y los triviales a la derecha.
- Se pueden estudiar las fallas dentro de las industrias con mayor facilidad.

Hoja de verificación o de chequeo.

También llamada hoja de control o de chequeo es un formato de tabla que tiene como objetivo compilar y registrar datos de una forma sencilla y sistemática, ya que es un formato que fue diseñado para recabar datos de una forma sencilla de tal forma que sea fácil analizarla y detectar los principales factores que influyen en un problema en específico (Daniel Penfield, s.f.).

- Esto nos ayuda a proporcionar datos confiables y que son muy fáciles de comprender.

- Se obtiene los datos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser utilizado y aplicado a cualquier área de la organización.
- Reflejan rápidamente las tendencias y los patrones de los datos obtenidos.

Histogramas.

Es que representa la distribución de las frecuencias que existe en un conjunto de datos. Es una de las 7 herramientas básicas en la calidad por medio de un gráfico de barras verticales que es muy útil cuando se tiene un amplio número de datos que se pueden organizar, y se desea analizarlos detalladamente y tomar decisiones sobre los mismos, ya que es muy eficaz para compartir información muy precisa e intangible (Aiteco Consultores, 2018).

- Proporciona un excelente punto de inicio para formular una hipótesis.
- Nos ayuda a manejar un amplio número de datos que se tienen que organizar y analizar para tomar decisiones.
- Nos ayuda a realizar la transmisión de información muy precisa a otras personas eficazmente.
- Nos permite a comparar resultados de un proceso específico y ayuda a determinar los requisitos en cuanto a la satisfacción del cliente.

Diagrama de Causa-Efecto.

El diagrama Ishikawa trata de una herramienta que sirve para identificar las posibles causas de un problema específico y para analizar los problemas relacionan entre un problema todas las posibles causas, también es una herramienta que nos ayuda a identificar las principales causas (Progressa LEAN, s.f.).

Diagrama de Dispersión.

Es una herramienta grafica estadística que se utiliza para conocer la correlación que existe entre dos clases de datos o parámetros de un problema (José Domenech, s.f.).

Flujogramas.

Según el autor, Guillermo Gómez (1997) afirma. “El Flujograma es un diagrama que expresa de forma gráfica las distintas operaciones que componen un procedimiento de forma secuencial cronológica”.

Cuadros de Control.

En estadística es una herramienta que sirve para detectar la variabilidad, control y consistencia y mejora de un proceso. Es una forma de observar y detectar el comportamiento del proceso para su respectivo control en las áreas que son vitales ya nos muestra datos de una forma estática.

1.5.2 Marco legal.

1.5.3 Norma Técnica Ecuatoriana Inen 1374:2009 Tubería plástica. Tubería de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad.

A continuación, en la tabla # 1, se adjunta la norma que estandariza la calidad del producto y que son regulados por el Servicio Ecuatoriano De Normalización (INEN), esta se asegura de que se cumplan con todos los parámetros de la calidad.

Tabla 1. Norma Técnica Ecuatoriana INEN para la fabricación de tuberías a presión.

Norma	Referencia
NTE INEN 1374:2009	Tubería plástica. Tubería de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad.

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

1.5.3 Marco conceptual.

1.5.3.1 Metodología SMED (Single Minute Exchange of Die).

Las técnicas SMED son un enfoque de mejora continua de los procesos y como tal requiere un método y constancia sobre su propósito. Originalmente las siglas SMED (Single Minute Exchange Of Die) significa que el número de minutos de tiempo de preparación de cambios tiene una sola cifra, o sea, es inferior a 10 minutos (Ingeniería de Calidad, 2018).

1.5.3.2 El Sistema SMED.

El SMED (Single Minute Exchange of Dies) se centra en obtener reducciones de tiempo con un costo moderado en relación a los resultados que genera, es por esta razón no se considera el diseño o rediseño de los equipos de un modo concreto, sino la mejor utilización de recursos empleados para tal fin (Estrada, Mussen, & Manyoma).

Este sistema fue diseñado por el ingeniero japonés Shigeo Shingo (1909 -1990) ya que encontró con esta problemática en los años 50 y fue capaz de diseñar una solución que llevo un paso más a la ingeniería a la revolución. Shigeo Shingo es considerado como uno de los padres del TPS (Toyota Production System) junto a Taichi Ohno, aunque a este último se lo considera como el creador de los conceptos y de las ideas que sustentan y apoyan el modelo de producción de Toyota, a Shigeo Shingo se le atribuye la capacidad de hacer factibles los planteamientos de Ohno, convirtiéndolos en técnicas y herramientas concretas. Shingo es conocido por la técnica SMED que fue desarrollado por él, pero también por ser una eminencia en el mundo de la calidad. Sentó las bases del ZQC (Zero Quality Control) que

propugna la eliminación de la no calidad en el origen y lo relacionado con ello, inventó la utilización de los Poka - Yokes, que son mecanismos que hacen imposible la generación de errores en los procesos productivos (Francisco Espín Carbonell, 2014).

El sistema SMED tuvo su origen por la gran necesidad de lograr la producción JIT (Just In Time), fue desarrollado para acortar los tiempos en la preparación de máquinas, pretendiendo hacer lotes de menor tamaño. (Esto significa que pueden satisfacer las necesidades de los clientes con productos de alta calidad y bajo costo, con rápidas entregas sin los costos de stocks excesivos) el sistema fue una de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación (Mauricio Lefcovich, 2018).

1.5.3.3 Objetivo de la metodología SMED.

Se utiliza para reducir los tiempos de inactividad en el que se encuentran los equipos cuando se aplicando un cambia en la serie o lote de producción. Este se define como “tiempo de inactividad” que se dan por cambio del herramental, en el periodo transcurrido, en el momento en que se detiene la producción por el cambio de lote, hasta que se está fabricando la primera unidad y se hace el cambio para el siguiente producto en condiciones específicas de calidad y productividad (Jesica Müller, 2018).

Las técnicas SMED para cambio rápido de herramienta, tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio (Setup).

Este tiempo de cambio se lo define como el tiempo o ciclo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas. El logro de un menor tiempo de cambio y el correspondiente aumento de la moral permiten a los operarios afrontar retos similares en otros campos de la planta, lo cual constituye una importante ventaja de carácter secundario del SMED (Ingeniería de Calidad, 2018).

1.5.3.4 Implementación del SMED

Según indica Carlos Flández (2016). “En todo proceso de cambio de herramientas existen ciertos factores cuya influencia es decisiva en la efectividad que se realiza dicha tarea”.

Conocidos los factores influyentes, debemos saber que las operaciones de un proceso de cambio de herramientas pueden ser clasificadas en:

Operaciones internas: Son todas aquellas actividades que configuran el cambio de herramientas y que se tienen que realizar con las máquinas paradas.

Operaciones externas: Son todas aquellas actividades del cambio de herramientas que se pueden realizar antes de realizar la parada de una máquina o equipo, o bien después de la parada de las máquinas.

1.6 Aspectos metodológicos de la investigación

1.6.1 Tipo de estudio.

El objetivo de esta propuesta como cualquier ciencia investigativa es adquirir los conocimientos y la elección del método adecuado que nos permita conocer la realidad del problema por tanto es muy fundamental ya que los problemas surgen al aceptar ciertos conocimientos erróneos sin haber utilizado una metodología.

Los métodos inductivos y deductivos tienen objetivos diferentes y podrían ser resumidos como desarrollo de la teoría y análisis de la teoría respectivamente. Los métodos inductivos están generalmente asociados con la investigación cualitativa mientras que el método deductivo está asociado frecuentemente con la investigación cuantitativa.

Por lo que el desarrollo de la presente propuesta para la obtención del conocimiento se basará en metodologías cuantitativas y cualitativas que nos brindaran el criterio técnico como científico en la investigación alineada con el uso de las herramientas definidas en aplicación a la ingeniería.

1.6.1.1 Investigación Cuantitativa.

Es aquella que está basada en el uso de técnicas estadísticas para conocer ciertos aspectos de intereses sobre la población que se está estudiando. Se utiliza en muchos ámbitos desde estudios de opinión hasta diagnósticos para establecer políticas de desarrollo, ya que estudia cierto número de sujetos de la población (muestra) y nos podremos hacer una idea de cómo es la población en su conjunto. Concretamente determina conocer la distribución de ciertas variables de interés en una población (Hueso & Cascant).

1.6.1.2 Investigación Cualitativa.

La investigación cualitativa evita la cuantificación. Los investigadores cualitativos hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas (Fernández & Díaz, 2017).

1.6.2 Método de Investigación

1.6.2.1 Tipo de Estudio Descriptivo.

El objetivo de la investigación descriptiva será proporcionarnos el conocimiento necesario para conocer la situación actual del problema que incide en la empresa, a través de los registros de información obtenidos y el uso derivado de las herramientas estadísticas que nos ayudaran a identificar las relaciones que existen entre una o más variables predominantes y que influyen directamente en el proceso para poder analizar la información y se evaluara los resultados a fin de extraer generalidades significativas que nos ayuden a contribuir al conocimiento.

1.6.2.2 Tipo de Estudio Analítico.

Por medio de este método de investigación Analítico nos apoyaremos con el objetivo de obtener y recopilar la información en los registros que han sido documentados en la empresa para así poder identificar las variables del problema mediante modelos estadísticos para realizar el correspondiente análisis de la información de las variables obtenida y realizar las tomas de decisiones adecuadas.

1.6.4 Fuentes y técnicas para la recolección de información.

Para el correspondiente levantamiento de la información en la presente propuesta nos basaremos de las fuentes primarias y secundarias como también de las técnicas cualitativas y cuantitativas recomendadas para el uso avanzado en aplicación a la ingeniería de los procesos según sean las convenientes también nos apoyaremos de las herramientas y modelos estadísticos.

Estas nos ayudarán a identificar y diagnosticar las diversas causa o raíces del problema estas serán a su vez la recolección de datos, lluvias de ideas, diagramas de Pareto, diagramas de causa efecto, diagramas de flujo y de proceso, árbol de problemas, matriz FODA, entrevistas, indicadores de gestión, gráficos de comportamiento y de control, benchmarking de otras plantas y se usarán las más adecuadas acorde a nuestra investigación.

1.6.4.1 Fuentes Primarias.

Las fuentes primarias nos proporcionaran aquella información que esta de primera mano y nos ayudaran a tener ese recurso informativo ya que estas han sido publicadas, resumidas por autores o interpretadas por algún individuo (University B. G., 2017).

1.6.4.2 Fuentes Secundarias.

Las fuentes secundarias nos ayudaran con el objetivo de recopilar, resumir y reorganizar la información contenida en las fuentes primarias.

Ya que fueron creadas para facilitar el proceso de consulta, agilizando el acceso un mayor número de fuentes de investigación en un menor tiempo (Replinger, 2017).

1.7 Población

El muestreo de una población que se realiza en las empresas es un proceso que consiste en tomar un subgrupo de sujetos que sea representativo del total de la población. La muestra debe tener un tamaño suficiente, ya que de esta forma se puede garantizar un análisis estadístico efectivo.

En la siguiente propuesta para la obtención de la muestra poblacional se utilizarán los registros del periodo 2018 que corresponden al número de paradas reportadas por cambios de moldes.

1.7.1 Muestra poblacional.

- N = 288 - Reportes por cambios de molde en 1 año (2018).
- d = 0.05 - Margen de error.
- Z = 1.95 - Valor crítico.
- p = 5% - Probabilidad de éxito.
- q = 95% - Probabilidad de fracaso.
- n= x - Muestra poblacional

Formula:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Aplicación de fórmula:

$$n = \frac{(288) \times (1.96)^2 \times (0.05) \times (0.95)}{(0.05)^2 \times (288 - 1) + (1.96)^2 \times (0.05) \times (0.95)}$$

60 reportes en el periodo 2018 x 3 turnos = 180 reportes

1.8 Tipo de muestreo.

Formula:

$$K = \frac{N \text{ (\# de elementos de la población)}}{n \text{ (tamaño de la muestra)}}$$

Aplicación de fórmula:

$$K = \frac{288 \text{ reportes en el año}}{60 \text{ reportes (tamaño de muestra)}}$$

K= 5 reportes registrados al mes a tomar para el respectivo análisis.

Para nuestro respectivo análisis nos basaremos en el **Muestreo Sistemático** en cada mes se tomarán las muestras indicadas y se irá recaudando los reportes del periodo 2018.

1.9 Tratamiento de la información.

Se realizarán los respectivos análisis de ingeniería basándonos en la identificación y evaluación de los volúmenes producidos y horas invertidas por cambio de herramientas que han sido registrados de igual forma.

Se revisará los rendimientos que ha alcanzado la máquina, como también las pérdidas de la productividad y el diagnóstico de costos de transformación del producto relacionados a los cumplimientos del programa ejecutados durante su jornada productiva. También se revisará y analizará el cumplimiento de la producción basado en la demanda y se revisarán los indicadores de paros por Setup, que se han reportado durante todo el año 2018.

1.10 Datos de la empresa.

1.10.1 La Empresa

Mexichem Ecuador S.A fabricante de la marca Plastigama es una industria petroquímica dedicada a la fabricación de tuberías y accesorios de tanto de PVC (Policloruro de Vinilo) como PP (Polipropileno), que esta dirigidos a los sectores de la construcción, hogares, agricultura.

1.10.2 Ubicación de la empresa.

En la actualidad la planta de Operaciones de la empresa Mexichem Ecuador S.A. se encuentran localizada en la Provincia de las Guayas del Cantón duran y en la parroquia Eloy Alfaro (Durán) del km 4.5 Vía Duran Tambo Solar 10a y Vía Yaguachi.

Ubicada en la Provincia Pichincha del Cantón Quito perteneciente a la parroquia Cumbayá Av. Siena # 2-14 Intersección Miguel Ángel referencia a cinco cuadras de la Scala Shopping Edificio Matter Piso 3.

1.10.3 Productos de la empresa.

La empresa ofrece una gama de productos que se ajustan según a las necesidades de los consumidores los cuales se los detalla según la división y proceso de fabricación:

1.10.3.1 División Agrícola.

Esta división está encargada de suministrar una variedad de productos para los sectores agrícolas que son las actividades que su explotación es directamente de los recursos naturales del suelo, del subsuelo o del mar.

Estas actividades pertenecen al sector primario y están compuestas por la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

Productos para conducciones y redes presurizadas de agua potable con juntas por sellado elastomérico. Adaptador Espiga Corto U/Z desde 50 mm hasta 400 mm, Tubería de Presión PVC U/Z desde 50 mm a 630 mm. Presión nominal desde 0,80MPa(116psi) hasta 1.25MPa(181psi), Adaptador Espiga Largo U/Z desde 63 mm hasta 400 mm (Anexo 1).

1.10.3.2 División Predial.

División encargada de ofrecer una gama de productos a los consumidores para la construcción de viviendas y edificaciones.

Los productos fabricados son tanques de polietileno de 500 litros. Tanques rectangulares desde 250 hasta 2000 litros. Tanques cónicos desde 250 hasta 2000 litros. Tanque cilíndrico horizontal / titán desde 1200 litros hasta 4000 litros. Tanque cilíndrico vertical de 55 galones. Tanque cilíndrico horizontal desde 500 a 1300 litros. Tanques para grandes volúmenes de almacenamiento tipo botella.

1.10.3.3 División Infraestructura.

División procuradora de brindar un catálogo de productos para proyectos de construcciones grandes. Los productos fabricados son tubo Novaloc desde 1035 mm hasta 1900 mm. Accesorios Novaloc unión reparación PVC. Tubo Novafort desde 125mm hasta 975mm. Tubo Novafort perforado desde 110 mm, 160 mm, 200 mm. Separadores viales separador tipo tanque de 1 m de altura, con cinta reflectiva. Parantes alturas del poste de 1.40m, con cinta reflectiva. Caja cera.

1.10.4 Organigrama de la Empresa.

La estructura organizacional de Gerencia General de la empresa Mexichem Ecuador S.A, se define a las personas encargadas de realizar el crecimiento y gestión del negocio (Anexo °2).

Capítulo II

Análisis, presentación de resultados y diagnóstico

2.1 Presentación y descripción de la empresa.

Mexichem Ecuador S.A, fabricante de la multinacional marca Plastigama en Ecuador es una empresa líder en la industria de la química y petroquímica de la categoría de tuberías y conexiones plásticas para la conducción de fluidos. Cuenta con más de 60 años de trayectoria con una alta gama de productos para el transporte de agua potable y alcantarillado, logrando mejorar calidad de vida de millones de ecuatorianos.

En la actualidad la empresa cuenta con un área total de 60,000 m² y labora en 3 turnos por día también cuenta con un total de 522 colaboradores que trabajan para la compañía entre ellos el personal administrativo (Gerentes, Jefaturas, Supervisores, Técnicos) como también el personal operativo (Mecánicos, Operadores) que con su experiencia y profesionalismo aportan al desarrollo de la empresa y también al desarrollo económico y social del país, a través de sus ideas convertidas en productos que son utilizados en sectores como la construcción, redes de agua potable y saneamiento.

En su portafolio se encuentran también soluciones plásticas para viviendas residenciales, hoteles, aeropuertos, urbanizaciones y ciudades. Mexichem Ecuador S.A. trabaja de alineado a sus objetivos, siendo una empresa que mira el futuro, generando valor social, ambiental y económico para crear un desarrollo sostenible.

Sus operaciones están conformadas por tres grupos de negocios; Vinyl, Fluent y Fluor. El grupo de negocios Fluent maneja cuatro categorías de productos que son Predial e Infraestructura, Irrigación, Datacom y Geosintéticos siendo las marcas comerciales para Plastigama en Ecuador y en otros países Pavco, Netafim, Duraline. La empresa cuenta con 60 años de experiencia en Latinoamérica y más de 35 años en la bolsa Mexicana de Valores.

Mexichem opera en más de 40 países y exporta a más de 100 países alrededor de los continentes. En el 2017 su facturación fue de US \$5.8 billones, mientras que el EBITDA redondeó los US \$1.1 billones.

Mexichem genera empleo sostenible a más de 22,000 colaboradores directos en todas sus operaciones y millones de indirectos a nivel mundial. Nuestra empresa es la fabricante más grande de tuberías de PVC en Latinoamérica, donde participamos activamente en el desarrollo económico y social de los países donde nos encontramos presentes, a través de nuestros productos utilizados en sectores como construcción, predial para el abastecimiento y transporte de redes de agua potable y saneamiento, como también ideas para proyectos grandes como en obras para construcción de viviendas.

2.1.2 Datos generales de la empresa.

2.1.2.1 Razón Social de la empresa.

La razón social de la empresa mencionada está registrada como: “MEXICHEM ECUADOR S.A.”.

2.1.2.2 Actividad económica y número de RUC de la empresa.

Mexichem Ecuador S.A, es una industria química y petroquímica que se ha dedicado a los sectores de la construcción, predial y agricultura por medio de la fabricación de tuberías y una variada gama de conexiones plásticas para la conducción de fluidos como agua y alcantarillado, según como lo considera el Servicio de Rentas Internas (SRI), tiene clasificada a esta empresa con la actividad económica detallada y con su pertinente número de RUC.

Tabla 2. Datos de la empresa por medio del Servicio de Rentas Internas SRI.

SERVICIO DE RENTAS INTERNAS – SRI	
Razón social:	MEXICHEM ECUADOR S.A.
Número RUC:	0990003769001
Actividad Económica:	Actividades de fabricación de artículos de plástico para obras de construcción. Venta al por mayor y menor de productos de plásticos y otros materiales.
Código de Activ. Econ:	C201311
Tipo de Contribuyente:	Sociedades

Información tomada del Servicio de Rentas Internas SRI., Elaborado por el autor.

2.1.2.3 Empresa: Código Internacional Industrial Uniforme (CIIU) del Ecuador.

Según lo indicado en la tabla 3, el Código Internacional Industrial Uniforme (CIIU), clasifica a la empresa Mexichem Ecuador S.A., de acuerdo a su actividad industrial:

Tabla 3. Descripción del Código Internacional Industrial Uniforme de la empresa.

CÓDIGO INTERNACIONAL INDUSTRIAL UNIFORME (CIIU) DEL ECUADOR	
Clasificación:	Clasificación nacional de actividades económicas (CIIU REV. 4.0).
Código:	C201311
Nombre:	C2013 - Fabricación de plásticos y cauchos sintéticos en formas primarias.
Descripción:	Fabricación de artículos de plástico para obras de construcción.

Información tomada del Instituto Nacional De Estadística y Censos (INEC), Elaborado por el autor.

2.1.2.4 Ubicación Geográfica de la empresa.

Dirección de las Oficinas Comerciales y Planta de Producción en Durán.

En la actualidad la planta de producción y las oficinas comerciales de la empresa Mexichem Ecuador S.A., se encuentran localizadas en la Provincia de las Guayas del Cantón Durán de la parroquia Eloy Alfaro en el Km. 4.5 Vía Duran Tambo Solar 10a y Vía Yaguachi. Las oficinas comerciales están divididas por Zona Norte y Sur donde se comercializan y se distribuyen los productos en todo el Ecuador. A continuación, se mencionan las Provincias que están cubiertas comercialmente por las oficinas de Durán para la Región Costa y Galápagos. Las Provincias Comerciales Región Costa son Guayas, Manabí, Los Ríos, Santa Elena, El Oro, Galápagos.

Dirección de las Oficinas Comerciales en Quito.

Ubicada en la Provincia de Pichincha del Cantón Quito, perteneciente a la parroquia Cumbayá Av. Siena # 2-14 Intersección Miguel Ángel referencia a cinco cuadras de la Scala Shopping Edificio Matter Piso 3.

A continuación, se mencionan las Provincias que están cubiertas comercialmente por las Oficinas de Quito para la Región Sierra, Oriente y Amazonia. Las Provincias Comerciales Región Sierra, Oriente y Amazonia son: Carchi, Imbabura, Santo Domingo, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja, Esmeraldas, Orellana, Pastaza, Napo, Sucumbíos, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.



Figura 1. Perspectiva frontal de las oficinas comerciales de la región Costa (Izquierda) y Sierra (Derecha). Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.1.2.5 Organigrama de la empresa.

La empresa cuenta con una amplia estructura jerárquica de líderes dentro de su organización que son la parte vital y fundamental para el desarrollo y crecimiento del negocio en la compañía por lo que su estructura organizacional está clasificada de la siguiente forma:

Gerente General: El Gerente General está encargado de coordinar todas las actividades internas de una empresa y en parte dentro de la organización además su labor es supervisar

el desempeño de los colaboradores de cada planta bajo su cargo, también ejecutan los controles en los presupuestos, establecen las metas o los objetivos generales, además se aseguran de que todas estas actividades que pertenecen al crecimiento del negocio se realicen de manera organizada, eficiente y que los resultados sean verídicos.

Gerente de País: Es la persona encargada de gestionar la sinergia de las áreas a su cargo entre sus responsabilidades encomendadas por el Director Regional, también vela por el cumplimiento de los presupuestos u objetivos de venta de la empresa asegurando que el plan de mercadeo este alineado al cumplimiento de los objetivos y velar para que los clientes reciban la asesoría técnica necesaria acerca de sus productos, también brinda su apoyo al Gerente General.

Gerente Finanzas: Es la persona encargada de planificar y asegurar el uso adecuado e integridad de los recursos de la empresa manteniendo los controles internos eficientemente, además de coordinar y supervisar la elaboración de la planificación financiera que incluye el plan estratégico y el presupuesto anual junto al plan de inversiones y los respectivos flujos de caja. También ofrece apoyo a la alta dirección sobre los diversos cambios en el entorno que puedan impactar los resultados de la empresa y proporcionar información financiera contable oportuna y de calidad asegurando la fluidez de los procesos integrados.

Gerente de Recursos Humanos: El Gerente de Gestión Humana reporta al Gerente de País y Matricialmente al Director de Recursos Humanos Área Andina y está encargado de definir el plan estratégico y de trabajo del área de Gestión Humana, a su vez también de implantar y mantener las políticas del área Gestión Humana, coordina con Gerentes de Área el adecuado desarrollo de las competencias requeridas por el personal y la organización, coordina con Gerencia la planificación de la sucesión en la organización, lidera la administración del cambio y la cultura organizacional y liderar la Gestión de Clima Organizacional.

Gerente de Logística: El Gerente de Logística reporta al Gerente de País y se encarga de definir e implementar estrategias que le permitan asegurar los diferentes procesos logísticos además Supervisa el proceso S&OP se lleve adecuadamente, garantiza niveles de inventarios dentro de los parámetros establecidos por la empresa tanto de materia prima, producto fabricado, reventa e insumos y asegura un costo logístico eficiente (costo de planear, comprar, costo de mantener el inventario, costo de distribución y transporte), busca fuentes de suministros, y alternativas de productos reventa y materias primas y garantiza el abastecimiento/ compra oportuna de materias primas, insumos y productos de reventa y el proceso de planificación de la producción.

Gerente de Desarrollo: El Gerente de Desarrollo de Negocios reporta al Gerente de País y está encargado de mantener actualizada minuta de seguimiento con la Gerencia de País también de dar seguimiento a los procesos de mejora de los productos existentes y justificar inversiones en nuevos productos desde el punto de vista comercial y trabajar conjuntamente con el área de Producción y Dpto. Técnico, analizar documentos técnicos y elaborar especificaciones y normas de productos y aplicación de nuevos productos.

Gerente de Producción: El Gerente de Producción reporta al Gerente País y es la persona encargada de controlar los costos de producción que estén dentro del presupuesto establecido, además también está encargado de innovar y desarrollar nuevos productos que el mercado requiera, supervisa los sistemas de mantenimiento de la planta para mantener el estado de los equipos en perfecto estado y operativos. También Implementan y desarrollan planes de capacitación que contribuyan al mejoramiento de los conocimientos técnicos del personal del área de producción, supervisan el cumplimiento de los volúmenes de producción establecidos en función a su rentabilidad.

Analista de Costos de Producción: El Analista de Costos reporta directamente al Gerente de Producción y sus funciones son de realizar revisiones de los ingresos, gastos y costos y planificar el direccionamiento de los centros de costos también realiza elaboración de análisis económicos financieros de rentabilidad, costeo, presupuestos por unidad de negocios.

Asistente Técnico Gerencia de Producción: El asistente de Gerencia de Producción reporta directamente al Gerente de Producción y sus funciones son de realizar reportes y análisis estadísticos del cumplimiento de los presupuestos de la planta además de llevar control de seguimiento en cuanto a productividad, producción.

Sub Gerente de Producción: El sub Gerente reporta directamente al Gerente de Producción e indirectamente al Gerente País y responsable del funcionamiento del área productiva de la empresa y sobre el cumplimiento de los objetivos y políticas establecidas por los directores y/o el equipo gerencial también debe responder en tiempo y calidad a los requerimientos de los clientes. Manteniendo el liderazgo en el proceso de planificación y administrar los indicadores de productividad, proponiendo acciones de mejora a estos. Así mismo, elabora reportes e informes de producción necesarios para una buena gestión de su área.

Superintendente de Calidad: El superintendente de Calidad reporta directamente al Sub Gerente de Producción e indirectamente al Gerente de Producción sus funciones son de planificar, dirigir, organizar y controlar las actividades del departamento de Calidad y

propender a los más altos niveles de calidad en la elaboración de cada uno de los productos de la empresa, también de garantizar el mantenimiento de las diferentes normas de calidad nacionales o internacionales adoptadas y otras internas o exigidas a nivel Corporativo y participar como miembro en los Comités Técnicos Nacionales de Normalización de Tubos y accesorios plásticos u otros relacionados con la actividad o intereses de la empresa.

Superintendente de Seguridad y Salud Ocupacional: El Superintendente de Seguridad y Salud Ocupacional reporta directamente al Sub Gerente de Producción e indirectamente al Gerente de Producción y está encargado de supervisar la implantación y funcionamiento del SIGCAS (Sistema integrado de Gestión Calidad Ambiente y Seguridad) que es referente a los temas de Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional.

También debe liderar el Proyecto de Implementación y Mantenimiento del Sistema ISRS y asegurar que se realicen inspecciones de seguridad y salud ocupacional en la empresa por parte del personal a su cargo y desarrollar un ambiente de salud y seguridad que contribuyen al desarrollo del trabajador.

Superintendente de Extrusión, Compuesto y Molinos: El Superintendente de Producción Extrusión, reporta directamente al Sub Gerente de Producción e indirectamente al Gerente de Producción y está encargado de Planificar, dirigir, organizar y controlar los procesos de producción.

Controlar la variación del proceso productivo, Optimizar la productividad y asegurar los volúmenes de producción en función de lo programado.

Superintendente de Mantenimiento Eléctrico y Mecánico: El Superintendente de Mantenimiento reporta directamente al Sub Gerente de Producción e indirectamente al Gerente de Producción y está encargado de evaluar los elementos de influencia de un proceso que incluyan materias primas, maquinarias, aplicar métodos de trabajo y otros cuando apliquen en coordinación con los Encargados de los mismos y administrar eficientemente el personal y material a su cargo.

Superintendente de Inyección, Accesorios y Rotomoldeo: El Superintendente de Inyección, Accesorios y Rotomoldeo reporta directamente al Sub Gerente de Producción e indirectamente al Gerente de Producción y está encargado de planificar, dirigir, organizar y controlar los procesos de producción y controlar la variación del proceso productivo, Optimizar la productividad.

Supervisores de Producción: Su responsabilidad como supervisor del proceso de producción es dar el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipos que se usan en planta también es responsable de todas las existencias de materia prima y todos los productos

que están en proceso también debe supervisar el cumplimiento del programa y controlar las personas operadores de máquina que cumplan con su proceso productivo.

Encargados de Producción: Su función es dar el correcto funcionamiento de máquina y equipos en cada turno y que el proceso de producción se lleve de acuerdo del programa también tienen autoridad para controlar personal que es responsable de operar las máquinas, inventarios, materia prima.

Programadores de Producción: Su función es coordinar las órdenes de las materias primas, los programas de producción y mide las necesidades de personal faltante ya que también se encarga de establecer la cantidad y el orden de cada artículo a fabricar a partir de los pedidos de los clientes dándole las prioridades necesarias a cada requerimiento.

Planificadores de Producción: Su función es buscar métodos para mejorar los procesos de producción, controlando los niveles actuales de producción y ofrecer un plan detallado para el trabajado en la planta ya que ellos garantizan que los productos sean producidos en tiempo y en el menor coste posible.

Asistente de Inventarios: El asistente de inventario está encargado de colaborar en la clasificación, codificación y rotulación de los materiales y equipos que ingresan al almacén.

Mecánicos y Eléctricos de Extrusión: Las principales funciones de los mecánicos de extrusión son diagnosticar, reparar y ajustar todos los elementos de las máquinas y equipos que están alienados al proceso ya que estos deben estar disponibles cuando se las requiera y en perfecto estado ya que estos deben cumplir con su proceso productivo de la jornada de trabajo. También deben cumplir con las prioridades de los mantenimientos preventivos y correctivos que se programan para alargar la vida útil de estos equipos.

Mecánicos de Moldes: Las funciones de los mecánicos de moldes es realizar las labores de montaje y desmontaje de los moldes utilizados cuando se realiza cambio de medida para cada máquina, ya que su tiempo está vinculado directamente con la productividad de la máquina en este proceso se deben ajustar y revisar todos los elementos de montaje y de los moldes que estén con sus acoples necesarios para evitar tener problemas durante el proceso de producción.

Operadores de Extrusión: Su función es velar por las condiciones de máquina y el proceso de producción durante el arranque del programa, que la máquina a operar esté preparada con todos los parámetros establecidos para comenzar la producción.

Operadores de Molinos: Su función es velar por los reprocesos de tuberías que tienen algún tipo de defecto y deben ser reprocesadas, ellos manejan los molinos que convierten el material en scrap para ser pulverizadas y luego almacenadas.

2.1.2.6 Cultura Corporativa de la empresa.

Mexichem Ecuador S.A. es una compañía que dedica su trabajo alineándose a sus normas, objetivos y a su cultura corporativa que están basados en su misión, visión y valores.

Misión.

La misión de la empresa Mexichem S.A. es innovar en las diversas soluciones para los sectores industriales a través de la transformación de químicos a productos y servicios como tuberías para conducción de fluidos, conexiones y una diversa gama de accesorios para hogares ya que están enfocados a través de excelencia operativa de acuerdo a las necesidades del mercado que generen un valor constante para nuestros clientes.

Visión.

Ser una compañía química y fabricante de tuberías líder en el mercado, respetada y admirada mundialmente generando resultados que contribuyan al progreso del país y mejorando la calidad de vida de las personas.

Valores.

La empresa se basa en sus valores partiendo de su visión y misión, los colaboradores de Mexichem comparten sus valores y ética profesional que son los pilares que los guían en sus labores diarias para el alcance de los objetivos del negocio:

- Liderazgo
- Compromiso
- Integridad
- Responsabilidad
- Resultados
- Seguridad

2.1.2.7 Políticas y compromiso empresarial.

En un amplio detalle la compañía está comprometida con la: **Política del Sistema Integrado de Gestión de la Calidad, Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional (SIGCAS).**

A continuación, se detalla los lineamientos de ética bajo los que trabaja la empresa:

- El cumplimiento de los objetivos y metas de la organización.
- Un entorno sano y seguro para nuestros colaboradores, contratistas y visitantes.
- La prevención de riesgos de Seguridad, Salud Ocupacional, Higiene Industrial, lesión personal y daños a la propiedad.
- La prevención de la contaminación del medio ambiente, minimizando los impactos a la comunidad vecina.

- El cumplimiento de la legislación aplicable vigente y la asignación de los recursos económicos necesarios para la gestión de Calidad, Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional.
- La Confiabilidad de los resultados obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

Compromiso Empresarial de Mexichem Ecuador S.A.

En la empresa se tiene pasión por los compromisos que es suministrarles a todos sus clientes en general bajo certificaciones y normas que definen la calidad de sus productos, generando nuevas ideas con soluciones eco eficientes de sistemas plásticos para el transporte y almacenamiento de fluidos y especialidades que están dentro del marco establecido por MEXICHEM ECUADOR S.A., siguiendo un proceso en el ámbito del mejoramiento continuo (Mexichem Ecuador S.A., s.f.).

En la compañía su compromiso con la calidad que es aplicada a cada uno de sus productos se ha convertido en un eje fundamental de desempeño y pasión ya que no hacen de un negocio la calidad sino sus fórmulas especiales hacen la diferencia.

2.2 Análisis de la situación actual de la empresa

2.2.1 Distribución de planta.

La distribución de planta Mexichem Ecuador S.A, está clasificada por galpones que están dentro del perímetro de la empresa, como son las bodegas para el almacenamiento de materia prima y aditivos y los respectivos productos terminados, edificios administrativos encargados de gestión de la planta como Producción, Recursos Humanos, Logística, Finanzas, Comercial. La planta de forma general tiene un área total de 60,000 m² y en el área del proceso de fabricación por Extrusión en el que se va trabajar ocupa un área de 6,600 m².

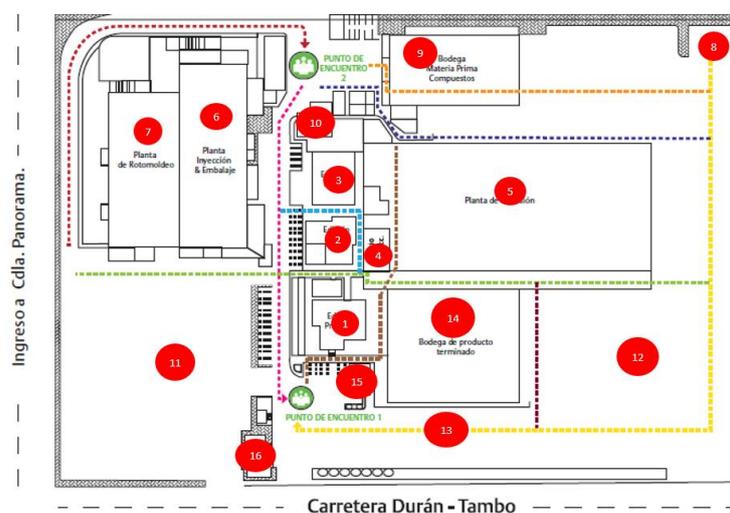


Figura 2. Distribución de la planta Mexichem Ecuador S.A., Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

- Planta de Extrusión, Taller de Mantenimiento Mecánico, Moldes, Eléctrico. (5)
- Proceso de Inyección y Embalaje. (6)
- Proceso de Rotomoldeo. (7)
- Envasado y Soldadura Liquida. (8).
- Bodega de Materia Prima de Compuestos y Silos. (9)
- Bodega de Producto Terminado. (14)
- Equipos Auxiliares. (10)
- Patio de Almacenamiento (11,12,13)
- Despacho. (15)
- Gerencia Comercial, Servicio al cliente, Crédito y Cobranza, Mercadeo, Asistencia Técnica. (1)
- Gerencia de Recursos Humanos, Trabajo Social. (2)
- Gerencia de Logística, Compras, Planificación. (2)
- Gerencia de Producción, Seguridad y Salud Ocupacional, Jefaturas de Procesos Extrusión e Inyección, Control de Calidad, Bodega de Repuestos. (4)
- Gerencia de Finanzas y Contraloría, Contabilidad, Tesorería, Sistemas de Información IT. (3)
- Seguridad. (16)

2.2.2 Recursos productivos.

En la compañía se conoce como recursos productivos a todos aquellos elementos que son muy necesarios y empleados en todas las actividades que están alineadas al proceso de fabricación de todos los productos, como son:

- La mano de obra que está a cargo o que interviene en el proceso de fabricación.
- La maquinaria que usada en el proceso de transformación y almacenamiento.
- El terreno ocupado para el almacenamiento del producto final.
- La materia prima que se usa para la alimentación de las máquinas.

Mano de obra

El número de trabajadores que actualmente tiene la compañía es de un total de 522 personas que se encuentran trabajando bajo el logo de la compañía Mexichem, esta cantidad de colaboradores que forman la parte administrativa de la empresa y los operativos que tienen un vínculo directo con los procesos están divididas en 117 personas de la parte de administración como son gerentes, mercadeo, comercial, servicio al cliente, compradores, planificadores, logística, recursos humanos, nomina, asistencia técnica, seguridad y salud y 405 personas que forman parte de un rol operativo en la planta como son supervisores,

inspectores de calidad, operadores de máquina, mecánicos y eléctricos, montacarguistas, despachadores, etc. La compañía actualmente labora 3 turnos de 8 horas solo rotando el personal operativo como operadores, mecánicos y supervisores de tubería.



Figura 3. Personal Administrativo y Operativo que labora en las instalaciones de la empresa. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 4. Número de personas que laboran en el área de Producción.

PRODUCCIÓN	Jef	Adm	Obr	Total
Gerencia (Ext)	1	0	0	1
Sub-Gerencia (Ext)	1	0	0	1
Operadores de Extrusión	5	5	117	127
Calidad	3	2	14	19
Seguridad y Ecoeficiencia	1	2	2	5
Molinos	0	0	6	6
Compuesto	2	0	18	20
Mant. Moldes Extrusión	0	0	10	10
Mant. Eléctricos Extrusión	2	0	13	15
Mant. Mecánicos Extrusión	3	2	14	19
Mant. Moldes Inyección	0	0	13	13
Mant. Electromecánico Inyección	1	0	5	6
Rotomoldeo	1	0	42	43
Operadores de Inyección	2	2	87	91
Sub-Total Producción	22	13	341	376

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.2.3 Maquinaria de Planta

En la compañía la maquinaria usada actualmente en sus procesos cumple un rol principal y muy importante ya que la vida útil de estos es la parte vital de la empresa ya con estas se puede optimizar y acelerar el proceso en cuanto a factores de tiempo, por lo que la maquinaria deriva del proceso a seguir como puede ser el proceso de extrusión, inyección o rotomoldeo. Cada máquina dentro de la compañía está compuesta de más equipos en orden lineal que han sido adaptados para convertirla en línea de producción dentro del proceso dependiendo de otros equipos para la completa fabricación de un producto en específico.

2.2.3.1 Maquinaria del Proceso de Fabricación por Extrusión.

Silos de Almacenamiento de compuesto (Materia Prima).

Los silos de almacenamiento de compuesto cumplen una parte muy importante dentro del proceso de producción ya que por medio de estos las maquinas son abastecidas de la materia prima necesaria.

Tabla 5. Capacidad de los Silos de almacenamiento para Materia Prima.

Cantidad	Descripción	Capacidad de almacenamiento (toneladas)
8	Silos para Materia prima (Compuesto)	40
4	Silos para Materia prima (Compuesto)	80

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

En estos silos se almacena la materia prima ya mezclado con sus respectivos aditivos esta materia prima es succionada por un sistema de llenado llevando a los silos ya la materia prima convertida en compuesto.



Figura 4. Silos para el almacenamiento para la materia prima y materiales aditivos. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Mezcladoras para el Proceso de Extrusión e Inyección.

En este proceso la resina de PVC es colocada en una tolva que direcciona el material a la mezcladora en esta parte oscilan temperaturas de entre 100°C a 120°C donde también se le añaden los aditivos para mejorar sus propiedades de resistencia.



Figura 5. Máquina mezcladora donde ingresa la materia prima junto a los materiales aditivos. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 6. Características de la maquina mezcladora de extrusión.

Tipo	Proceso	Rendimiento	Densidad del material mezclado
Maquina Mezcladora	Extrusión	6000 Kg/hora	0.64 gr/cm ³

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 7. Características de la maquina mezcladora de inyección.

Tipo	Proceso	Rendimiento	Densidad
Mezcladora	Inyección	4000 Kg/hora	0.60 gr/cm ³

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 8. Capacidad de almacenamiento de la mezcladora para inyección con su temperatura respectiva.

Tipo de temperatura	Temperatura	(Volumen) capacidad de almacenamiento
En Frio	50°C	3000 litros
En Caliente	115°C	1000 litros

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Máquina Extrusora

Es el equipo o máquina principal que recibe el material en polvo desde los silos de abastecimiento de materia prima, este material es fundido y a la vez transportado por el cabezal por medio de tornillos sin fin que empujan el material, en este transcurso la extrusora se encuentra en temperaturas altas de alrededor de 180°C y 200°C.

Características de la Extrusora Grupo 2

- Fabricante: ROLLEPAAL 700 Kg/Hora.
- Velocidad del tornillo: 24-71 RPM
- Carga del Motor: 69 (A) (%)
- Velocidad del Dosificador: 51-73 RPM
- Bomba de Vacío: -0.62 BAR
- Contrapresión: 111 BAR
- Temperatura del Material: 180-200 °C

Tabla 9. *Temperaturas promedio del túnel de la extrusora.*

Material (Compuesto usado)	Temperaturas Programadas del túnel
EXTRUSORAS DE PVC	Entre 175°C a 200°C
EXTRUSORAS DE PE	Entre 190°C a 220°C

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.



Figura 6. *Maquina extrusora. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.*

Cabezal o Molde

Es donde el material que ya ha sido fundido por la temperatura toma la forma del tubo, ya que el cabezal consta de diferentes partes que ayudan en este proceso.



Figura 7. *Cabezal o molde de la máquina extrusora que lleva el material a las salidas del cabezal para tomar forma del tubo. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.*

Tabla 10. *Temperaturas promedio del cabezal de la extrusora.*

Zona del cabezal	Temperatura por zona del Cabezal	Unidad
Zona # 1	180	° C
Zona # 2	180	° C
Zona # 3	180	° C
Zona # 4	180	° C
Zona # 5	185	° C
Zona # 6	190	° C
Zona # 7	195	° C
Zona # 8	200	° C

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tina de Enfriamiento

Es donde el tubo que sale caliente se enfría a un aproximado de 16°C en la temperatura del agua durante su traslado por la tina para que mantenga su forma mediante un baño de agua fría regulada.

- Bomba de succión de la tina: -0.38 BAR
- Bomba de la tina de lluvia: 16-24 PSI



Figura 8. *Tina de enfriamiento de la línea de extrusión. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.*

Jaladora

La jaladora es la encargada de guiar al tubo una vez extruido cuando sale de la tina de enfriamiento a través de toda la línea.

- Velocidad de la jaladora: 59.5 – 61.5 cm/min
- Presión de apriete: 3.8 BAR



Figura 9. *Jaladora de tuberías. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.*

Sierra

La sierra se encarga de recibir el tubo en tránsito y cortarlo a la longitud deseada que está entre los 3 y 6 metros de largo esto se da mientras va saliendo la tubería por la jaladora.

- Longitud del corte: 6 metros.



Figura 10. Sierra cortadora de las tuberías que pasan por la etiquetadora y la tina de enfriamiento. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Acampanadora

La acampanadora cumple la función de calentar un extremo del tubo y se inserta un formador que se encarga de realizar campana para darle un lado de conexión macho y hembra.

- Temperatura del Horno: 380°C.
- Tiempo de Calentamiento: 15 segundos.



Figura 11. Acampanadora para extremos de tuberías. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Materia Prima

En la bodega de materia prima que existe en la empresa se cuenta con 3 tipos de resinas que son usadas usualmente en el proceso de fabricación de tuberías, accesorios y rotomoldeado según el requerimiento deseado por los clientes. La materia prima está clasificada por tipo de material a usar:

- Polietileno baja densidad (PE-LD).
- Polipropileno (PP).
- Polivinilo de Cloruro (PVC).

Tabla 11. *Propiedades físicas y químicas de la resina de PVC.*

Propiedades Físicas y Químicas de la Resina de PVC	
Estado Físico:	Sólido granulado (flujo libre)
Color:	Blanco
Olor:	Sin olor
PH:	No aplica
Punto De Ebullición:	No aplica
Punto De Congelación/Fusión:	No aplica
Solubilidad En El Agua:	No Soluble
Gravedad Específica:	1.4
Densidad De Vapor (Aire):	No aplica
Presión De Vapor:	No aplica
Fórmula Molecular:	$(\text{CH}_2\text{-CHCl})_n$
Peso Molecular:	20,000 – 150,000 g/mol

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.2.4 Capacidad instalada de maquinaria

La empresa Mexichem Ecuador fabricante de la marca Plastigama ha adquirido un fuerte avance en cuanto al crecimiento de sus instalaciones maximizando su proceso de fabricación por extrusión actualmente ocupa un área de 6600 m², utilizando 4 galpones para la distribución de sus equipos y máquinas. Se especifica el número de máquinas que trabajan para el área de extrusión, rendimiento máximo de cada línea, capacidad instalada del grupo.

- Rendimiento promedio de las líneas de extrusión PVC: 430 Kg/hora.
- Rendimiento promedio de las líneas de extrusión PO: 130 Kg/hora.

Tabla 12. Capacidad instalada de la maquinaria de extrusión.

Aplicación Equipo	Fabricante	Tag	Grupo de Aplicación Principal	Capacidad Max (Kg/h)	Año Fabricación
Extrusión PVC	TWIN SCREW INDUSTRIAL	XT-01	G4	1000	2009
Extrusión PVC	ROLLEPAAL	XT-03	G2	700	2005
Extrusión PVC	AMERICAN MAPLAN	XT-04	G3	600	2010
Extrusión PVC	WEBER	XT-06	G1	300	2010
Extrusión PVC	KRAUSS MAFFEI	XT-07	G1	500	2010
Extrusión PVC	ROLLEPAAL	XT-16	G6	500	2016
Extrusión PVC	CINCINATTI MILACROM	XT-21	G7	600	1992
Extrusión PVC	ROLLEPAAL	XT-24	G1	800	2005
Extrusión PVC	THEYSOHN	XT-25	G2	840	2007
Extrusión PVC	KRAUSS MAFFEI	XT-26	G1	500	2008
Extrusión PVC	DALLIAN	XT-27	G7	1000	2008
Extrusión PVC	ROLLEPAAL	XT-29	G8	500	2009
Extrusión PVC	KRAUSS MAFFEI	XT-34	G1	500	2010
Extrusión PVC	ROLLEPAAL	XT-35	G7	500	2011
Extrusión PVC	CINCINATTI MILACROM	XT-37	G6	300	2000
Extrusión PVC	ROLLEPAAL	XT-39	G8	1000	2012

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

La extrusora en la que se va a realizar el estudio y los análisis correspondientes para implementar la metodología SMED, es de un modelo Rollepaal XT-03 con un rendimiento teórico de 700 Kg/hora del año 2005. Cuya máquina en la actualidad está trabajando en 400 Kg/hora en promedio.

Tabla 13. Capacidad Instalada de Producción para el grupo 2.

Descripción	Métrico	Valor
Producción	toneladas	2,123.71
Capacidad Instalada al Año	toneladas	2,722.03
Uso de la Capacidad	% Porcentaje	78%
Porcentaje de Paros Setup	% Porcentaje	9.70%

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.2.5 Descripción de los procesos de la Planta Mexichem Ecuador S.A.

La empresa cuenta con 3 procesos diferentes para la fabricación de tuberías, accesorios y tanques, son el proceso de Extrusión, Inyección, Rotomoldeo. A continuación, se brinda más detalle acerca del proceso en que se va a realizar la investigación:

2.2.5.1 Proceso de Extrusión

Es un proceso que tiene como objetivo la fabricación de objetos con un perfil de sección transversal fija en donde un material es empujado o extruido a través de un dado con la sección transversal deseada (Reynoso, s.f.).

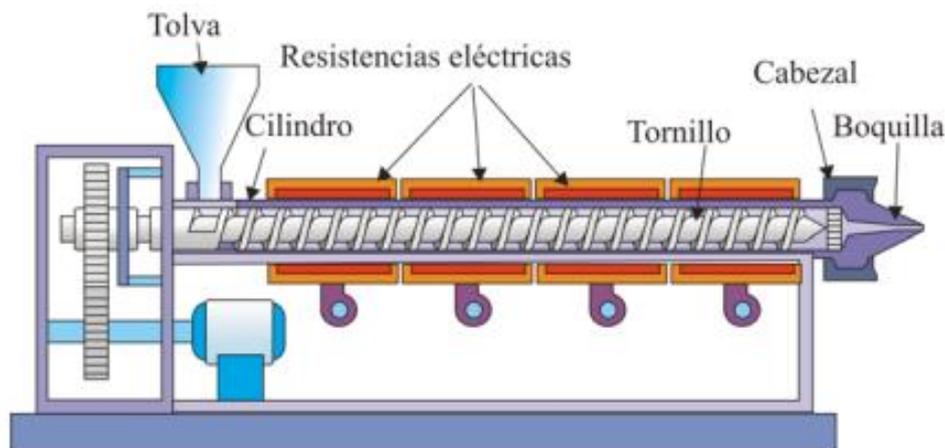


Figura 12. Esquema de la parte principal de una máquina extrusora. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 14. Especificaciones técnicas de la extrusora del Grupo 2.

Descripción	Unidad	Referencia
Rendimiento	Kg/hora	400
Temperatura de masa (°C)	°C - centígrados	193
Presión de masa	Bar	153
Tornillo de la extrusora	Rpm	34
Dosificador	Rpm	69
% carga de extrusora	Amperaje	100

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 15. Especificaciones de un cabezal que va montado en la extrusora.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REFERENCIA
Tipo de cabezal	040A-041B	ROLLEPAAL
Volumen interno	CM3	20,000
Diámetro externo	Diámetro	320

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Proceso de fabricación por Extrusión.

Los procesos en la empresa están basados en procedimientos basados en normas de seguridad, con el fin de que el proceso de fabricación de extrusión se realice bajo condiciones controladas y de una forma segura y libre de problemas.

Descripción del Proceso de Fabricación por Extrusión.

El Supervisor de Extrusión o superintendente de área informara mediante un mail a los Supervisores y Superintendentes de Mantenimiento Eléctrico y Mecánico todos los cambios de medida que se realizaran en la jornada del día.

El Analista de Producción & Inventarios entrega al Encargado del taller de moldes el programa de producción de la sección Producción-Extrusión. El Supervisor de Extrusión guardará una copia de esta orden para su posterior seguimiento y cumplimiento.

El Supervisor de Extrusión informan mediante un mail informa con anticipación al Encargado de Taller de moldes sobre los productos a fabricar, de esta manera, el encargado de taller de moldes prepara el cabezal o los moldes según sea el caso, para poner a precalentar las narices y hacer cambio rápido de moldes.

Los operadores de equipo de impresión de Extrusión preparan las impresoras a fin de dejarlas listas para cuando se inicie la producción.

El Supervisor de extrusión mantiene en la Planta un juego completo de las especificaciones actualizadas, suministradas por E & E, de los productos que produce Mexichem Ecuador S.A.

Los operadores son responsables de la máquina que se les asigna y antes de cada arranque deben verificar que la línea esta lista realizando la Inspección de Pre – Uso

- El formato inspección de pre-uso debe realizarse en los siguientes casos:
- Cuando arranque las líneas de Extrusión.
- En un cambio de serie ya que se modifica la leyenda y código de barra.
- Cuando la máquina por cualquier causa está parada más de 8 horas.
- Cuando se realice limpieza de molde.
- Cuando no se debería realizar la inspección de pre-uso.
- Corte de energía eléctrica.
- Mantenimiento de máquina (eléctrico, mecánico) menos de 4 horas.
- Parada rápida para solucionar causa ya identificada.

El supervisor de Extrusión o quien el delegue realizar la Inspección de Pre-Uso de herramientas eléctricas, puente grúa - tecele y equipo de movimiento de carga una vez al inicio de semana, cuan el grupo de trabajo se encuentre en primer turno.

Estos controles serán registrados en los formatos antes mencionados según aplica y si se presentara alguna anomalía, esta será reportada al supervisor que a subes lo reportara en el informe de novedades, que serán enviados por mail al Superintendente de Producción extrusión.

- El operador arranca la máquina con velocidad baja usando primero purga (pulverizada-virgen) dependiendo del caso, para después alimentarla con PVC. La pasada de la manga se realizará después de que se verifica textura, centrado, elasticidad, Parison etc.
- El operador hará verificación inicial de diámetros, espesores, leyenda, cinta transfer y aspecto visual, conforme a las especificaciones que se encuentran en la planta, y corregirá si es necesario. Durante el proceso hará controles esporádicos de diámetros, espesores, leyenda, cinta transfer y aspecto visual.
- El operador verificará que la impresión y la cinta heat transfer en la tubería corresponda a la medida a fabricar y está sea legible al imprimirse en el tubo, y colocará el respectivo código de barra en la producción caso contrario, hará los ajustes correspondientes, pondrá separadamente la tubería mal impresa para posterior recuperación y comunicará la novedad al encargado de impresión y al Supervisor de turno.
- El operador comunicará al Supervisor de Extrusión cualquier ruido extraño o comportamiento inusual de la máquina. Si esta se apagara por la acción de una protección no debe volverse a prender y se comunicará la novedad al supervisor.

Fin de la producción.

El Supervisor u Operador hará una orden de trabajo para el taller eléctrico y/o mecánico según la naturaleza de la falla y continuará con la producción una vez que la máquina haya sido entregada por mantenimiento. El Supervisor de Extrusión guardará una copia de esta orden para su posterior seguimiento y cumplimiento.

2.2.6 Diagrama de proceso de operación en Mexichem Ecuador S.A.

En las operaciones de fabricación de la empresa Mexichem Ecuador S.A., se cuentan con los procesos que son los principales dentro del negocio de la compañía ya por este proceso de transformación de productos químicos en productos se puede atender la demanda y los requerimientos que están basados en las necesidades de sus clientes (Anexo °4 y °5).

2.2.6.1 Diagrama del Proceso de Extrusión.

Para el proceso de extrusión la materia prima utilizada que recibe la maquina es principalmente transformada en compuesto que es el proceso donde se le añaden los aditivos necesarios este a su vez en alimentado en la tolva para continuar con la producción, los aditivos le ofrecen las características necesarias para su resistencia durante la transformación. A continuación, se describen los equipos que conforman la línea completa de producción para el proceso de fabricación por extrusión:

- Tolva de ingreso de material
- Cabezal
- Tina de enfriamiento
- Extractora o jaladora
- Impresora
- Sierra cortadora
- Acampanadora



Figura 13. Diagrama del proceso de Extrusión PVC. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.2.7 Diagrama de flujo de los procesos de Mexichem Ecuador S.A.

En la compañía este tipo de diagramas permiten verificar los diversos flujos del proceso de una forma sencilla y muy secuencial y a su vez ordenada que nos ayuda a identificar los tiempos que intervienen sobre el proceso, revisar las actividades, realizar inspecciones, identificar los distintos recorridos.

- Diagrama de flujo del proceso de Extrusión (Anexo °7).

2.1.4.3 Diagrama de recorrido de la materia prima.

En la empresa Mexichem Ecuador S.A., los diagramas de recorrido son un modelo a escala de la perspectiva de toda la planta, están muestra los lugares donde se efectúan las operaciones productividad o actividades determinadas ya que también ayudan a visualizar los trayectos que tienen los trabajadores y los sentidos de flujo del recorrido de los materiales (materia prima) o a su vez los equipos que ejecutan una acción de traslado de un área a otra.

Diagrama de recorrido del proceso de Extrusión (Anexo °8).

2.3 Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas.

2.3.1 Análisis y diagnóstico del problema.

Para nuestro respectivo análisis y diagnóstico de este estudio nos basaremos en el uso de las herramientas para la mejora continua ya que por medio de estas podremos identificar las diversas causas que están incidiendo en problema de la empresa.

- Árbol de causas (Anexo °3).

2.3.2 Descripción de las causas encontradas con el Árbol de problemas

2.3.2.1 Incremento de paros por Setup por cambios de productos.

- Existe demora en los tiempos que son utilizados para los respectivos cambios de moldes.
- No se lleva una previa preparación de las herramientas que se van a utilizar durante el proceso de cambio.
- Los procesos de cambio solo cuentan con la ayuda de un personal mecánico que el encargado de realizar la actividad de montaje y desmontaje del molde.

2.3.2.2 Mantenimientos preventivos.

- Existe una mala sincronización entre los mecánicos de mantenimiento preventivo y la máquina ya que esta es parada e intervenida en proceso productivo.

2.3.2.3 Bajo nivel de rendimiento (Kilos/hora).

- Corridas muy cortas de producción (Producción inferior a 24 horas de trabajo de la máquina).

2.3.2.4 Retraso en la entrega de la producción.

- Pérdida de ventas ya que no se cumple con la producción y el requerimiento
- No cumplimiento y retraso del programa de producción.
- Cancelación del pedido por parte de los clientes.

2.4 Situación Actual

La situación actual basándonos en la producción que es fabricada por la máquina que produce tuberías de presión para el grupo 2 en la empresa Mexichem Ecuador, se la describe en base a su capacidad para completar la producción requerida por la demanda y también en los reportes de paros por Setup que se registraron en el año 2018.

Como se puede apreciar en la tabla 16, se dieron meses en los cuales no se cumplió lo requerido para satisfacer la demanda por lo que hubo un total de 168 toneladas que no fabricaron en el año 2018, esto está directamente relacionado con los paros por Setup, si las horas programadas para producir no son aprovechadas se genera una ineficiencia en el proceso, ya que se tiene que utilizar las horas programadas para fabricación y en la planificación de otros productos.

El cumplimiento de entregar la producción, sin dejar de fabricar cierta cantidad de toneladas es muy importante para las empresas que quieren innovar y mejorar sus procesos, por lo que la compañía estaría dejando producir cierta cantidad de toneladas y dejar de atender a una clientela que demanda de su producto. Esto a su vez daría más oportunidades a la empresa que ofrecen competencia y vienen creciendo en el mercado.

Tabla 16. Producción fabricada/no fabricada en el año 2018 con respecto a la demanda.

Mes reportado	Producción Real (Tons)	Demanda requerida 2018 (Tons)	Variación (Tons)
Enero	203,86	191,00	12,86
Febrero	226,57	191,00	35,57
Marzo	144,00	191,00	-47,00
Abril	148,71	191,00	-42,29
Mayo	138,43	191,00	-52,57
Junio	187,14	191,00	-3,86
Julio	182,86	191,00	-8,14
Agosto	195,14	191,00	4,14
Septiembre	209,14	191,00	18,14
Octubre	172,57	191,00	-18,43
Noviembre	147,71	191,00	-43,29
Diciembre	167,57	191,00	-23,43
TOTAL	2.123,71	2.292,00	-168,29

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Como se puede apreciar en la tabla #17, en el año 2018 las horas que fueron utilizadas para el proceso de fabricación de las 2,123 toneladas en el año se ocuparon un total de 849.49 horas de una programación de 447 horas, teniendo una diferencia entre las utilizadas y las programadas de 402 horas con una eficiencia del 53%. Lo que indica que el proceso de fabricación invirtió más horas por paros Setup entre los montajes y desmontajes de moldes, ya que este indicador actualmente está al 9.7% y según la política de la empresa indica que este indicador no puede estar por encima del 5%, por lo que de igual forma no está cumpliendo con este indicador.

Tabla 17. Horas improductivas del proceso de fabricación de Extrusión PVC.

Mes	Paros por Setup	Horas Maquina programadas	Paros Setup - Horas Maquina
Enero	81,54	42,92	38,63
Febrero	90,63	47,70	42,93
Marzo	57,60	30,32	27,28
Abril	59,49	31,31	28,18
Mayo	55,37	29,14	26,23
Junio	74,86	39,40	35,46
Julio	73,14	38,50	34,65
Agosto	78,06	41,08	36,97
Septiembre	83,66	44,03	39,63
Octubre	69,03	36,33	32,70
Noviembre	59,09	31,10	27,99
Diciembre	67,03	35,28	31,75
TOTAL	849,49	447,10	402,39

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 18. Utilización de las horas por paros Setup.

Descripción	Total
Total de horas disponibles (h)	8760
Total de horas por paros Setup (h)	849,5
Total de horas maquina programadas (h)	447,1
% Paros por Setup (h)	9,7%
% Eficiencia (H.P.S/H.M.P)	53%

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Basándonos en los lineamientos de metodología SMED para todo proceso donde se dan cambios por desmontaje y montaje de moldes, se consideró la plantilla actual de las tareas internas y externas en la que operaran los mecánicos de moldes y se puede apreciar que, por cada cambio realizado de molde en la extrusora, el mecánico se toma 10.2 horas para realizar esta tarea y se pueda dar marcha al siguiente proceso con un nuevo producto.

2.4.1 Capacidad Nominal de producción.

Para el cálculo de la capacidad nominal de producción, se considera que es la producción con la máquina trabajando al 100% de su capacidad. Para este proceso productivo se utilizó en promedio 226.84 toneladas producidas de forma mensual y en año 2,722 toneladas.

Tabla 19. Capacidad nominal de producción al mes.

Mes producido	Producción Nominal/Mes
Enero	226,84
Febrero	226,84
Marzo	226,84
Abril	226,84
Mayo	226,84
Junio	226,84
Julio	226,84
Agosto	226,84
Septiembre	226,84
Octubre	226,84
Noviembre	226,84
Diciembre	226,84
TOTAL	2.722,08

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 20. Resumen de la capacidad nominal de la producción grupo 2.

Descripción	Total
Producción/Año	2.722,03
Producción/Mes	226,84
Producción /día	7,56
Producción/Hora	0,32

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.4.2 Capacidad Real de producción.

Para el cálculo de la capacidad real de producción de las 2,124 toneladas, se consideró todos los reportes del año 2018 de las toneladas fabricadas y cerradas que fueron registradas en los 3 turnos al día durante el periodo de un año con una jornada laboral lunes a sábado con 1 turno por colaborador de 8 horas. Cabe indicar que en la producción real se considera el peso de las tuberías fabricadas y se lo reporta en toneladas según estas varíen por tipo de medida siendo estas de 60 – 70 – 90 – 110 mm.

Tabla 21. Capacidad real de Producción del grupo 2.

Mes	Producción Real
Enero	203,86
Febrero	226,57
Marzo	144,00
Abril	148,71
Mayo	138,43
Junio	187,14
Julio	182,86
Agosto	195,14
Septiembre	209,14
Octubre	172,57
Noviembre	147,71
Diciembre	167,57
TOTAL	2.124

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 22. Resumen de la capacidad real de producción del grupo 2.

Descripción	Total
Producción/Año	2.123,71
Producción/Mes	176,98
Producción /día	5,90
Producción/Hora	0,25

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.4.3 Eficiencia del proceso

En la eficiencia del proceso se consideró un promedio de la capacidad de producción nominal de 226.84 toneladas y el promedio de la producción real de 176.98 toneladas, dando así una eficiencia del 78%.

Tabla 23. Eficiencia del proceso productivo.

Eficiencia del Proceso	Total
Promedio Producción Nominal (Tons)	226,84
Promedio Producción Real (Tons)	176,98
Eficiencia del proceso (%)	78%

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.5 Descripción específica del problema.

En la empresa Mexichem Ecuador S.A, basándonos en los procesos de cambios donde interviene un cambio de herramienta y en la forma que se realizan las actividades de montajes de moldes, por ingreso de una nueva orden de fabricación según lo planificado y enviada a programación, se puede apreciar que no existe una preparación previa de las herramientas que van a ser utilizadas durante el proceso de montaje como desmontaje, lo que ocasiona que el personal realice una actividad con pérdida de tiempo en producción, ya que esta debería ser anticipada.

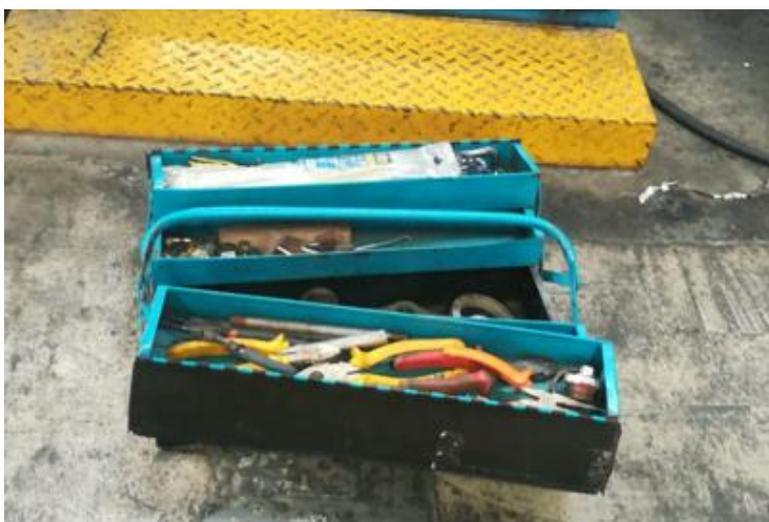


Figura 14. Caja de herramientas no preparada del personal durante el proceso de cambio. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

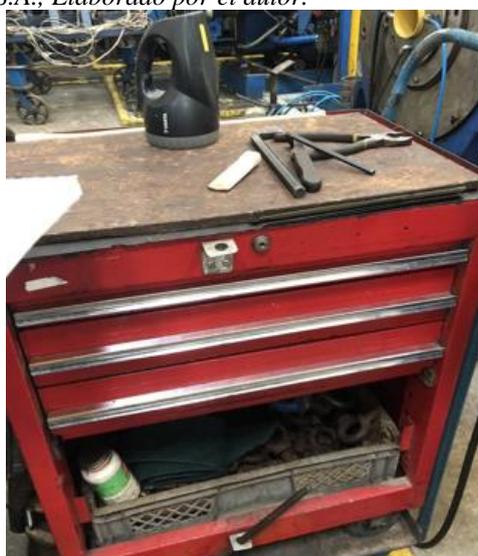


Figura 15. Herramientas no preparadas durante el proceso de cambio de molde. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

En la extrusora se pudo visualizar que actualmente solo se encuentra trabajando un mecánico de moldes que es el encargado del proceso de cambio y ajuste del molde desde el área de ubicación del taller a la extrusora, cabe indicar que esta persona usa la carreta que soporta pesos considerables que sean mayor a 25 kilos.

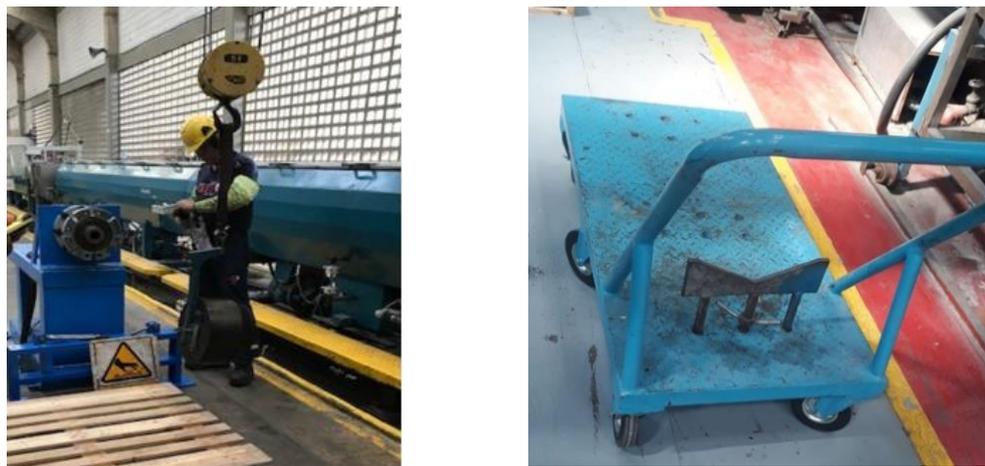


Figura 16. Mecánico de moldes realizando la actividad de montaje, carreta usada para el traslado de moldes. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

También se visualizó que los mecánicos que no se siguen los parámetros de ajuste correspondiente del molde y no se usan de igual forma las herramientas que están adecuadas para el ajuste de los pernos, ya que existe una pistola de torque la cual está programada para dar el ajuste necesario, los mecánicos se los encontró usando llaves lo que vuelve menos eficiente el proceso de ajuste.

Como es de apreciar en los detalles que se han descrito en base al problema existen ciertas falencias durante el proceso de cambio de molde por diversos factores, lo que a su vez origina pérdidas de tiempo entre cambio, ya que conlleva a que la productividad de la máquina sea muy inestable y esta no pueda ser eficiente para cumplir con los requerimientos de producción.

El incremento de las horas de paros por Setup afecta la producción, ya que por motivos de utilización de las horas que deberían ser invertidas para producir, estas se reducen por dichos paros, afectando así directamente a la continuación de la producción planificada que se debe en el día de forma secuencial, ya que estos vienen con requerimientos específicos por falta de stock.

2.6 Análisis de Costos

2.6.1 Costo de la mano de obra directa.

En la tabla 24 de nuestro análisis de costos por mano de obra directa se consideró un total de 192 horas trabajadas en el mes con 3 turnos diarios de 8 horas de lunes a sábado, a su vez los operadores se les considero en promedio un salario básico de 394 dólares/mes según la última actualización de incremento compartida por el estado.

El costo por los 3 operadores que laboran en la máquina (3 turnos) perciben un sueldo básico de \$ 394 al mes y la empresa les paga a \$ 2.05 dólares/hora, ya de forma general al año un total de \$ 14,184 dólares/año que son invertidos en sueldos o salarios del personal.

Tabla 24. Costos de la mano de obra directa de la máquina al mes y por año.

COSTO DE LA MANO DE OBRA DIRECTA							
# de trabajadores	Turno de trabajo	Cargo	Salario Mensual (USD)	Jornada de trabajo (Horas)	Costo por hora de trabajo (USD)	Total (USD)	Total Año (USD)
3	Turno # 1 Turno # 2 Turno # 3	Operador de máquina	394	192	2,05	1.182,00	14.184,00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.6.2 Costo de la mano de obra indirecta.

Como se puede apreciar en la tabla 25, para el análisis del costo de la mano de obra indirecta que es pagado por la empresa en salarios a los colaboradores que ofrecen supervisión y soporte en el proceso de fabricación es de un total de \$ 188,208 dólares/ año, laborando un total de 192 horas en el mes y con un costo por hora trabajada de forma general de \$ 27.73 dólares.

- El costo promedio de la mano de obra indirecta es de 3.40 dólares/hora.

Tabla 25. Costo de la mano de obra indirecta al mes y por año.

# de trabajadores	Cargo	Salario Mensual (USD)	Jornada de trabajo (Horas)	Costo por hora de trabajo (USD)	Total (USD)	Total Año (USD)
3	Supervisores de Línea de Extrusión	1.200,00	192,00	6,25	3.600,00	43.200,00
3	Encargados de Línea	490,00	192,00	2,55	1.470,00	17.640,00
3	Inspectores de Calidad	800,00	192,00	4,17	2.400,00	28.800,00
3	Mantenimiento Mecánico	650,00	192,00	3,39	1.950,00	23.400,00
3	Mantenimiento Eléctrico	650,00	192,00	3,39	1.950,00	23.400,00
3	Mantenimiento Moldes	650,00	192,00	3,39	1.950,00	23.400,00
3	Compuesto	394,00	192,00	2,05	1.182,00	14.184,00
3	Molinos	394,00	192,00	2,05	1.182,00	14.184,00
TOTAL		5.228,00	1.536,00	27,23	15.684,00	188.208,00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 26. Costo promedio de la mano de obra indirecta por hora.

Costo de la mano de obra indirecta	Promedio Total
Promedio de costo por hora MI (USD)	3.40

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.6.3 Otros costos y gastos indirectos de fabricación.

En la tabla 27 de otros costos y gastos indirectos de fabricación la empresa paga por los suministros consumidos de oficina, teléfono, energía y agua para el enfriamiento de las tuberías. En el periodo de un año la empresa pago un total de \$ 379,110 dólares.

Otros costos y gastos pagados por la compañía en promedio/mes.

- **Gastos por consumo de energía:** \$ 14,866 dólares.
- **Gastos por consumo de agua:** \$ 1,858 dólares.
- **Gastos por pago de seguros:** \$ 750 dólares.
- **Gastos por consumo de suministros de oficina:** \$ 100 dólares.
- **Gastos varios:** \$ 14,000 dólares.
- **Total:** \$ 31,593 dólares al mes.

Tabla 27. Otros costos y gastos de fabricación al mes y año.

Mes	Costo de Energía (USD)	Costo por Agua (USD)	Seguros (USD)	Internet (USD)	Suministro de oficina (USD)	Gastos Varios (USD)	Gasto Total (USD)
Enero	17,124.00	2,140.50	856.20	25.00	100.00	14,000.00	34,245.70
Febrero	19,032.00	2,379.00	951.60	25.00	100.00	14,000.00	36,487.60
Marzo	12,096.00	1,512.00	604.80	25.00	100.00	14,000.00	28,337.80
Abril	12,492.00	1,561.50	624.60	25.00	100.00	14,000.00	28,803.10
Mayo	11,628.00	1,453.50	581.40	25.00	100.00	14,000.00	27,787.90
Junio	15,720.00	1,965.00	786.00	25.00	100.00	14,000.00	32,596.00
Julio	15,360.00	1,920.00	768.00	25.00	100.00	14,000.00	32,173.00
Agosto	16,392.00	2,049.00	819.60	25.00	100.00	14,000.00	33,385.60
Septiembre	17,568.00	2,196.00	878.40	25.00	100.00	14,000.00	34,767.40
Octubre	14,496.00	1,812.00	724.80	25.00	100.00	14,000.00	31,157.80
Noviembre	12,408.00	1,551.00	620.40	25.00	100.00	14,000.00	28,704.40
Diciembre	14,076.00	1,759.50	703.80	25.00	100.00	14,000.00	30,664.30
TOTAL	178,392.00	22,299.00	8,919.60	300.00	1,200.00	168,000.00	379,110.60

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 28. Promedio de otros gastos y costos indirectos de fabricación.

Gasto de fabricación	Costo de Energía (USD)	Costo por Agua (USD)	Seguros (USD)	Internet (USD)	Suministro de oficina (USD)	Gastos Varios (USD)	Gasto Total (USD)
Promedio Mes	14.866,00	1.858,25	743,30	25,00	100,00	14.000,00	31.592,55
Promedio Hora	77,43	9,68	3,87	0,13	0,52	72,92	164,54

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.6.4 Gastos de la mano de obra administrativa.

En la tabla 29 para el cálculo de gastos administrativos se considera a la jefatura que está a cargo del proceso la cuales llevan el control del personal que labora en la máquina y da su soporte para cumplir con las metas diarias, en la compañía para gastos por mano de obra administrativa paga un total de 114,000 dólares/año, que son equivalentes a un costo por hora de trabajo de 49.48 dólares/hora. Se considera que el promedio hora de gastos por mano de obra administrativa es de 16.49 dólares.

Tabla 29. Gastos por mano de obra administrativa.

# de Colaboradores	Cargo	Salario Percibido Mes	Horas trabajadas Mes	Costo por Hora de trabajo	Costo Salario Total	Costo Salario/Año
1	Spdte. de Extrusión	3,000.00	192.00	15.63	3,000.00	36,000.00
1	Spdte. de Calidad	3,500.00	192.00	18.23	3,500.00	42,000.00
1	Spdte. de Mantenimiento	3,000.00	192.00	15.63	3,000.00	36,000.00
TOTAL		9,500.00	576.00	49.48	9,500.00	114,000.00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.6.5 Costo de la Materia Prima por hora de trabajo.

Para el cálculo del costo de la materia prima como se detalla en la tabla 30, se considera que en la planta se recibe en promedio 10 toneladas/día para abastecerse de materia prima en el proceso de extrusión del grupo 2, la cual tiene un costo de 37.81 dólares/hora.

Tabla 30. Costo de la materia prima por hora.

Capacidad Nominal de producción/hora (Tons)	Costo de materia prima (USD)	Abastecimiento de Materia Prima (Tons)	Costo de materia prima/hora (USD)
0,32	1.200,00	10,00	37,81

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.6.6 Costo unitario del producto.

En esta parte se consideró la suma de todos los costos mencionados en la tabla 31, este cálculo y análisis correspondiente le hace referencia al costo unitario por la tonelada/hora con un total de 228.40.

Tabla 31. Costo unitario del producto en tonelada /hora.

Costo Unitario del Producto por Hora	Costo
Costo de la mano de obra directa/ hora	6,16
Costo de la mano de obra indirecta/ hora	3,40
Otros Costos y gastos indirectos de fabricación/hora	164,54
Gastos Administrativos/hora	16,49
Costo de Materia prima/hora	37,81
TOTAL	228,40

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.6.7 Precio de venta del producto.

En la tabla 32, se detalla el precio de venta del producto, de igual forma se indica que para este cálculo se consideró la cantidad en toneladas vendidas, basándonos en el total de productos fabricados que corresponden a la cantidad en peso vendido.

Tabla 32. Precio de venta de la tonelada.

Precio de venta del producto	Total
Producción (Tons)	1,00
Costo de transformación (USD)	300,00
Costo de materia prima (USD)	1.200,00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

En la tabla 33, se define el cálculo del precio de venta del producto en toneladas, como es de manifestar a la compañía transformar una tonelada en producto terminado le cuesta 300 dólares que equivalen al costo de transformación donde intervienen los costos por energía, agua, mano de obra y el costo de materia la materia prima que equivalen a 1,200 dólares la tonelada. En esta parte donde se genera la inversión por parte de la empresa se obtiene una utilidad del 50% a la cual es vendido el producto, la diferencia entre el costo total del producto terminado y el precio de venta le genera una ganancia de 750 dólares por la tonelada vendida.

Tabla 33. *Cálculo del precio de venta del producto en toneladas.*

Calculo - Precio de venta del producto	Total
(Producción x Costo de Transformación)	300
(Producción x Materia Prima)	1,200
TOTAL	1,500
Precio de venta sin utilidad	1,500
***Utilidad (+50% de costo)	2,250

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.6.8 Margen de Utilidad.

Para el cálculo de margen de utilidad como se detalla en la tabla 34, se consideró el precio de venta de la tonelada que equivale a 1,500 dólares y el costo unitario del producto de 228.40 dólares.

Tabla 34. *Margen de utilidad de la tonelada.*

Margen de Utilidad	Total
Precio de venta (USD)	1,500
Costo Unitario producto (USD)	228.40
TOTAL (USD)	1,272

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.7 Cuantificación de perdida

2.7.1 Cuantificación de las horas improductivas.

En la tabla 35, se realizó la cuantificación de las horas que fueron invertidas durante el proceso de cambio de moldes vs las horas que fueron programadas para terminar con esa producción, dando así un total de 400 horas en el mes que sobreexcedieron lo presupuestado esto a su vez ocasiona que por la falta de horas de dejen de fabricar ciertos productos y cambiar la planificación, como se puede apreciar el indicador por paros por Setup se encuentra al 10%, por lo que no se está cumpliendo con la política que indica que los paros por Setup no deben ser superiores al 5%, de igual forma no se cumple con la producción que exige la demanda.

Si cuantificamos las 402 horas improductivas que se perdieron por montaje y desmontaje de moldes por el costo unitario de fabricación/hora, podemos indicar mediante el cálculo correspondiente que la empresa perdió un total de 91,907 dólares.

Tabla 35. Horas invertidas por paradas por Setup.

Mes	Paros por Setup	Horas Maquina programadas	Paros Setup - Horas Maquina	Horas Disponibles/año
Enero	81,54	42,92	38,63	
Febrero	90,63	47,70	42,93	
Marzo	57,60	30,32	27,28	
Abril	59,49	31,31	28,18	
Mayo	55,37	29,14	26,23	
Junio	74,86	39,40	35,46	
Julio	73,14	38,50	34,65	8760
Agosto	78,06	41,08	36,97	
Septiembre	83,66	44,03	39,63	
Octubre	69,03	36,33	32,70	
Noviembre	59,09	31,10	27,99	
Diciembre	67,03	35,28	31,75	
TOTAL	849,49	447,10	402,39	8760
% Paros Setup	10%	5%		

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 36. Cuantificación de perdida por horas improductivas.

Costo por hora improductiva	Total
Horas improductivas	402,39
Costo unitario de fabricación/hora	228,40
TOTAL	91,907

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

2.8 Presentación de resultados y diagnósticos.

2.8.1 Impacto económico.

Margen de utilidad no percibida.

En la compañía la utilidad no percibida es resultado de un producto no fabricado, para el correspondiente análisis y cálculo del margen de utilidad que no fue percibida por la empresa, nos basaremos en la cantidad de toneladas que no fueron fabricadas en el año 2018, ya que al no existir horas disponibles en el mes por las horas improductivas durante el proceso de montaje y desmontaje se define de la siguiente manera.

Cálculo de la utilidad no percibida año 2018.

- Margen de utilidad: 1,272 dólares.
- Toneladas no fabricadas: 598 toneladas.
- Margen de utilidad no percibida: 760,810 dólares.

Cuantificación total de la perdida de la empresa

- Margen de utilidad no percibida: 760,810 dólares.
- Costo de horas improductivas: 91,907 dólares.
- Total de perdida: 852,717 dólares/año.

2.8.2 Diagnóstico.

Para la respectiva cuantificación del impacto económico, que va en perjuicio al negocio y crecimiento de la empresa, se concluyó con los resultados definidos, que el margen de utilidad no percibida y la valoración de las horas improductivas que fueron encontradas dentro del proceso del grupo 2, se identificó que la pérdida económica para la empresa está valorada en 852,717 dólares en el año 2018.

Se indica que la mayor parte de esos costos están representados entre el 10.77% por horas improductivas y el 89.22% por producto que no se fabrica, ya que la empresa como parte de la inversión que realiza se gana el 50% por tonelada.

De la misma forma cabe indicar que la pérdida relacionada con la producción real en atención a la demanda de las 168 toneladas que no se fabricaron equivalen a un total de 213,997 dólares/año con una valoración de 25.09%.

Capítulo III

Propuesta, conclusiones y recomendaciones

3.1 Propuesta de mejora.

Propuesta para el incremento de la productividad del grupo 2 para tuberías de presión en la empresa Mexichem Ecuador S.A.

3.1.1 Planteamiento de la propuesta.

En esta propuesta se realizará un incremento en la productividad de la máquina del grupo 2, nos apoyaremos de las herramientas de mejora continua como son LEAN MANUFACTURING y haremos uso de la metodología SMED, que es una técnica muy recomendada y usada para la reducción de los tiempos improductivos que se presentan por cambios de moldes o herramientas y que estos a su vez han afectado a la producción.

Para dar continuidad a esta propuesta nos guiaremos por los lineamientos de la metodología, los mismos que ya se encuentran definidos, en función de la ejecución y la correcta aplicación, cabe indicar que esta metodología tiene como objetivo identificar las tareas que se pueden realizar con anticipación previo al proceso de cambio y reducir los tiempos que invierten los mecánicos para finalizar la tarea, de esta forma se lograra ganar tiempo, que puede ser invertido para dar continuidad a la siguiente producción que este planificada.

3.1.2 Lineamientos de la metodología SMED.

3.1.2.1 Lineamientos a seguir para la aplicación de la metodología SMED.

- Preparación de material
- Creación del equipo de trabajo
- Analizar el método actual
- Reunión del equipo de trabajo para analizar en detalle el cambio actual
- Etapa Preliminar Realizar estudio de las operaciones de cambio
- Etapa 1 Separación de las tareas internas y externas
- Etapa 2 Convertir tareas internas en externas
- Etapa 3 Reducir los ajustes
- Probar y estandarizar nuevo modo de cambio

3.2.3 Preparación de la metodología SMED

3.2.4. Etapa de Preliminares

Preparación del material

Para la preparación de material con el que se va a trabajar, se detalla la instrumentación a utilizar y dar continuidad a la aplicación de la metodología.

Tabla 37. Instrumentación a utilizar en el proceso de preparación de la información.

INSTRUMENTOS	DESCRIPCIÓN
Computadora y Utilitarios.	La información obtenida será procesada por este medio.
Cámara fotográfica	Se hará un registro fotográfico en la ejecución de las tareas.
Reloj Cronometro	Para la toma de los tiempos de las tareas.
Observación	Para la interpretación de las actividades.
Base de datos	Los registros almacenados de novedades.

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Creación del equipo de trabajo.

Se crea el equipo de trabajo como parte principal previo al inicio, cabe indicar que para la aplicación de la metodología se cuenta con la participación y el conocimiento de un especialista en la materia y se dispone de la participación del supervisor como el personal mecánico de moldes.



Figura 17. Creación del equipo de trabajo encargado del proceso de cambio. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.2.4.3 Análisis del método Actual

Antecedentes antes del cambio

En esta fase se efectuó un estudio de tiempos que fueron cronometrados conformando las 3 actividades que se realizan durante el proceso de cambio de moldes, las actividades descritas son resultado de las operaciones detalladas de una actividad principal.

Cálculo de tiempos promedios

La siguiente fórmula utilizada para el desarrollo de este tema nos ayudara a establecer un tiempo estándar del total de tareas descritas.

$$T_p = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde:

- T_p : Es el tiempo promedio en minutos.
- $\sum X_i$: Es la sumatoria de todos los ciclos.
- n : Es el número de lecturas realizadas.

En esta parte si relacionamos los cambios de moldes que se presentan en las maquina extrusora, podemos determinar que esto no ocurrirá con cierta regularidad, ya que estos se realizan en base a los pedidos o requerimientos o simplemente la maquina se encuentra dentro de su proceso productivo.

- Se utilizaron 3 ciclos de cambio 3 semanas para obtener un tiempo promedio de cada operación. Los tiempos que se obtuvieron fueron resultado de la observación cronometrada del proceso en su etapa actual, ya que así podremos realizar un correspondiente análisis identificando las causales que intervienen en cada tarea.
- De esta forma nos basaremos en las tareas con mayor uso de horas para realizar un cambio de molde, ya que estas actividades dentro de un proceso son las más críticas.

Tabla 38. *Toma de tiempos promedio al realizar un cambio.*

TIEMPO DEL CICLO DE LA ACTIVIDAD DE CAMBIO					
Act. No	Tareas / Operaciones	Toma de tiempo 1	Toma de tiempo 2	Toma de tiempo 3	Tiempo Promedio
0	Preparación del herramental				
1	Paro de extrusora	5,1	5,2	5,1	5,1
2	Bajar pin y corte de resistencia interna	15,0	15,0	15,1	15,0
3	Colocación de pin en estiba y eslinga	1,0	1,0	1,1	1,0
4	Limpieza de residuos de PVC del dado	2,0	2,1	2,3	2,1
5	Desconexión eléctrica del molde	2,0	2,1	2,0	2,0
Desarme del cabezal	6 Bajar cuerpo del dado y ubicarlo	6,0	6,1	6,1	6,1
	7 Limpieza de residuos de PVC	1,0	0,9	1,0	1,0
	8 Refrigerio toma de agua	3,0	2,9	3,0	3,0
	9 Desacople del Coextrusor	3,0	2,8	3,0	2,9
	10 Desacople del cabezal sin desconectar	12,0	11,9	12,1	12,0
	11 Desconexión eléctrica del cabezal	5,0	5,1	5,0	5,0
	12 Separación del cabezal con eslingas para desarmar	5,0	5,2	5,1	5,1
	13 Posicionar cabezal vertical con ayuda de operación	7,0	7,1	7,0	7,0
	14 Apertura del cabezal con ayuda de eslingas	5,0	5,2	5,1	5,1
	15 Limpieza de residuos, pulido y armado del cabezal	180,8	181,0	180,9	180,9
Bajar y cambiar mayas	16 Ajuste final de tornillería	10,0	10,1	10,2	10,1
	17 Espera de electricista para conexión del mandril	10,0	10,3	10,2	10,2
	18 Quitar tornillo de sujeción del cambia mallas	5,0	5,4	5,1	5,2
	19 Desacoplar y sacar cilindros e iniciar limpieza	20,0	20,8	20,1	20,3
	20 Almuerzo	60,0	61,0	60,0	60,3
	21 Limpieza del cambia mayas y del acople	34,0	34,2	34,1	34,1
	22 Bajar adaptador	13,0	12,9	12,9	12,9
Limpieza de					
23 Limpiar purga del barril	17,0	16,9	16,8	16,9	

24	Sacar tornillo y pulir	150,1	148,0	149,0	149,0
25	Montaje y acoplamiento del tornillo	17,0	16,8	16,9	16,9
26	Montaje del adaptador	26,0	25,0	26,0	25,7
Tiempo total en valores absolutos		615,0	615,0	615,2	615,1
Tiempo total en minutos		10,25	10,25	10,25	10,25

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 39. Tiempo actual de trabajo para desarme del cabezal.

Act.	No	Tareas / Operaciones	Tiempo Actual de trabajo
	0	Preparación del herramental	
Desarme del cabezal	1	Paro de extrusora	0:05:00
	2	Bajar pin y corte de resistencia interna	0:15:00
	3	Colocación de pin en estiba y eslinga	0:01:00
	4	Limpieza de residuos de PVC del dado	0:02:00
	5	Desconexión eléctrica del molde	0:02:00
	6	Bajar cuerpo del dado y ubicarlo	0:06:00
	7	Limpieza de residuos de PVC	0:01:00
	8	Refrigerio toma de agua	0:03:00
	9	Desacople del Coextrusor	0:03:00
	10	Desacople del cabezal sin desconectar	0:12:00
	11	Desconexión eléctrica del cabezal	0:05:00
	12	Separación del cabezal con eslingas para desarmar	0:05:00
	13	Posicionar cabezal vertical con ayuda de operación	0:07:00
	14	Apertura del cabezal con ayuda de eslingas	0:05:00
	15	Limpieza de residuos, pulido y armado del cabezal	3:08:00
	16	Ajuste final de tornillería	0:10:00
	17	Espera de electricista para conexión del mandril	0:10:00
TOTAL			4:40:00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 40. Tiempo actual de trabajo para bajar y cambiar mallas.

Act.	No	Tareas / Operaciones	Tiempo Actual
Bajar y cambiar mallas	18	Quitar tornillo de sujeción del cambia mallas	0:05:00
	19	Desacoplar y sacar cilindros e iniciar limpieza	0:20:00
	20	Almuerzo	1:00:00
	21	Limpieza del cambia mayas y del acople	0:34:00
TOTAL			1:59:00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 41. *Tiempo actual de trabajo por limpieza de barril y tornillo.*

Act.	No	Tareas / Operaciones	Tiempo Actual
Limpieza de barril y tornillo	22	Bajar adaptador	0:13:00
	23	Limpiar purga del barril	0:17:00
	24	Sacar tornillo y pulir	2:31:00
	25	Montaje y acoplamiento del tornillo	0:17:00
	26	Montaje del adaptador	0:26:00
TOTAL			3:44:00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.2.4.4 Reunión con el equipo de trabajo para analizar en detalle el cambio actual.

Con la participación del grupo de trabajo, se analizaron los tiempos y se realizó una tormenta de ideas de las posibles causas que se presentan al momento de ejecutar la actividad, de esta forma se pudieron identificar las siguientes:

- Ver tormenta de ideas (Anexo °9).
- Ver el diagrama de recorrido (Anexo °8).

3.2.4.5 Análisis de tormenta de ideas.

Falta de organización.

No se lleva una adecuada organización con el uso de las herramientas. La preparación de las herramientas previo al cambio no son las adecuadas (falta de un listado de herramientas) para el molde que se va cambiar.

Materia prima húmeda.

El personal que está encargado de la elaboración de la materia prima nos manifestaron que las causas relacionadas y que dan origen a la humedad de la materia prima, se producen desde la olla de frío, ya que en ocasiones no se controla la temperatura (falta de check list) lo que genera una temperatura inadecuada, esto a su vez afecta a la máquina extrusora ya que el material no fluye por el molde, y genera un daño en el cromado del molde por restos de material quemado, esto a su vez provoca que nuevamente el mismo tenga que ser desmontado y vuelto a corregir.

Falta de llaves.

Los mecánicos no cuentan con las herramientas adecuadas para realizar los ajustes, herramientas incompletas o simplemente la medida no es la adecuada, pistola de torque en está obsoleto deteriorada, el trabajar con las llaves Allen es un proceso no muy eficiente.

Falta de capacitación.

Algunas personas con mucha experiencia en el proceso han salido de la empresa, por lo que actualmente se cuenta con personal nuevo de hace 1 año, por lo que no todo el personal

conoce los parámetros de ajuste, la falta de capacitación para conocer el funcionamiento del proceso.

Cambios de moldes inesperados por cambio en la programación.

La mala planificación o simplemente efecto de emergencia por atender pedidos grandes, falta de coordinación entre el personal programador y planificación (falta de reuniones). Esto afecta el tiempo de que se invierte para volver a cambiar nuevamente el molde.

Preparación de tornillo, eslingas.

El personal mecánico no lleva una adecuada preparación para el pulido de los tornillos, desconocimiento de pernos que se deben reemplazar, se usan eslingas para tareas de desarmado (falta de cáncamos).

Uso de material reciclado con diferentes densidades

Los cambios de material y aditivos alteran la fluidez de traslado de la materia prima por el túnel, uso de material reciclado que provienen de otra composición de tuberías fabricadas.

3.2.4.6 Estructura de implementación para la metodología SMED

Como parte de la metodología nos basaremos en las 3 etapas que conforman el SMED.

Tabla 42. Estructura para implementar SMED.

No.	ETAPA	ACTUACIÓN
0	Etapa de preliminares	Realizar estudio de las operaciones de cambio.
1	Primera etapa	Separar las tareas internas y externas.
2	Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas.
3	Tercera etapa	Reducir los ajustes por medio las perfecciones de las actividades.

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.3 Etapa de Preliminares

3.3.1 Cronometraje de las actividades durante el cambio.

Para poder realizar análisis de la metodología SMED se requiere que se haga una toma de cronometraje durante las actividades que realiza el mecánico encargado del proceso de cambio. En la tabla 43, se detalla las actividades que realiza el mecánico, no sin antes mencionar que se cronometro las actividades durante 3 semanas en donde se presentó este proceso de cambio.

La toma de los tiempos que están reportados en la tabla adjunta se encuentra en valores absolutos que son equivalentes a 615 horas en promedio llevándolos a horas dividido entre 60 dan un total de 10:23:00 horas invertidas para el proceso de cambio.

Tabla 43. Situación actual del proceso de montaje antes del cambio.

Actividad SMED	Horas totales invertidas por operación
Desarme del cabezal	4:40:00 Horas
Cambio de mayas	1:59:00 Horas
Limpieza de barril y tornillo	3:44:00 Horas
Tiempo Total	10:23:00 Horas

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.4 Etapa # 1

3.4.1 Separación de las actividades internas y externas.

En esta parte se realizan las separaciones de las actividades que se pueden y no con la maquina en proceso de producción.

- **Actividades internas:** Son las operaciones que se puede realizar solo con la maquina parada o fuera del proceso productivo.
- **Actividades externas:** Son las operaciones que se realizan con la máquina en marcha, durante el proceso de producción.

Tabla 44. Separación de las actividades internas y externas del proceso de montaje.

Categoría actual con la separación de las tareas			
No	Tareas / Operaciones	Externa	Interna
0	Preparación del herramental	X	
1	Paro de extrusora		X
2	Bajar pin y corte de resistencia interna		X
10	Desacople del cabezal sin desconectar		X
12	Separación del cabezal con eslingas para desarmar		X
13	Posicionar cabezal vertical con ayuda de operación		X
15	Limpieza de residuos, pulido y armado del cabezal		X
21	Limpieza del cambia mayas y del acople		X
24	Sacar tornillo y pulir		X

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.5 Etapa # 2

3.5.1 Conversión de las tareas internas en externas

Por medio de la conversión de las tareas internas en externas en el proceso, se obtuvo las recomendaciones necesarias en cuanto a la preparación y condiciones en la que se realiza dicha tarea, por lo que siguiendo los lineamientos de la técnica SMED se puede detallar en la tabla 45, las siguientes observaciones relacionadas al cambio de moldes y trabajo conjunto que ayudarían a corregir los tiempos improductivos.

Tabla 45. *Conversión de las tareas internas en externas.*

No	Tareas / Operaciones	Ideas de mejora	Externa	Interna
0	Preparación del herramental	Elaborar un listado de herramientas a utilizar para el proceso de cambio	x	
1	Paro de extrusora	Elaborar un check list con el herramental del cambio / delimitar áreas para colocar las herramientas	x	
2	Bajar pin y corte de resistencia interna	Conseguir conectores de cerámica para el fácil acoplamiento		x
10	Desacople del cabezal sin desconectar	Coordinar con el personal las actividades paralelas	x	
12	Separación del cabezal con eslingas para desarmar	Conseguir cáncamos para sostener el cabezal		x
13	Posicionar cabezal vertical con ayuda de operación	Bomba hidráulica para movimiento de cabezal		x
15	Limpieza de residuos, pulido y armado del cabezal	Actividad en equipo 2 personas		x
21	Limpieza del cambia mayas y del acople	Arreglar el cambia mallas o analizar la posibilidad de quitarlo		x
24	Sacar tornillo y pulir	Ver la posibilidad que el mecánico participe en el montaje y acoplamiento		x

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.6 Etapa # 3

3.6.1 Reducción de los ciclos aplicando SMED.

Las operaciones o actividades cambio que fueron resultado de la reducción por SMED estuvieron basadas en criticidad y oportunidades de mejora relacionadas a la preparación previo cambio de herramental, las actividades que fueron consideradas generan un mayor esfuerzo y utilización de horas por Setup, ya que estos por ser parte principal para la conversión del producto, generan un importante costo por hora y sobre todo porque se manipulan activos con valores considerables. Que son el sistema de producción para la correspondiente atención a la demanda solicitada por sus compradores.

Tabla 46. Actividades de cambio con la mejora de los tiempos.

TIEMPO DE CICLO LA ACTIVIDAD DE CAMBIO			
Act. No	Tareas / Operaciones	Tiempo Actual	Aplicando SMED
0	Preparación del herramental		
Desarme del cabezal	1 Paro de extrusora	0:05:00	0:05:00
	2 Bajar pin y corte de resistencia interna	0:15:00	0:05:00
	3 Colocación de pin en estiba y eslinga	0:01:00	0:01:00
	4 Limpieza de residuos de PVC del dado	0:02:00	0:02:00
	5 Desconexión eléctrica del molde	0:02:00	0:02:00
	6 Bajar cuerpo del dado y ubicarlo	0:06:00	0:06:00
	7 Limpieza de residuos de PVC	0:01:00	0:01:00
	8 Refrigerio toma de agua	0:03:00	0:03:00
	9 Desacople del Coextrusor	0:03:00	0:03:00
	10 Desacople del cabezal sin desconectar	0:12:00	0:06:00
	11 Desconexión eléctrica del cabezal	0:05:00	0:05:00
	12 Separación del cabezal con eslingas para desarmar	0:05:00	0:02:00
	13 Posicionar cabezal vertical con ayuda de operación	0:07:00	0:04:00
	14 Apertura del cabezal con ayuda de eslingas	0:05:00	0:05:00
	15 Limpieza de residuos, pulido y armado del cabezal	3:08:00	1:15:00
	16 Ajuste final de tornillería	0:10:00	0:10:00
	Bajar y cambiar tornillo	17 Espera de electricista para conexión del mandril	0:10:00
18 Quitar tornillo de sujeción del cambia mallas		0:05:00	0:05:00
19 Desacoplar y sacar cilindros e iniciar limpieza		0:20:00	0:20:00
20 Almuerzo		1:00:00	1:00:00
21 Limpieza del cambia mayas y del acople		0:34:00	0:14:00
22 Bajar adaptador		0:13:00	0:13:00
23 Limpiar purga del barril		0:17:00	0:17:00
24 Sacar tornillo y pulir		2:31:00	0:56:00
25 Montaje y acoplamiento del tornillo		0:17:00	0:17:00
26 Montaje del adaptador		0:26:00	0:26:00
Tiempo Total de Reducción después de SMED		10:23:00	6:13:00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Cálculo de porcentajes de reducción del tiempo improductivo por cambio de molde.

Operación #1

Reducción del tiempo por Bajar pin y corte de resistencia interna.

- Tiempo actual antes de aplicar SMED 15 minutos el ---> 100% del tiempo.
- Tiempo después de aplicar SMED 5 minutos ---> variable (X).
- $X = (5 \times 100\%) / (15) = 33.33\%$
- **Reducción del tiempo= 100%-33.33% = 66.67% del tiempo total de cambio.**

Operación #2

Desacople del cabezal sin desconectar.

- Tiempo actual antes de aplicar SMED 12 minutos el ---> 100% del tiempo.
- Tiempo después de aplicar SMED 6 minutos---> variable (X).
- $X = (6 \times 100\%) / (12) = 50.0\%$
- **Reducción del tiempo= 100%-50.0% = 50.0% del tiempo total de cambio.**

Operación #3

Separación del cabezal con eslingas para desarmar.

- Tiempo actual antes de aplicar SMED 5 minutos el ---> 100% del tiempo.
- Tiempo después de aplicar SMED 2 minutos ---> variable (X).
- $X = (2 \times 100\%) / (5) = 40.0\%$
- **Reducción del tiempo= 100%-40.0% = 60.0% del tiempo total de cambio.**

Operación #4

Posicionar cabezal vertical

- Tiempo actual antes de aplicar SMED 7 minutos el ---> 100% del tiempo.
- Tiempo después de aplicar SMED 4 minutos ---> variable (X).
- $X = (4 \times 100\%) / (7) = 57.14\%$
- **Reducción del tiempo= 100%-57.14% = 42.85% del tiempo total de cambio.**

Operación #5

Limpieza de residuos, pulido y armado

- Tiempo actual antes de aplicar SMED 3H08 minutos ----> el 100% del tiempo
- Tiempo después de aplicar SMED 1H15 minutos ----> (X).
- $X = (75 \times 100\%) / (188) = 39.89\%$
- **Reducción del tiempo= 100%-39.89% = 60.11% del tiempo total de cambio.**

Operaciones #6

Limpieza de cambio de mayas y del acople

- Tiempo actual antes de aplicar SMED 34 minutos el ---> 100% del tiempo.
- Tiempo después de aplicar SMED 14 minutos ---> variable (X).
- $X = (14 \times 100\%) / (34) = 41.17\%$
- **Reducción del tiempo= 100%-41.17% = 58.82% del tiempo total de cambio.**

Operación #7

Sacar tornillo y pulir

- Tiempo actual antes de aplicar SMED 2H31 minutos el ---> 100% del tiempo.
- Tiempo después de aplicar SMED 56 minutos ---> variable (X).

- $X = (56 \times 100\%) / (151) = 37.08\%$
- **Reducción del tiempo = $100\% - 37.08\% = 62.91\%$ del tiempo total de cambio.**

3.7 Aplicación del SMED con el después del método.

3.7.1 La Preparación anticipada de los herramientas

Durante el desarrollo de esta actividad se pudo apreciar que el personal mecánico de moldes, no realizaba un adecuado alistamiento de todas las herramientas que se deberían usar, durante el proceso de cambio así que esta actividad se define como un forma o método actual que está basado en su forma de realizar este trabajo, se estima que en los mecánicos pierden entre 10 a 12 minutos en ir y buscar sus herramientas faltantes, por lo que no se cuenta tampoco con la preparación anticipada del molde, ni tampoco la neumática pistola de torque para realizar los respectivos ajuste.

Tabla 47. Comparación de tareas preparación de las herramientas a usar.

Método Actual	Aplicando SMED
	

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Mejorando la actividad y basándonos en la teoría de la metodología SMED, se pudo identificar que esta actividad, pertenece a una tarea externa y que se puede realizar con anticipación, mientras la máquina este su proceso productivo, de esta forma se pudo conversar con los mecánicos, quienes reconocieron el cambio como una forma anticipada y ordenada al momento de realizar el trabajo.

3.7.2 Paro de extrusora

Para el paro de la máquina y su forma actual se tardaba 5 minutos en dejar su función productiva, se pudo apreciar que los mecánicos no realizaban un check list del herramental con el que se debería realizar un cambio mientras la máquina estuviese parada, esto a su vez ocasionaba que durante el proceso de montaje se detecten ciertos fallos en el molde, lo que

generaba un problema adicional de volver a repetir la tarea y tener que desmontar el molde para poder corregir.

Se pudo corregir esta actividad importante y se compartió con los mecánicos un formato de check list que es usado por las demás plantas. El personal mecánico de moldes encargado del cambio puede unificar los principales elementos de la máquina y las herramientas que va usar, estas deberían ser revisadas antes de arrancar con el proceso de cambio.

3.7.3 Bajar pines y realizar cortes de resistencia eléctrica

Esta actividad es realizada por el personal eléctrico y les tomaba 15 minutos, y se pudo apreciar que no se estaba usando aislantes para la parte eléctrica que energizan las termocuplas, previo el eléctrico realizaba esta actividad con mucha precaución, ya que a su vez esta forma de trabajar es principio de riesgo para los de tipo eléctrico.

Se pudo concluir que el uso de conectores de tipo cerámica es muy práctico de instalar y de rápido acoplamiento, este a su vez ayudaría como un aislante de la parte eléctrica de las termocuplas. Con el nuevo proceso de cambio, el eléctrico adopta la nueva modalidad de cambio y tardó 5 minutos en completar la tarea con mayor facilidad.

Tabla 48. Resistencias eléctricas aisladas aplicando recomendación SMED.

Método Actual	Aplicando SMED
No se usaba aislantes de las partes eléctricas que conectan a las termocuplas.	

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.7.4 Desacople del cabezal sin desconectar

Esta tarea actualmente tomaba en ser terminada 12 minutos y consistía en realizar el desacople del cabezal desde el adaptador de la extrusora de una forma no sincroniza, ya que no se seguía un parámetro que indique que actividades primarias debería de realizar.

Por lo que se recomendó una mejora planteando un formato de cambio rápido con las actividades o tareas paralelas que se deben realizar de forma secuencial para tener una mayor sincronización al momento del desacople, con el nuevo método recomendado de cambio, el mecánico tardó un total de 6 minutos en cambiar a la siguiente actividad.

3.7.5 Separación del cabezal con eslingas para desarmar

La forma o el método actual de trabajo se tomaba un tiempo de 5 minutos y consistía en utilizar eslingas para poder separar el cabezal de la extrusora y de esta forma trasladarlo y poder ubicarlo en la carreta para su traslado. Se recomendó realizar el trabajo planteando la mejora, que está basada en utilizar cáncamos que faciliten un rápido y mejor agarre que soporte los elementos del molde en cuanto a su facilidad para desarmar enganchar y trasladar tomándole así solo 2 minutos.

Tabla 49. Separación del cabezal usando cáncamos.

Método actual	Aplicando SMED
	

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.7.6 Posicionar el cabezal vertical con ayuda de operación

Para poder desarmar de una forma más rápida el molde se tenía que posicionarlo verticalmente y hacerlo manualmente con esta forma de trabajo se tardaban 7 minutos actualmente, se recomendó el uso de la bomba hidráulica para que esta ayude a girar el molde verticalmente y optimizar a su vez el proceso de girado tomando así un tiempo de 4 minutos.

3.7.7 Limpieza de residuos, pulido y armado del cabezal

En la limpieza de residuos y pulido se pudo apreciar que esta tarea la realizada un solo mecánico cuya tarea también estaba relacionada al armado del mismo. Como recomendación de la operación se dispuso de ayuda la ayuda de otro mecánico que a su vez ayudo en el proceso de armado y pulido del cabezal. Esta tarea en su forma actual se tomaba 3 horas con 8 minutos y se pudo reducir a 1 hora con 15 minutos con el trabajo de dos personas.

3.7.8 Limpieza del cambia mallas y acople

Para el proceso de cambio en esta actividad se pudo apreciar que el mecánico realizaba la limpieza del cambia mallas y de los acoples, esta tarea le tomaba al mecánico 34 minutos, por lo que se mejoró la actividad y recomendó que el mecánico realice un check list del

estado de las mallas y tome la decisión de ser factible cambiarla o limpiarla de forma anticipada lo que le tomo 14 minutos.

3.7.9 Sacar tornillo y pulir

La actividad era realizada por el mecánico de moldes de la forma actual le tomaba 2 horas y 31 minutos trabajando solo para mejorar esta tarea se contó con la participación del personal mecánico general quien ofreció su apoyo en el proceso de extraer y pulir el tornillo optimizando así el tiempo a 56 minutos.

3.8 Presupuesto de la mejora.

El presupuesto como se indica en la tabla 49, son las herramientas que se van a mejorar para realizar por la aplicación de la metodología SMED.

3.8.1 Compra de nuevas herramientas

El objetivo de la compra de nuevas herramientas está basado en mantener la metodología por mejora y por reducción de tiempos por cambio en el grupo 2. La mejora que se ha realizado en las herramientas las cuales en su mayoría estaban defectuosas y algunas simplemente no las tenían, esto contribuye a la mejora en las condiciones que se realizaban las actividades, entre estas detallamos las siguiente:

- **Las llaves Allen:** Son necesarias para los tornillos de cabeza hexagonal. Una llave Allen o una llave hexagonal es una herramienta que se utiliza para impulsar pernos y tornillos con conectores internos hexagonales en sus cabezas.
- **Cáncamos:** Un cáncamo o perno o armella es un útil que se usa en elevación cuando se pretende izar un objeto tirando directamente de él. Para ello el cáncamo se une al objeto a elevar, generalmente por una rosca o soldándose. El cáncamo a rosca puede ser macho o hembra, de diferentes métricas y para distintas cargas de trabajo.
- **Torquimetro:** Es una herramienta manual que se utiliza para ajustar el par de apriete de elementos roscados. La llave dinamométrica es de uso frecuente en los talleres de automóviles, se aplica para dar a los tornillos el torque recomendado por el fabricante, evitando las sobretensiones y deformaciones de las piezas.
- **La llave inglesa:** Es una herramienta manual utilizada para aflojar o ajustar tuercas y tornillos. La abertura de la llave inglesa es ajustable (posee una cabeza móvil) lo que le permite adaptarse a diferentes medidas de pernos o tuercas.
- **Calibrador de láminas:** Utilizada en el mecanizado de piezas para la verificación de las cotas con tolerancias estrechas cuando se trata de la verificación de piezas en serie
- **Martillo de bola:** es una herramienta de percusión combinada de acero y mango de madera o fibra, con cabeza cilíndrica y superficie de golpe plana.

Tabla 50. Herramientas a comprar por mejora con SMED.

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
10	CANCAMO M16X28 TWN 1890 1.70TN.	\$ 97,89	\$ 978,90
10	CANCAMO M20X38 TWN 1890 2.50TN.	\$ 104,44	\$ 1.044,40
10	CANCAMO M24X40 TWN 1890 4TN.	\$ 115,25	\$ 1.152,50
3	PISTOLA IMPACTO 1" TORQ. 2500LB/FT-EXT. PROTO	\$ 1.878,10	\$ 5.634,30
3	DADO ALLEN IMPACTO GP DE 1" x 22MM	\$ 98,20	\$ 294,60
3	DADO ALLEN IMPACTO GP DE 1" x 17MM	\$ 82,74	\$ 248,22
3	DADO ALLEN IMPACTO GP DE 1" x 19MM	\$ 82,74	\$ 248,22
3	DADO ALLEN IMPACTO GP DE 1" x 22MM	\$ 89,11	\$ 267,33
3	DADO IMPACTO PROTO DE 1"X27MM	\$ 38,41	\$ 115,23
3	DADO IMPACTO PROTO DE 1" X 22MM	\$ 34,96	\$ 104,88
3	DADO IMPACTO PROTO DE 1" X 19MM	\$ 34,96	\$ 104,88
8	JGO.LLAVES ALLEN LAR.T/BOLA 1.5 a 10MM 9Pc PROTO	\$ 21,28	\$ 170,24
3	LLAVE FRANCESA DE 12" PROTO	\$ 54,21	\$ 162,63
3	LLAVE MIXTA DE 36MM PROTO	\$ 104,21	\$ 312,63
3	CALIBRADOR DE LAMINAS 4" 25H METRIC. PROTO	\$ 24,93	\$ 74,79
3	CALIBRADOR DE LAMINAS 4" 25H PULG. PROTO	\$ 19,69	\$ 59,07
3	MARTILLO DE BOLA 40 OZ 2.5lb STANLEY	\$ 17,44	\$ 52,32
3	LLAVE DE TUBO 14" PROTO	\$ 62,01	\$ 186,03
8	LLAVE ALLEN LARGA DE 17MM PROTO	\$ 34,74	\$ 277,92
8	LLAVE ALLEN LARGA DE 19MM PROTO	\$ 43,66	\$ 349,28
3	LLAVE ALLEN DE 22MM PROTO	\$ 49,20	\$ 147,60
3	EXTENSION DE 1/2 X 10" PROTO	\$ 26,97	\$ 80,91
3	EXTENSION DE 3/4 X 16" PROTO	\$ 71,26	\$ 213,78
3	EXTENSION DE 1" X 17" PROTO	\$ 121,49	\$ 364,47
7	JGO.LIMAS DIAMANTADAS DE AGUJA 10Pc.	\$ 19,35	\$ 135,45
3	JGO.BOTADORES Y CINCELES 12PC PROTO	\$ 118,65	\$ 355,95
3	JGO. EXTRACTORES P/PERNOS ROTOS 8Pc. BAHCO	\$ 141,10	\$ 423,30
6	LLAVE ALLEN LARGA DE 3/16 PROTO	\$ 1,20	\$ 7,20
3	TIJERA CORTA LATA 10" PROTO	\$ 30,51	\$ 91,53
3	RPT. DEWALT RODAMIENTO RIGIDO DE BOLA PARA LLAVE DE TORQUE	\$ 110,20	\$ 330,60
3	TORQUE 3/8- 16 A 80 Nm click C/RACHET PROTO	\$ 302,16	\$ 906,48
3	TORQUE 3/8- 16 A 80 Nm click C/RACHET PROTO	\$ 375,51	\$ 1.126,53
3	TORQUE 3/4- 120 A 800 Nm click C/RACHET	\$ 1.510,79	\$ 4.532,37
12	ABANICO LIJADOR CORINDON 2"X3/4 G.120 EJE	\$ 12,65	\$ 151,80
12	ABANICO LIJADOR CORINDON 2"x 1" G.120 EJE	\$ 9,22	\$ 110,64
12	ABANICO LIJADOR CARBURO 3"X1"G.60 EJE 1/4	\$ 10,83	\$ 129,96
12	ABANICO LIJADOR CARBURO 3"X1"G.80 EJE 1/4	\$ 1,98	\$ 23,71
12	ABANICO LIJADOR COMBINADO DE VELLON	\$ 17,10	\$ 205,20
		IVA 12%	\$ 21.175,85
		TOTAL	\$ 23.716,95

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.8.2 Costo por contratación de técnicos auditores SMED

En la empresa se requiere la contratación de este personal especializado, su función para consiste en realizar las auditorias correspondientes y revisiones por mantener la mejora de reducción de tiempo del grupo 2, propone la ayuda de expertos en la metodología SMED, que certifiquen los ahorros generados por reducción de tiempos de cambios.

Tabla 51. Costo por contratación de técnicos auditores especialista en SMED.

Inversión	Cantidad	Costo Unitario	Costo
Especialista en Lean Manufacturing.	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
Ingeniero de métodos.	1	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
Personal técnico.	3	\$ 3.200,00	\$ 9.600,00
Gastos varios (comida, hospedaje, movilización, pasaje)	5	\$ 3.000,00	\$ 15.000,00
TOTAL			\$ 47.600,00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.8.3 Costo por horas extras

Tabla 52. Costo por pago de horas extras por continuación de capacitación SMED.

CANT	COSTO POR HORAS EXTRA	Salario	Horas Laborables	Costo por Hora	Costo por horas extra	Horas promedio mes extra	Costo total
3	PERSONAL OPERADOR	\$ 394,00	\$ 192,00	\$ 2,05	\$ 8,21	\$ 12,30	\$ 302,89
3	ENCARGADO DE LA LINEA	\$ 490,00	\$ 192,00	\$ 2,55	\$ 10,21	\$ 12,30	\$ 376,69
3	PERSONAL MECANICO DE MOLDES	\$ 650,00	\$ 192,00	\$ 3,39	\$ 13,54	\$ 12,30	\$ 499,69
3	PERSONAL ELECTRICO	\$ 650,00	\$ 192,00	\$ 3,39	\$ 13,54	\$ 12,30	\$ 499,69
3	PERSONAL MECANICO	\$ 650,00	\$ 192,00	\$ 3,39	\$ 13,54	\$ 12,30	\$ 499,69
3	SUPERVISOR	\$ 1.200,00	\$ 192,00	\$ 6,25	\$ 25,00	\$ 12,30	\$ 922,50
3	CALIDAD	\$ 800,00	\$ 192,00	\$ 4,17	\$ 16,67	\$ 12,30	\$ 615,00
3	TECNICO SMED	\$ 1.000,00	\$ 192,00	\$ 5,21	\$ 20,83	\$ 12,30	\$ 768,75
TOTAL MES							\$ 4.484,89
COSTO POR HORAS EXTRA AÑO							\$ 53.818,7

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.8.4 Costo por horas improductivas

Como es parte de la metodología dando la experiencia al personal que interviene en la máquina, se debe continuar con el programa de mejora cuyo propósito es mantener la mejora y la aplicación de la metodología.

Tabla 53. Costo por horas improductivas del personal que va a capacitación.

CANT	COSTO POR HORAS IMPRODUCTIVAS	Horas Laborables	Costo por Hora	Costo total
3	PERSONAL OPERADOR	\$ 192.00	\$ 2.05	\$ 394.00
3	ENCARGADO DE LA LINEA	\$ 192.00	\$ 2.55	\$ 490.00
3	PERSONAL MECANICO DE MOLDES	\$ 192.00	\$ 3.39	\$ 650.00
3	PERSONAL ELECTRICO	\$ 192.00	\$ 3.39	\$ 650.00
3	PERSONAL MECANICO	\$ 192.00	\$ 3.39	\$ 650.00
3	SUPERVISOR	\$ 192.00	\$ 6.25	\$ 1,200.00
3	CALIDAD	\$ 192.00	\$ 4.17	\$ 800.00
3	TECNICO SMED	\$ 192.00	\$ 5.21	\$ 1,000.00
COSTO POR HORAS IMPRODUCTIVAS AÑO		\$ 70,008		

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 54. Costo por el curso de capacitación continuidad del SMED.

CANT	INVERSIÓN DE LA CAPACITACIÓN	COSTO
24	CURSO DE CAPACITACIÓN EN LEAN MANUFACTURING SMED	\$ 19,527.00
TOTAL		\$ 19,527.00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 55. Costo por recomendaciones a comprar después del SMED.

INVERSIÓN POR MEJORA SMED	VALOR
Precalentador de moldes	15,000.00
Manga de protección contra cortes	150.00
Guantes especiales	180.00
TOTAL	15,330.00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Tabla 56. Costo total de la inversión después del SMED.

INVERSIÓN SMED	COSTO TOTAL
Proyecto aplicación de metodología SMED + técnicos	\$ 47,600.00
Compra de herramientas	\$ 23,716.95
Programa de capacitación SMED	\$ 19,527.00
Costo por horas extras	\$ 53,818.65
Costo por horas improductivas	\$ 70,008.00
Costo por recomendación de mejora	\$ 15,330.00
TOTAL	\$ 230,000.6

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

El costo total de la inversión que tiene que realizar la empresa Mexichem Ecuador S.A. es de un total de 230,000 dólares por mejora de herramientas, costo por horas improductivas y continuidad del programa de SMED.

3.9 Análisis y beneficios de la propuesta de solución (comparación de actual vs propuesto).

Mediante el correspondiente análisis y la identificación de las operaciones con mayor índice de tiempo invertidos, se indica que la reducción de dichas tareas a través de la aplicación del SMED fue efectiva y se pudo reducir los tiempos improductivos de la maquina grupo 2.

La empresa mediante el uso de esta metodología se ahorra un total de 4 horas con 10 minutos por cada cambio que realice de producto. Esto a su vez puede ser invertido para seguir con el proceso de producción.

Tabla 57. Comparación del método actual vs aplicación de la metodología SMED.

Tareas / Operaciones	Tiempo Actual	Aplicando SMED
Desarme del cabezal	4:40:00	2:25:00
Bajar y cambiar mayas	1:59:00	1:39:00
Limpieza de barril y tornillo	3:44:00	2:09:00
TOTAL	10:23:00	6:13:00

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

En la tabla 57, se estima que en el mes en promedio se realizan 3 cambio de molde, esto genera un ahorro de 12.3 horas mes por lo que se estima recuperar 32.52 toneladas aproximadas, si estas toneladas las proyectamos de forma anual, tendríamos que la producción en promedio mes es de 176.98 + 32.52 toneladas recuperadas dan un total de 2,513.96 toneladas en el año.

Basándonos en la capacidad nominal antes del SMED de 2,722 toneladas y una utilización del 78%, podemos indicar que la utilización de la maquina estaría al 92.35% después de la aplicación del SMED.

A su vez, por el incremento de producción y la ocupación de la maquina se tendrá que realizar las modificaciones en el sistema SAP, donde está registrado los datos correspondientes a la ocupación de dicho equipo.

Tabla 58. Ahorro de horas por cambio.

# de cambios realizados en promedio/mes	Horas invertidas por cambio SMED	Rendimiento de la máquina (Kg/hora)	Toneladas recuperadas	Producción promedio/mes	Total	Toneladas al Año
3	4.1	400	32.52	176.98	209.50	2,513.96

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.9.1 Cronograma de implementación de la propuesta.

Siguiendo los lineamientos para la utilización de la metodología SMED se adjunta el cronograma de implementación (Anexo °6).

3.9.2 Evaluación económica.

Para este año 2019, se estimada por proyección que la empresa Mexichem en ventas tendrá muy buena acogida por parte de los clientes, a su vez se indica que el año pasado la posición constaba con un 50%, por lo que se estimada un mejor año de ventas para este periodo superando a la competencia considerablemente.

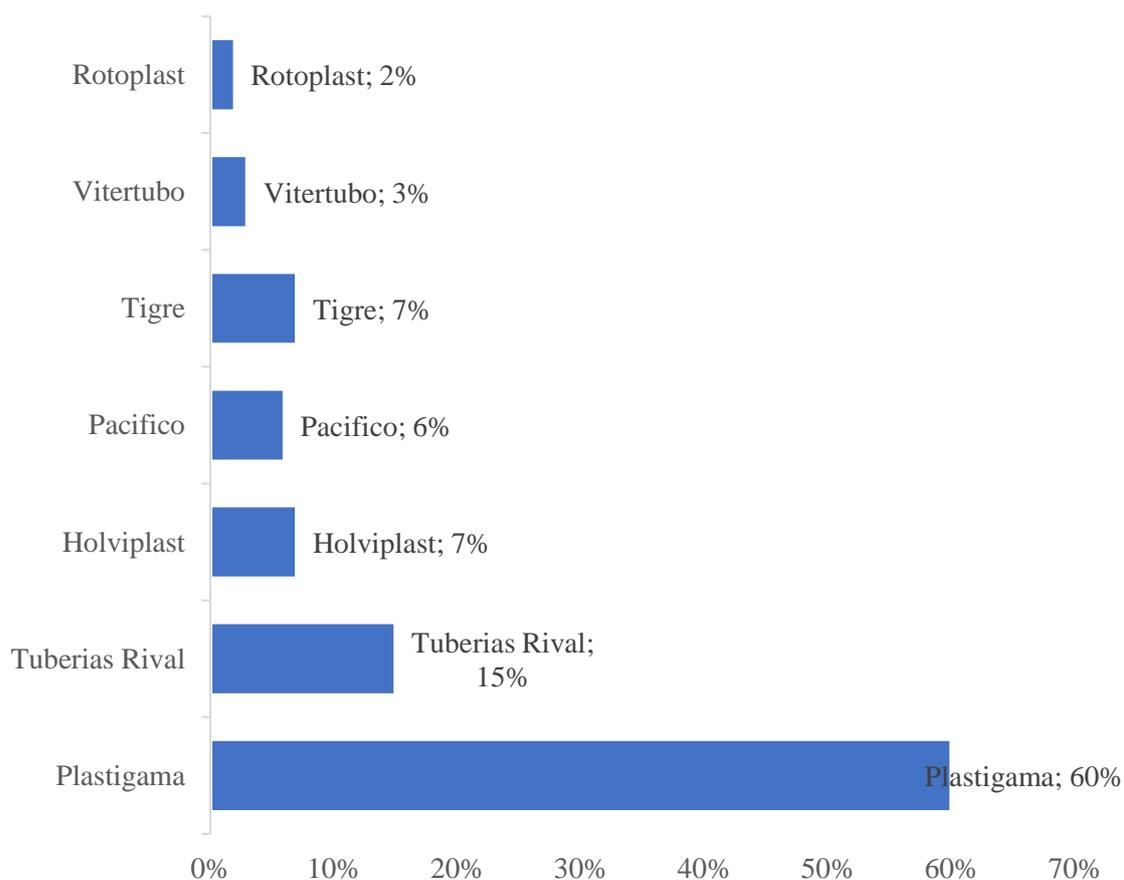


Figura 18. Participación en el mercado para las tuberías de presión. Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor

Como parte de la proyección final en relación a la producción 2018 y 2019 se estima que de forma general la demanda crecerá un 3% con respecto al año pasado, lo que indica una mejora y un resultado muy favorable en avance al proceso de la mejora continua, ya que por medio del uso de las herramientas de LEAN MANUFACTURING, se pudo reducir el impacto económico para la empresa y en base a la situación actual de forma en que se estaba operando, de igual forma también se redujeron las horas improductivas lo que optimizara los costos de este periodo 2019, se indica que las toneladas recuperas mediante SMED se compensaran en el 2019, basados en el número de cambios que se den por producto.

Tabla 59. *Proyección de tuberías a fabricar para el periodo 2019.*

Producto a fabricar	Kilos Demandados
TUB UZ 63MMX6M 0.8MPA(116PSI)	135,7853
TUB UZ 63MMX6M 1MPA(145PSI)	180,2130
TUB EC 110MMX6M 0.5MPA(73PSI)	89,2980
TUB EC 110MMX6M 0.63MPA(91PSI)	199,3814
TUB EC 110MMX6M 0.8MPA(116PSI)	37,0864
TUB EC 110MMX6M 1.25MPA(181PSI)	70,4389
TUB EC 110MMX6M 1MPA(145PSI)	115,7670
TUB. LISA 3" X 6M. CED40 BLANCO	23,2920
TUB. LISA 4" X 6M. CED40 BLANCO	20,3970
TUB EC 63MMX6M 0.63MPA(91PSI)	107,7141
TUB EC 63MMX6M 0.8MPA(116PSI)	23,8050
TUB EC 63MMX6M 1.25MPA(181PSI)	29,9550
TUB EC 63MMX6M 1MPA(145PSI)	77,3340
TUB EC 75MMX6M 0.8MPA(116PSI)	8,7210
TUB EC 90MMX6M 0.5MPA(73PSI)	26,2380
TUB EC 90MMX6M 0.63MPA(91PSI)	91,0920
TUB EC 90MMX6M 0.8MPA(116PSI)	52,1280
TUB EC 90MMX6M 1.25MPA(181PSI)	63,7260
TUB EC 90MMX6M 1MPA(145PSI)	123,8416
TUB UZ 110MMX6M 0.8MPA(116PSI)	151,4446
TUB UZ 110MMX6M 1MPA(145PSI)	158,0040
TUB UZ 110MMX6M 1.25MPA(181PSI)	134,8864
TUB UZ 63MMX6M 0.63MPA(91PSI)	8,8890
TUB UZ 63MMX6M 1.25MPA(181PSI)	51,0255
TUB UZ 75MMX6M 0.8MPA(116PSI)	15,1470
TUB UZ 75MMX6M 1.0MPA(145PSI)	30,8820
TUB UZ 75MMX6M 1.25MPA(181PSI)	23,7990
TUB UZ 90MMX6M 0.63MPA(91PSI)	32,9345
TUB UZ 90MMX6M 0.8MPA(116PSI)	170,3280
TUB UZ 90MMX6M 1MPA(145PSI)	106,5188
TUB UZ 90MMX6M 1.25MPA(181PSI)	29,8560
PRODUCCIÓN TOTAL	2.389,93

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Para el año 2019, se considera que en promedio al mes la demanda requerirá 200 toneladas mensuales, entre los productos que destacan las tuberías de tipo unión por Z y espigo campana.

Tabla 60. Pronóstico de toneladas a producción para el 2019.

Producción Año 2019			
Descripción	Producción/mes	Producción/año	Precio de venta
Producción 2019	196.7	2,360.8	1,500

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

- Producción promedio mensual 2018= 176.98 toneladas x 1500 = \$ 265,470.
- Producción promedio mensual 2019= 209.50 toneladas x 1500 = \$ 314,250.
- La empresa gana en promedio del costo invertido el 50% adicional (750 Dólares), por tonelada vendida.
- **1 tonelada x (\$ 300 costo de transformación, incluye agua, energía, mano de obra + (\$ 1200 costo de la materia prima y aditivos) + \$ 750 (ganancia del costo).**
- **1 tonelada x \$ 2250 = 2250 dólares por toneladas vendida**

3.9.3 TIR (Cálculo de la tasa interna de retorno).

En la siguiente parte procedemos a calcular la tasa interna de retorno, como se detalla en la siguiente tabla adjunta, que nos indica que el proyecto es viable con un 32%.

Tabla 61. Cálculo de la tasa interna de retorno.

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Inversión	\$ 230.000			
Ahorro por implementación de propuesta	-\$ 230.000	\$ 114.121,54	\$ 129.337,75	\$ 157.868,13
TIR	32%			

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.9.4 VAN (Calculo del valor actual neto).

El flujo de caja del proyecto es de un total de 3 años y la inversión es total es de un total de \$ 230,000, el VAN nos indica un total de \$ 565,462.82.

Tabla 62. Cálculo del valor actual neto.

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Inversión	\$ 230,000			
Ahorro por implementación de propuesta	-\$ 230,000	\$ 114,121.54	\$ 129,337.75	\$ 157,868.13
VAN	\$ 565,462.82			

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.9.5 Tiempo de recuperación de inversión.

El período o el tiempo de recuperación de la inversión (PRI) es un indicador que mide en cuánto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente. Puede revelarnos con precisión, en años, meses y días, la fecha en la cual será cubierta la inversión inicial.

Si analizamos el Payback o tiempo de recuperación como se detalla en la tabla 63 adjunta, se puede interpretar que el capital invertido promete una recuperación en 2 años.

Tabla 63. *Tiempo de recuperación de la inversión.*

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Inversión	\$ 230,000			
Ahorro por implementación de propuesta	-\$ 230,000	\$ 114,121.54	\$ 129,337.75	\$ 157,868.13
Flujo Acumulado		\$ 114,121.54	\$ 243,459.29	\$ 401,327.42
Flujo Descontado de inversión		\$ 115,878.46	\$ 0.94	-\$ 171,327.42
Payback Anual			2.0	

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

3.10 Conclusiones

En conclusión, de acuerdo al desarrollo de este trabajo de investigación se indican las siguientes conclusiones.

- Se identificó y analizo los % paros por Setup que generaban mayor impacto en la productividad de la máquina al momento de realizar un cambio de producto.
- Se contribuyó al incremento de la productividad, con un ahorro en horas que pueden ser invertidas para dar continuidad al siguiente proceso de fabricación.
- En conclusión, se puede indicar que la empresa tiene muy buenos procesos los cuales presentan muchas oportunidades de mejora y en las que se puede trabajar.
- Se identificó y analizo los % de paros por Setup que generaban un mayor impacto en la productividad de la máquina, al momento de realizar un cambio de producto.
- Se pudo reducir y mejorar las horas programadas por cambio, actuando en la forma tradicional que era desarrollado el trabajo de 10.23. Podemos indicar que las tareas con mayor ocupación de tiempo fueron consideradas dentro de la metodología SMED para generar un ahorro por cambio de 4.10 horas.
- El ahorro en 4.10 horas representan una recuperación de 32.52 toneladas/mes aumentando la capacidad de utilización de la máquina del 78% al 93%, la propuesta basada en la metodología de reducción por cambios de herramental ayudo reducir los tiempos en un 60%, lo que ayudara a la empresa invertir esas horas en más programa de producción y así disminuir los costos de transformación del producto.

3.11 Recomendaciones

Como recomendaciones en relaciona a la investigación que fue realizada en la empresa Mexichem Ecuador S.A, se pueden indicar los siguientes puntos:

- Se recomienda realizar la construcción de un precalentador de moldes, que les ayude a los mecánicos a realizar pruebas anticipadas de calentamiento con las resistencias actuales y de esta forma enviar el molde precalentado en la maquina antes del montaje para ahorrar horas en calentamiento.
- Se recomienda hacer participar al personal mecánico y operador en cursos e involucrados a la mejora continua de los procesos, como también seguir con la continuidad del programa SMED.
- Se recomienda como parte de una mejora en la seguridad del trabajador realizar la compra de mangas de protección, ya que la condición del molde en temperaturas que son considerables y podría lesionar a los colaboradores.

ANEXOS

Anexo N° 1

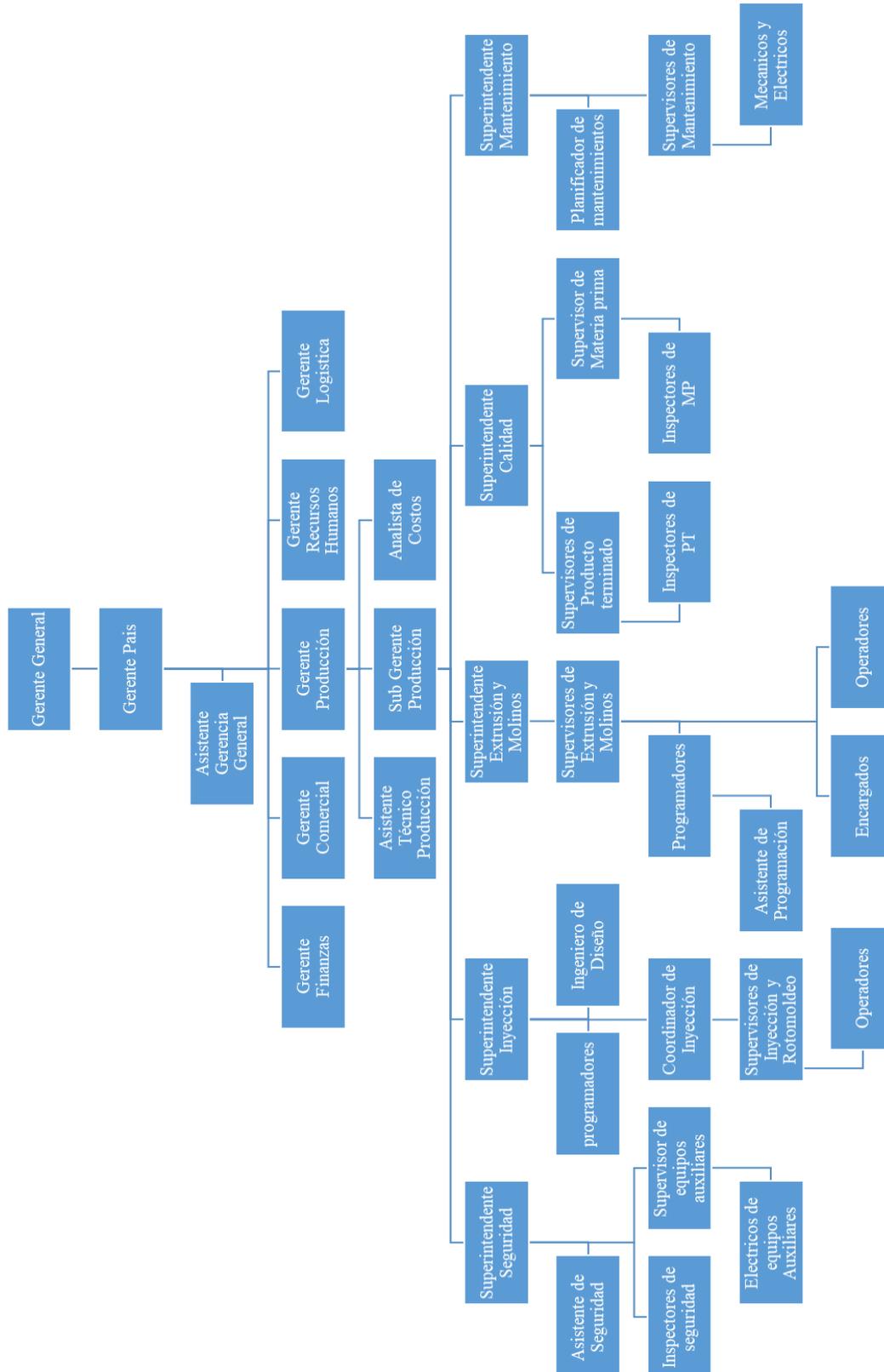
Gama de productos que ofrece la empresa.

 <p>Adaptador E/corto U/Z 50 mm**, 63 mm, 75 mm**, 90 mm, 110 mm, 160 mm**, 200 mm**, 250 mm**, 315 mm**, 355 mm**, 400 mm**</p> <p>INYECTADO</p>	 <p>Adaptador E/largo/UZ 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm, 315 mm, 355 mm, 400 mm</p> <p>TERMOFORMADO</p>	 <p>Anillo De Caucho 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm, 315 mm, 355 mm, 400 mm, 500 mm, 630 mm</p>
 <p>Codo L/R U/Z 11.25° 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm, 315 mm, 400 mm</p> <p>TERMOFORMADO</p>	 <p>Codo L/R U/Z 22.5° 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm, 315 mm, 400 mm</p> <p>TERMOFORMADO</p>	 <p>Codo L/R U/Z 45° 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm, 315 mm, 400 mm</p> <p>TERMOFORMADO</p>
 <p>Codo L/R U/Z 90° 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm, 315 mm, 355 mm, 400 mm</p> <p>TERMOFORMADO</p>	 <p>Tee Reductora U/Z 75x63, 90x63**, 90x75, 110x63***, 110x75, 110x90***, 160x63, 160x75, 160x90, 160x110, 200x63, 200x75, 200x90, 200x110, 200x160, 250x160*, 250x200*</p> <p>INYECTADO</p>	 <p>Tee U/Z 75 mm, 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm</p> <p>INYECTADO</p>
 <p>Tee U/Z 63 mm, 90 mm, 110 mm</p> <p>INYECTO-ACOPLADO</p>	 <p>Tee U/Z 50 mm, 75 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm</p> <p>ENSAMBLADO</p>	 <p>Codo Corto Radio 90° U/Z 63 mm, 90 mm, 110 mm</p> <p>INYECTO-ACOPLADO</p>
		
 <p>Codo Corto Radio 45° U/Z 63 mm, 90 mm, 110 mm</p> <p>INYECTO-ACOPLADO</p>	 <p>Tapón U/Z 50 mm*, 63 mm, 75 mm*, 90 mm, 110 mm, 160 mm*, 200 mm*</p> <p>INYECTO-ACOPLADO</p>	 <p>Cruz Reductora U/Z 75 a 63, 110 a 63, 110 a 75, 110 a 90, 160 a 63, 160 a 75, 160 a 90, 160 a 110</p> <p>ENSAMBLADO</p>
 <p>Cruz U/Z 63 mm, 90 mm, 110 mm, ***</p> <p>INYECTO-ACOPLADO</p>	 <p>Reductor U/Z Desde 50 mm hasta 400 mm</p> <p>ENSAMBLADO</p>	 <p>Unión de reparación corta y larga Desde 50 mm hasta 400 mm</p> <p>TERMOFORMADO</p>
 <p>Collarín de derivación Diámetro Desde 20mm hasta 250mm Con derivaciones desde 1/2" hasta 2"</p> <p>Con Refuerzo</p>	<p>*Producto de fabricación ensamblado. **Producto de fabricación termoformado. ***Producto de fabricación inyectado-acooplado.</p>	

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Anexo N° 2

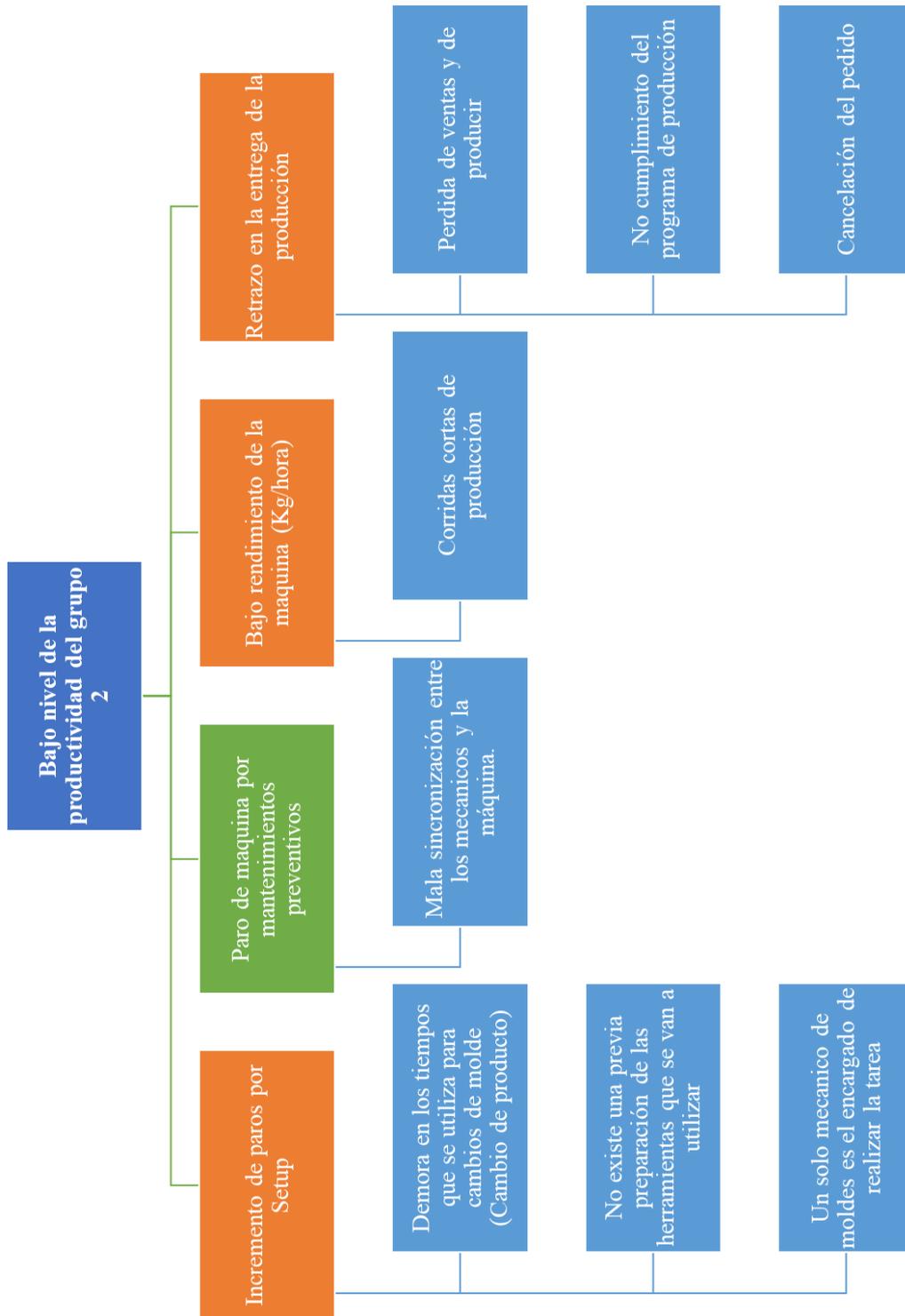
Organigrama de la empresa Mexichem Ecuador S.A.



Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

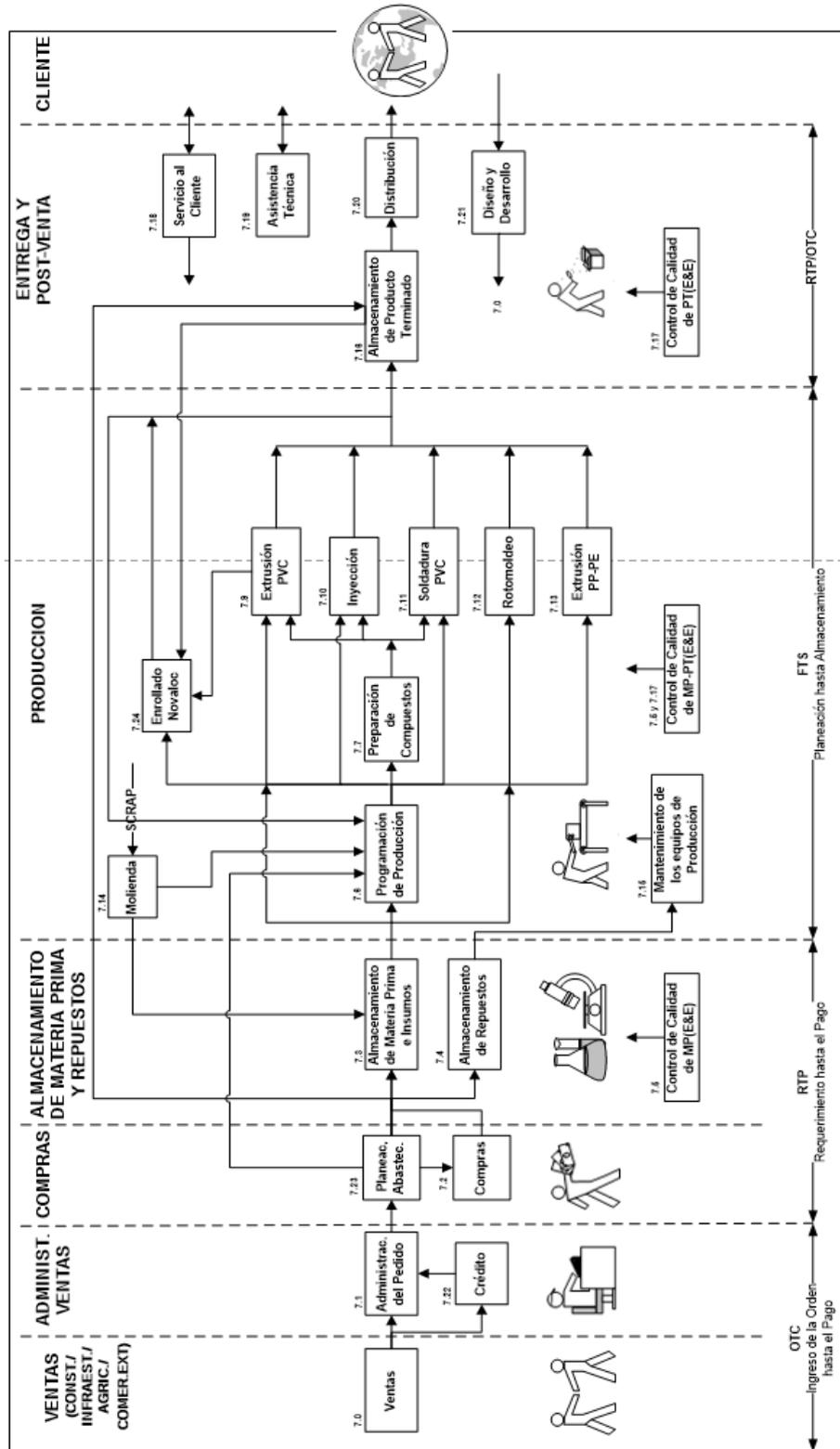
Anexo N° 3

Árbol de causas para identificación de problemas.



Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

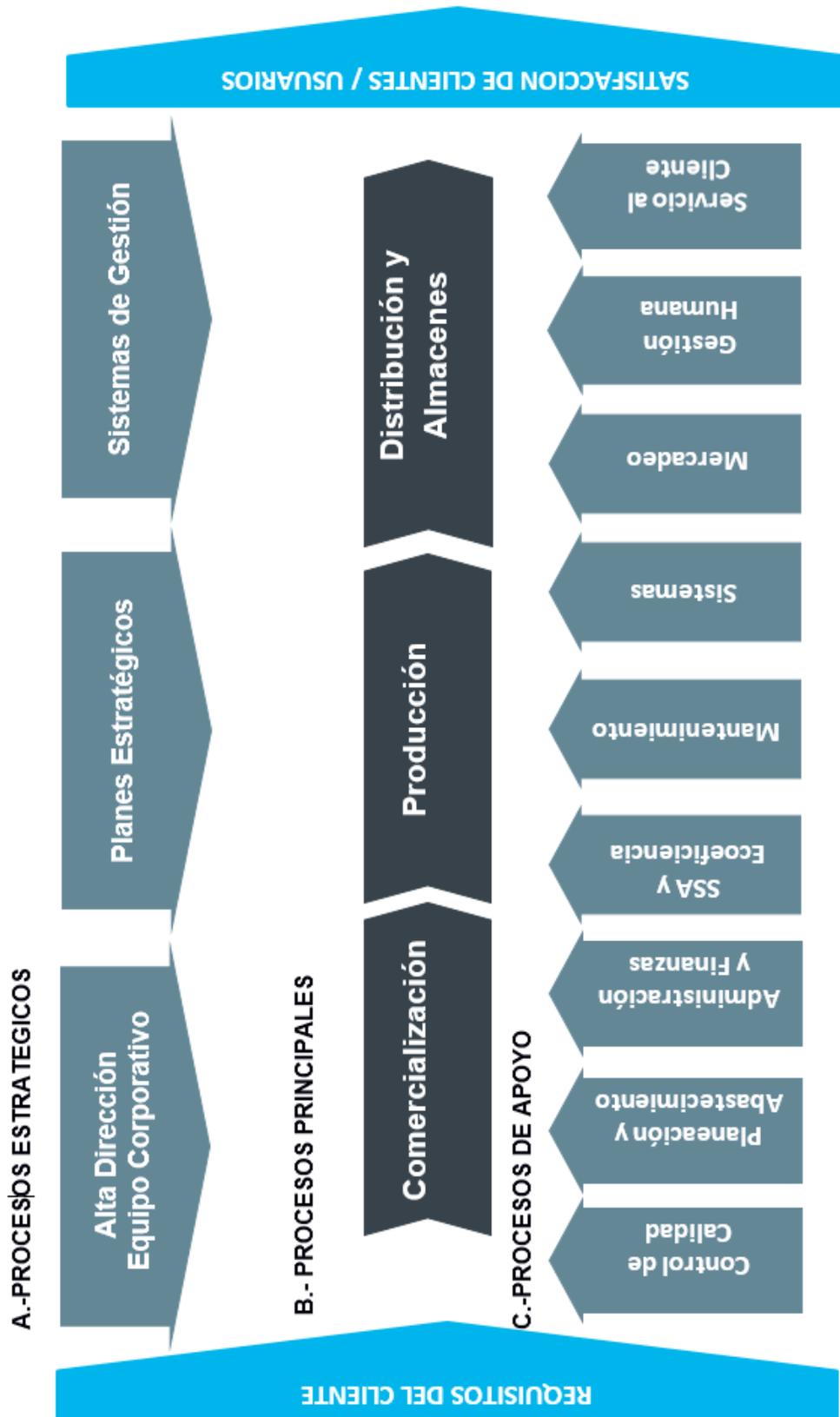
Anexo N° 4 Diagrama de procesos de la empresa.



Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Anexo N° 5

Diagrama de procesos estratégicos de la empresa.



Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Anexo N° 6

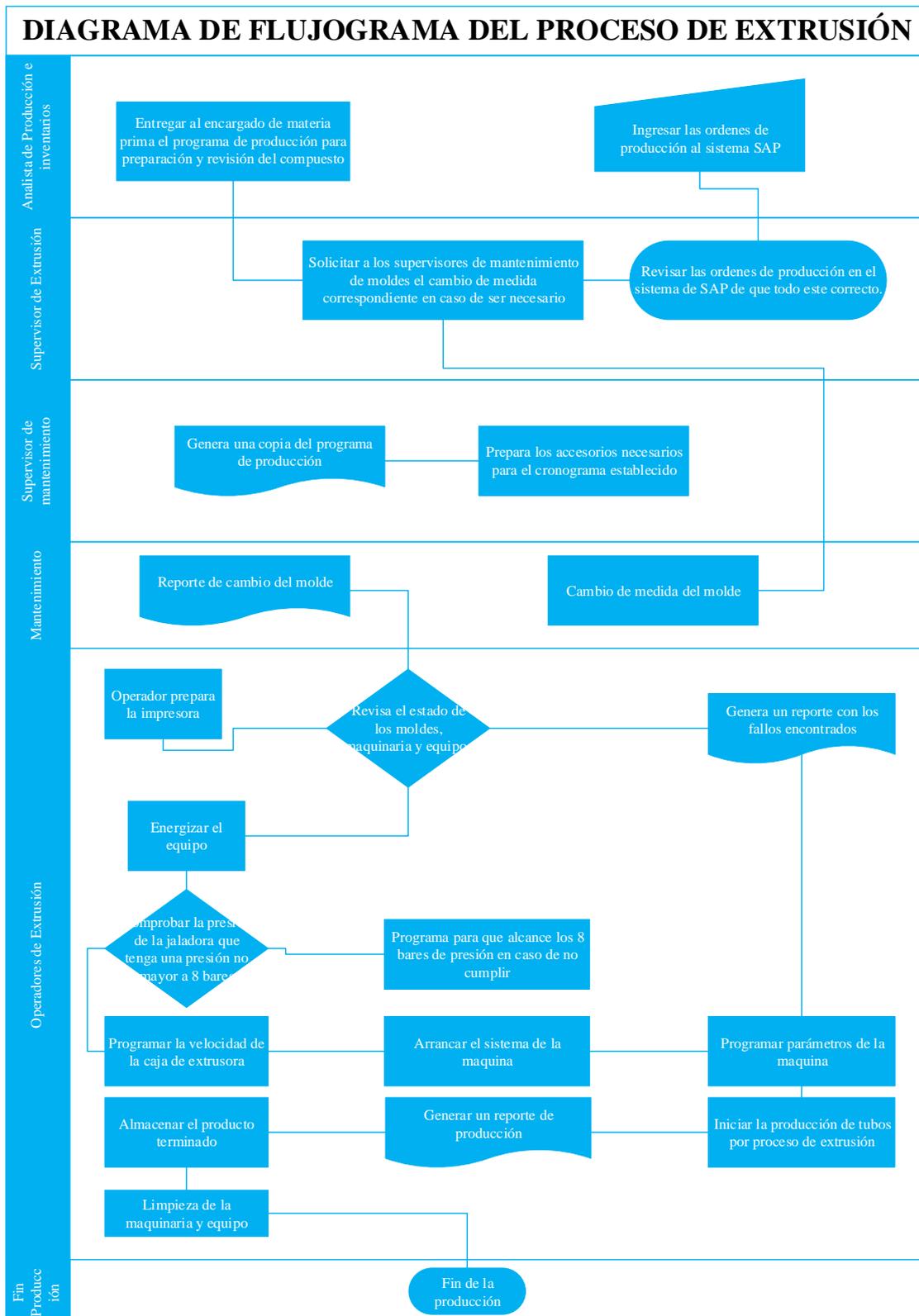
Cronograma de actividades a seguir por metodología SMED.

ACTIVIDADES	SEMANAS																														
	ABRIL					MAYO					JUNIO					JULIO					AGOSTO					SEPTIEMBRE					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1 Preparación de material que se va a utilizar	■	■																													
2 Creación del equipo de trabajo con el que se va a trabajar			■	■																											
3 Analizar el metodo actual de cambio de formato					■	■	■																								
4 Reunión del equipo de trabajo para analizar en detalle el cambio actual								■																							
5 Reunión de equipo de trabajo para determinar mejoras en el cambio									■	■	■																				
6 Clasificar y transformar operaciones internas en externas												■	■	■																	
7 Implementación de herramientas																															
8 Definir un nuevo modo de cambio																															
9 Probar el nuevo modo de cambio																															
10 Afinar la definición del cambio , convertir en procedimiento																															

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Anexo N° 7

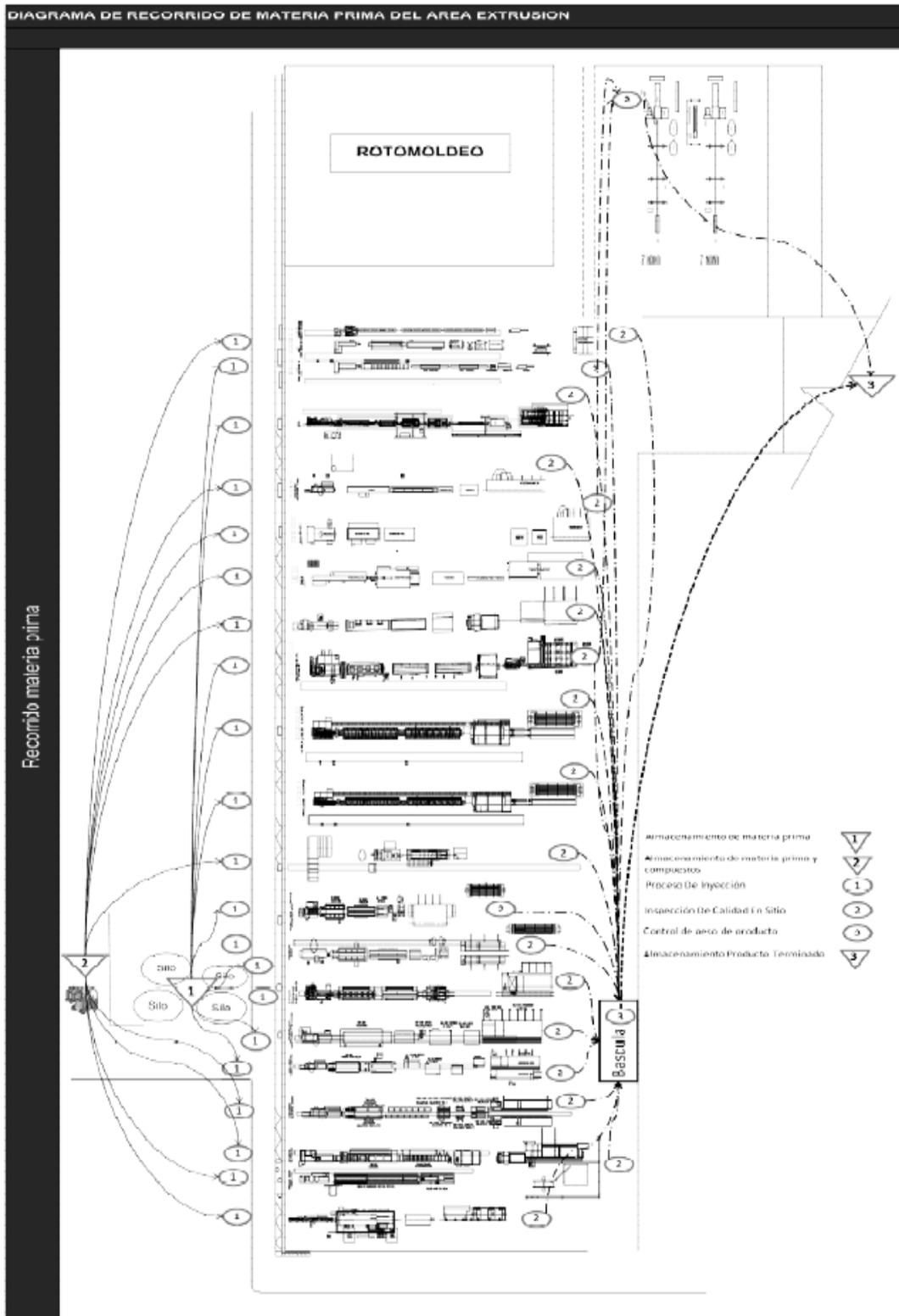
Diagrama de flujo del proceso de Extrusión.



Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

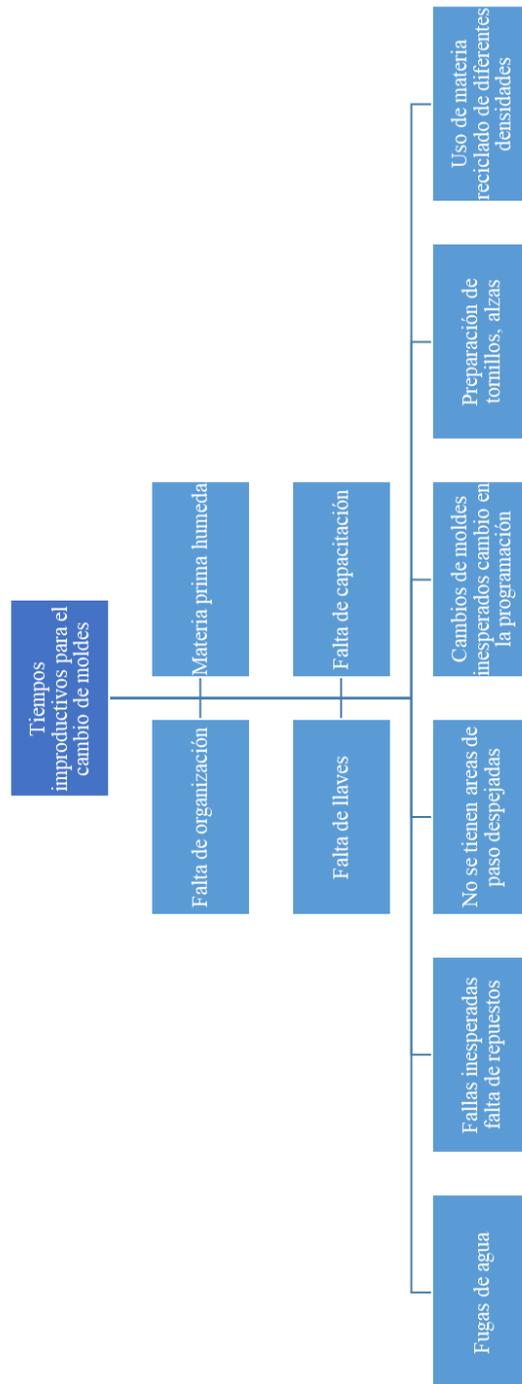
Anexo N° 8

Diagrama de recorrido de Extrusión PVC.



Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Anexo N° 9 Tormenta de Ideas.



Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Anexo N° 10

Plantilla para identificación de tareas internas y externas.

Act.	No	Tareas / Operaciones	Tiempo de ciclo		Categoria (actual)	
			Acumulativo	Unitario	Externa	Interna
	0	Preparación del herramental			x	
	1	Paro de extrusora	0:05:00	0:05:00		x
	2	Bajar pin y corte de resistencia interna	0:20:00	0:15:00		x
	3	Colocación de pin en estiba y eslinga	0:21:00	0:01:00		x
	4	Limpieza de residuos de Pvc del dado	0:23:00	0:02:00		x
	5	Desconexión electrica del molde	0:25:00	0:02:00		x
	6	Bajar cuerpo del dado y ubicarlo	0:31:00	0:06:00		x
	7	Limpieza de residuos de Pvc	0:32:00	0:01:00		x
	8	Refrigerio toma de agua	0:35:00	0:03:00		x
	9	Desacople del Coextrusor	0:38:00	0:03:00		x
	10	Desacople del cabezal sin desconectar	0:50:00	0:12:00		x
	11	Desconexión electrica del cabezal	0:55:00	0:05:00		x
	12	Desaparación del cabezal con eslingas para desarn	1:00:00	0:05:00		x
	13	Posicionar cabezal vertical con ayuda de operaciór	1:07:00	0:07:00		x
	14	Apertura del cabezal con ayuda de eslingas	1:12:00	0:05:00		x
	15	Limpieza de residuos , pilido y armado del cabezal	4:20:00	3:08:00		x
	16	Ajuste final de tornilleria	4:30:00	0:10:00		x
	17	Espera de electricista para conexión del mandril	4:40:00	0:10:00		x
	18	Quitar tornillo de sujeción del cambia mallas	4:45:00	0:05:00		x
	19	Desacoplar y sacar cilindros e iniciar limpieza	5:05:00	0:20:00		x
	20	Almuerzo	6:05:00	1:00:00		x
	21	Limpieza del cambia mayas y del acople	6:39:00	0:34:00		x
	22	Bajar adaptador	6:52:00	0:13:00		x
	23	Limpiar purga del barril	7:09:00	0:17:00		x
	24	Sacar tornillo y pulir	9:40:00	2:31:00		x
	25	Montaje y acoplamiento del tornillo	9:57:00	0:17:00		x
	26	Montaje del adaptador	10:23:00	0:26:00		x
			Tiempo actual	10:23:00		

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Anexo N° 11

Check list para preparación de herramientas.

HERRAMIENTAL				
	DESCRIPCION	ESTADO	MEDIDA	REVISIONES
1	Baquillas			
2	Mandril			
3	Pinos			
4	Base Mandril			
5	Calibrador			
6	Guiso			
7	Cuchetas			

LISTADO DE HERRAMIENTAS

	DESCRIPCION	VERIFICACION
1	Carro porta Herramienta	
2	Carro para limpieza de bridas	
3	Torquímetro	
4	LLAVES ALLEN (22,19,17,14,10, 5/16)	
5	LLAVES BOCA FIJA (36 mm Y 24 mm)	
6	Cops Allen Cadrante 1/2 para 17 mm , 14 mm y 19 mm	
7	Alicates	
8	Destornillador plano y de estrella	
9	Destornillador Perillero	
10	Tijeras , Cuchillo	
11	listerna	
12	palidors	
13	motor tool (racer 3/8 NPT x 10 OD + manquera 10mm)	
14	cachorcos 3 pulgadas	
15	Barros de bronce	
16	Tubos de palanca	
17	Especificas	
18	Kit limpieza de barril	
19	Extractor de tornillo	
20	Soporte de Pintip	
21	Esquico (pencillo y cuadruple)	
22	Perros (deben quedar paestos)	

LISTADO DE ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL

	DESCRIPCION	VERIFICACION
1	Oxeroel, botas, Gafas de Seguridad, Tapasoides, Casco	
2	Pechera es camisa	
3	Mantas para altas temperaturas	
4	Gasates para altas temperaturas (Kevlar)	
5	Gasates tipo inquisicero	
6	Gasates anticorte	
7	Mascara para gases	

	DESCRIPCION	VERIFICACION
1	INSUMOS	
2	AEROPACK 5-50	
3	PASTA DE COBRE	
4	CINTA	
5	SCOTCH LA MAQUINA 14 X 10	
6	MADEROS	
7	ESTIBAS (planos de Trabajo)	
8	Silla Para limpieza de Orificios	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

Responsable de Alistamiento

Victor Basso de Lider de Proceso

Información tomada de Mexichem Ecuador S.A., Elaborado por el autor.

Bibliografía

- Aiteco Consultores.SL. (2018). Obtenido de <https://www.aiteco.com/histograma/>
- Aprendiendo Calidad. (2017). Obtenido de <https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-pareto/>
- Calidad, I. d. (2018). Obtenido de Ingeniería de Calidad:
<https://www.ingenieriadecalidad.com/2018/10/que-es-smed.html>
- Chase, Jacobs, & Aquilano. (2009). Obtenido de
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20231/1/CD%209690.pdf>
- E. W., D. (1989). Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013/1283/calidad.html>
- Estrada, F., Mussen, J., & Manyoma, P. (s.f.). XVI INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT. Obtenido de Challenges and Maturity of Production Engineering: competitiveness of enterprises, working conditions, environment.:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TI_ST_113_739_16685.pdf
- Fernández, P., & Díaz, P. (Noviembre de 2017). Obtenido de
https://www.fisterra.com/gestor/upload/guias/cuanti_cuali2.pdf
- Francisco Espin Carbonell. (2014). TÉCNICA SMED. REDUCCIÓN DEL, 4.
- Guillermo Gómez, C. (1997). Obtenido de
<https://es.scribd.com/document/139311509/Flujograma-pdf>
- Hueso, A., & Cascant, J. (s.f.). Metodologías y técnicas cuantitativas de investigación. Obtenido de
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17004/Metodolog%C3%ADa%20y%20t%C3%A9cnicas%20cuantitativas%20de%20investigaci%C3%B3n_6060.pdf?sequence
- Izquierdo, C. F. (2016). Ingeniería de Autocomoción. Obtenido de
<https://ingenieriadeautomocion.wordpress.com/2016/02/16/la-metodologia-smed/>
- José Domenech. (s.f.). Obtenido de
http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_Correlacion_Dispersion.pdf
- Kaoru Ishikawa. (1988). Obtenido de <https://www.pablogiugni.com.ar/kaoru-ishikawa/>
- Kazukiyo. (1991). El Mejoramiento de la Productividad en el Sector Público. Revista Clad. Vol. 8, 18.
- Krajewski. (2017). Obtenido de
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20231/1/CD%209690.pdf>

- Lefcovich, M. (2018). SMED. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/Capitulo3.pdf>
- Mexichem, E. (s.f.). Sobre Nosotros. Obtenido de <http://plastigama.com/sobre-nosotros/>
- Müller, J. (2018). METOLOGIA SMED - LEAN MANUFACTURING. Obtenido de [file:///C:/Users/alexander.gamarra/Downloads/03-Cap%203%20Herramienta%20SMED%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/alexander.gamarra/Downloads/03-Cap%203%20Herramienta%20SMED%20(1).pdf)
- Palermo. (s.f.). Rotomoldeo Materiales y Proceso. Obtenido de https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/23839_78931.pdf
- Penfield, D. (s.f.). aprendiendocalidadyadr. Obtenido de <https://aprendiendocalidadyadr.com/hoja-de-verificacion-o-de-chequeo/>
- Petroquim. (s.f.). Obtenido de <http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>
- Polimeros, P. (s.f.). Textos científicos. Obtenido de Polimeros PVC: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>
- Progressa LEAN. (s.f.). Obtenido de http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm
- Quiminet. (2015). ¿Cómo funcionan las máquinas rotomoldeadoras? Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/como-funcionan-las-maquinas-rotomoldeadoras-2585019.htm>
- Redactores, & Profesionales. (2019). Obtenido de <https://www.tutareaescolar.com/importancia-de-la-productividad.html>
- Repplinger. (2017). Obtenido de <https://www.lifeder.com/fuentes-primarias-secundarias/>
- Reynoso, S. L. (s.f.). Los Polímeros Plásticos. Obtenido de <https://todoenpolimeros.com/procesos-de-extrusion/>
- Rodriguez, J. (s.f.). Obtenido de MAQUINA INYECTORA DE PLASTICO: <https://comunidad.socialab.com/challenges/jovenes/idea/21867>
- Roger G. Schroeder, M. H. (s.f.). Administración de operaciones.
- Shingo, S. T. (1987). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/Capitulo3.pdf>
- Tue, P. M., Mehtha, P., & Mutio, J. (2016). Obtenido de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_553925.pdf
- University B. G. (2017). Obtenido de <https://www.lifeder.com/fuentes-primarias-secundarias/>