



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

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ROTOMOLDEO

Enrique Estuardo Vásquez Rodríguez

Asesorado por el Ing. Selvin Estuardo Joaquín Juárez

Guatemala, septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE
ROTOMOLDEO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ENRIQUE ESTUARDO VÁSQUEZ RODRIGUEZ

ASESORADO POR EL ING. SELVIN ESTUARDO JOACHIN JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de La Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ROTOMOLDEO

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



Enrique Estuardo Vásquez Rodríguez



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.ASP.EMI.041.021
Guatemala, 21 de abril 2021.

Ingeniero
Selvin Estuardo Joachin Juárez
Asesor

Un cordial saludo:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que el Ing. José Rolando Chávez Salazar, fue nombrado como revisor del Trabajo de Graduación Titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ROTOMOLDEO**, del estudiante universitario **Enrique Estuardo Vásquez Rodríguez**, hacemos de su conocimiento los cambios realizados para su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Encargado de Asignación de Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Vo.Bo.
Ing. Selvin Estuardo Joachin Juárez
Asesor





ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.048.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ROTOMOLDEO**, presentado por el estudiante universitario **Enrique Estuardo Vásquez Rodríguez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Ing. José Rolando Chávez Salazar
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4,317*

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.079.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ROTOMOLDEO**, presentado por el estudiante universitario **Enrique Estuardo Vásquez Rodríguez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2021.

/mgp

DTG. 389.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ROTOMOLDEO**, presentado por el estudiante universitario: **Enrique Estuardo Vásquez Rodríguez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, septiembre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi creador, guía y fuente de sabiduría en todo momento de mi vida.
- Mis padres** Enrique Vásquez y Ethelvina de Vásquez, por ser los maestros de mi vida a través de su amor, ejemplo y dedicación, este triunfo es de ustedes, los amo.
- Mi esposa** Lisbeth Chacón, por ser el pilar fundamental en mi vida, mi fuente de inspiración y el amor de mi vida que me impulsa a ser mejor todos los días. Tu amor y tu ejemplo serán siempre mi inspiración. ¡Lo logramos! Te amo mi amor.
- Mis hijas** Constanza, por ser el ángel que me ama desde el cielo y quien me ha hecho tan fuerte en la vida. Annelise, por ser mi princesa, la que me inspira y me alegra todos los días. Las amo mis princesas.
- Mi hermana** Anya Vásquez, por ser una importante influencia en mi vida a través de tu dedicación, apoyo, cariño y ejemplo. Te amo.

Mis suegros

Miguel Chacón y Ruth Lemus, por su apoyo incondicional en todo momento, gracias por el cariño y por siempre motivarme a seguir adelante.

Mis abuelos

Agusto Caravantes y Amanda Rosario. Gracias por cuidarme y darme tanto amor en la vida, mi abuela Antonieta Gálvez y mi abuelo Elvidio Santizo, quienes me cuidan desde el cielo, gracias por su amor, enseñanzas y ejemplo en la vida.

Mis tíos

Por su cariño, apoyo y enseñanzas en todo momento.

Mi asesor

Ing. Selvin Joaquín, por el tiempo, apoyo y por compartir tan valioso conocimiento, siempre dispuesto a apoyar al estudiante.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma máter</i> , a quien le debo tantos conocimientos aprendidos y por darme la oportunidad de formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por haberme permitido formarme en sus aulas y por pertenecer a esta excelente Facultad.
Mis amigos de la Facultad	Kevin Bautista y Evelin Velásquez, por esa amistad y por los buenos momentos compartidos en la Universidad de San Carlos de Guatemala.
ROTOTEC, S. A.	Por darme la oportunidad de poner en práctica los conocimientos en su empresa.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
JUSTIFICACIÓN.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Inicios de la empresa en Guatemala	1
1.2. Información general.....	1
1.2.1. Ubicación.....	3
1.2.2. Misión	4
1.2.3. Visión.....	4
1.2.4. Valores	4
1.2.5. Organización.....	5
1.3. Tipo de organización	5
1.3.1. Organigrama.....	5
1.4. Productos	6
1.4.1. Características.....	7
2. HISTORIA DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO POR ROTOMOLDEO	15
2.1. Inicios del rotomoldeo.....	15
2.1.1. Métodos.....	17

2.1.2.	Materia prima	17
2.2.	El rotomoldeo en Guatemala.....	17
2.2.1.	Empresas	18
2.2.2.	Evolución en la industria.....	18
2.2.3.	Métodos.....	19
2.2.4.	Maquinaria.....	20
2.2.5.	Moldes.....	26
2.3.	Productos por rotomoldeo	28
2.3.1.	Tipos de productos.....	29
2.3.2.	Ventajas	29
2.3.3.	Acabados	29
3.	ANÁLISIS DE PROCESOS.....	31
3.1.	Optimización en procesos industriales	31
3.1.1.	Productividad, según la Ingeniería de Métodos.....	31
3.1.2.	Círculo de Deming o mejora continua	39
3.1.3.	Manufactura esbelta.....	41
3.2.	Procesos de entradas	43
3.2.1.	Evaluación del almacenaje de materia prima.....	43
3.2.2.	Medición de pesos	44
3.2.3.	Manipulación de materia prima	47
3.3.	Procesos de producción.....	48
3.3.1.	Diagrama de flujo de operaciones.....	48
3.3.2.	Diagrama de recorrido.....	54
3.3.3.	Diagrama hombre-máquina actual	55
3.3.4.	Tiempo estándar	56
3.4.	Procesos de salida.....	66
3.4.1.	Almacenaje de producto terminado.....	67

4.	IMPACTO DE LA OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA PLÁSTICA POR ROTOMOLDEO	69
4.1.	Identificación de oportunidades de mejora	69
4.1.1.	Mejora al sistema de producción	69
4.1.2.	Áreas que conforman al sistema	70
4.1.3.	Actualización de los procedimientos de fabricación	71
4.2.	Mejora a los procesos.....	72
4.2.1.	Diagrama de procesos mejorados	72
4.2.2.	Propuesta de almacenaje de materia prima	78
4.3.	Aseguramiento de la calidad	80
4.3.1.	Plan de mejora continua	80
4.3.2.	Auditoría de procesos.....	84
4.3.3.	Control de procesos.....	85
5.	MEDICIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES EN LA INDUSTRIA PLÁSTICA POR ROTOMOLDEO	87
5.1.	Resultados esperados.....	87
5.2.	Ventajas y beneficios de aplicación.....	89
5.3.	Evaluación de los Índices de productividad.....	90
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de ROTOTEC, S. A.	3
2.	Organigrama.....	6
3.	Tanques línea económica	7
4.	Tanques y cisternas espumados.....	8
5.	Aljibes.....	9
6.	Pilas.....	10
7.	Fosas sépticas	11
8.	Conos.....	12
9.	Máquina Rock-and-roll	21
10.	Máquina Clamshell.....	22
11.	Máquina vertical o hacia arriba	23
12.	Máquina de traslado.....	24
13.	Máquina Carrusel.....	25
14.	Molde de tanque para agua	26
15.	Molde de separador vial.....	27
16.	Simbología de diagramas del proceso	49
17.	Pila plástica	50
18.	Diagrama de flujo del proceso actual	51
19.	Diagrama de recorrido del proceso actual.....	54
20.	Diagrama hombre-máquina actual	55
21.	Descomposición del ciclo del trabajo	56
22.	Calificación de la actuación.....	59

23.	Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.....	62
24.	Sistema de producción	71
25.	Diagrama de flujo del proceso mejorado	73
26.	Diagrama de recorrido mejorado	76
27.	Círculo de Deming	81
28.	Cronograma de la planeación por área.....	82

TABLAS

I.	Eficiencia y eficacia.....	35
II.	Medición del peso de materia prima para pilas plásticas.....	45
III.	Materia prima desperdiciada.....	47
IV.	Medición de tiempo estándar	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
kg	Kilogramo
m	Metro
n	Número de lecturas
%	Porcentaje
Tn	Tiempo normal
Te	Tiempo promedio

GLOSARIO

BPM	Gestión de procesos de negocio.
CNC	Control numérico por computadora.
FDA	Food and Drug Administration, Agencia de Drogas y Alimentos, ente encargado de la regulación de los alimentos para fortalecer la salud de los consumidores.
KPI	Por sus siglas en inglés; Key performance indicator, indicador clave de rendimiento.
PEPS	Primero en entrar y primero en salir, sistema de inventarios utilizado en la industria alimenticia para garantizar la rotación a tiempo de los productos.
Polietileno	Polímero preparado a partir de etileno.
PVC	Material termoplástico obtenido de cloruro de vinilo.

RESUMEN

La optimización de procesos tiene como finalidad primordial garantizar la correcta utilización de los recursos, mediante la aplicación de los diferentes métodos y técnicas proporcionados por la Ingeniería de Métodos, con el propósito de producir la mayor cantidad de productos con los mismos recursos o bien producir la misma cantidad de productos utilizando menor cantidad de recursos para lograr aumentar la productividad.

En la actualidad, muchas empresas de producción operan a través de la utilización de métodos empíricos, lo cual impide la maximización de los recursos empleados al momento de operar, por lo que el análisis de los procesos de producción de una empresa dedicada a la transformación de materia prima y la correspondiente propuesta de mejoras, es de alta relevancia para la eficiencia de los planes y proyecciones en cualquier empresa de producción.

Los pasos a seguir para lograr la optimización en los procesos incluyen: entender la situación actual a través de la creación del diagrama de flujo de operaciones, el diagrama de recorrido, el diagrama hombre-máquina y el análisis del tiempo estándar; segundo, definir la propuesta de mejora; tercero, implementando la propuesta de mejora en el proceso de producción para obtener mejores resultados.

Las propuestas de mejora implementadas en el proceso de producción siempre deben ser medidas, analizadas y mejoradas para lograr siempre la mejora continua bajo el concepto del círculo de calidad o mejor conocido como Círculo de Deming.

OBJETIVOS

General

Optimizar el proceso de producción de ROTOTEC, S. A. para utilizar los recursos de una manera más eficiente y eficaz.

Específicos

1. Implementar un método eficiente para el ahorro de materia prima.
2. Reducir el tiempo de preparación de los productos plásticos rotomoldeados para fabricar más productos en el mismo tiempo.
3. Incrementar la productividad en el proceso de producción, utilizando las herramientas proporcionadas por la Ingeniería de Métodos para incrementar el retorno de la inversión.
4. Identificar y eliminar las causas que provocan la elaboración de productos defectuosos, para implementar una cultura de calidad dentro de la organización.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de graduación se realizó en ROTOTEC, S. A, ya que es una empresa que fabrica y comercializa productos plásticos rotomoldeados. Con el objetivo de realizar la optimización del proceso de producción, porque actualmente hay pedidos que no se entregan a tiempo. Este problema se da en el área de Producción, ya que existen cuellos de botella no identificados en la línea de producción.

Debido a la mala utilización de los recursos para la elaboración del producto durante el proceso, al momento de pesar la materia prima (resina plástica en polvo de polietileno lineal), el operario toma la materia prima con un recipiente y la coloca sobre la pesa; es en este momento cuando se tiene merma que cae al suelo debido al método utilizado para este procedimiento.

En el área de Producción existe un jefe de planta; quien posee únicamente conocimientos empíricos, por lo que en el proceso actual faltan conocimientos de ingeniería para que este sea eficiente. Al optimizar el proceso de producción en ROTOTEC, S. A. se reducirán los costos directos y la productividad del proceso de producción aumentará por la correcta utilización de los recursos mediante la optimización del proceso producción.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del trabajo está basado en la optimización de procesos industriales, la cual forma parte de las líneas de investigación que deben desarrollarse en los estudios de pregrado de la Escuela de Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se pretende con esta investigación mejorar el proceso de producción en ROTOTEC, S. A.

Por la versatilidad que tiene el proceso productivo de rotomoldeo, permite a las diferentes industrias de esta rama fabricar distintos tipos de productos plásticos en cuanto a formas y dimensiones se refiere. La demanda de estos productos fabricados por ROTOTEC, S. A. aumenta considerablemente cada año debido a la creatividad e innovación de los productos que actualmente están siendo lanzados al mercado. Esto es posible debido al trabajo que realiza el Departamento de Mercadeo de manera conjunta con los departamentos de Ventas y Producción; ya que los productos plásticos rotomoldeados se encuentran dentro de un mercado muy competitivo en Guatemala y Centro América.

Se presenta el análisis del proceso productivo por medio de las diferentes técnicas que proporciona la Ingeniería de Métodos, también se muestra cómo el círculo de Deming ayuda al aumento de la productividad por medio de la calidad de una manera holística. En cuanto al sistema de producción se muestran las oportunidades de mejora y cómo estas se pudieron mejorar por el uso de técnicas brindadas por la ingeniería, como la elaboración de diagramas de recorrido,

diagrama hombre-máquina, diagrama de flujo de operaciones del proceso y toma de tiempos; utilizando el método de tiempo estándar.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

ROTOTEC, S. A. es una sociedad anónima que lleva más de 18 años de estar posicionada en el mercado, distribuye sus productos plásticos rotomoldeados en todos los departamentos de Guatemala. También en la región centroamericana en países como: Costa Rica, El Salvador y Nicaragua. La sociedad fue formada por un ingeniero italiano, visionario en el afán de ayudar y contribuir al desarrollo de Guatemala por medio de la fabricación de productos para almacenar agua como los tanques o tinacos conocidos en el interior de la República de Guatemala, debido a la escasez de agua potable existente en diferentes regiones del país.

De esta forma ROTOTEC, S. A. se posicionó en el mercado y es uno de los mayores productores y distribuidores de productos rotomoldeados en el país.

1.2. Información general

El proceso de rotomoldeo permite elaborar los productos en una sola pieza, sin uniones y a prueba de fallas. En dicho proceso se utiliza como materia prima resina plástica en polvo de polietileno lineal, importada de Europa, EE. UU. y México, sin utilizar material reciclado. Dichas resinas contienen antioxidantes y aditivos que previenen los efectos del medio ambiente, incluso los rayos ultravioletas de la luz solar, permitiendo que los productos se utilicen al exterior.

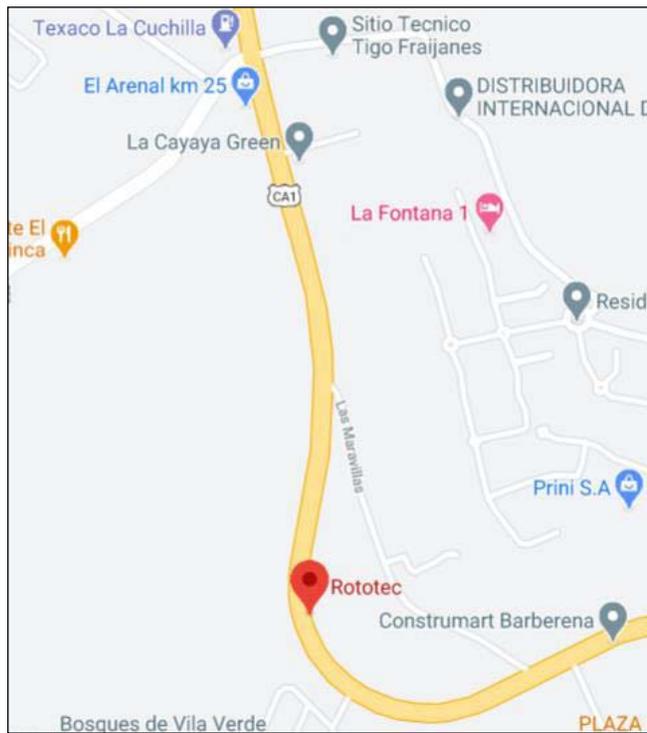
El sistema de fabricación llamado rotomoldeo consiste en hacer girar un molde previamente llenado con resina de polietileno en polvo, sobre dos ejes perpendiculares entre sí, introduciéndolo automáticamente en un horno que eleva su temperatura y permite a la resina pasar del estado sólido a líquido y extenderse sobre la superficie interior del molde, formando una capa de espesor uniforme. Seguidamente el mismo molde abandona el horno y se introduce en una cámara de enfriamiento, donde sin dejar de rotar, es sometido a un flujo de aire frío, lo cual permite que la capa plástica formada en su interior se endurezca. Por último, se procede a la apertura del molde y a la extracción de la pieza producida.

ROTOTEC, S. A. garantiza la calidad de sus productos utilizando parámetros administrados por computadora, monitoreados constantemente, por lo que están menos sujetos a fallas estructurales que los tradicionales de mampostería, de cemento, de fibra de vidrio o hasta los que han sido rotomoldeados en procesos semimanuales o no controlados.

1.2.1. Ubicación

ROTOTEC, S. A. está ubicada en kilómetro 26,6 carretera a El Salvador Villa Canales, Guatemala.

Figura 1. Ubicación de ROTOTEC, S.A.



Fuente: Google Maps. *Ubicación.*

<https://www.google.com/maps/place/Rototec/@14.4651241>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

1.2.2. Misión

“Fabricar y comercializar productos plásticos rotomoldeados con tecnología italiana de vanguardia, que garanticen resistencia, duración superior y de la más alta calidad, utilizando materias primas vírgenes, no contaminantes, para ofrecer al consumidor final la mejor opción en el país”¹.

1.2.3. Visión

“Ser líderes en toda la República de Guatemala por su innovación, calidad, excelencia, servicio y valor. Utilizando materias primas vírgenes, no contaminantes, para ofrecer al consumidor final la mejor opción en toda Centro América”².

1.2.4. Valores

En ROTOTEC, S. A. el trabajo en equipo, la responsabilidad, la integridad y la honestidad son valores que tienen prioridad sobre todas las cosas y se debe actuar con total apego a éstos en todas las relaciones de trabajo, de negocio y ante la sociedad.

Trabajo en equipo: es coordinar e integrar esfuerzos entre varias personas que se necesitan entre sí para lograr un resultado; es embarcarse en una misma empresa o en una misma causa.

Responsabilidad: es el cumplimiento de las obligaciones o el cuidado al tomar decisiones o realizar algo.

Integridad: es la total gama de aptitudes poseídas por una persona.

Honestidad: es una cualidad de calidad humana que consiste en comportarse y expresarse con coherencia y sinceridad (decir la verdad)³.

¹ ROTOTEC, S. A. *Misión, Visión y Valores*. <https://www.rototec.com.gt/acerca-de-nosotros>.

² *Ibíd.*

³ *Ibíd.*

1.2.5. Organización

La organización está constituida como una sociedad anónima, la cual está debidamente registrada bajo el nombre comercial ROTOTEC, S. A. con el nombre de razón social de ROTOTEC, sociedad anónima.

1.3. Tipo de organización

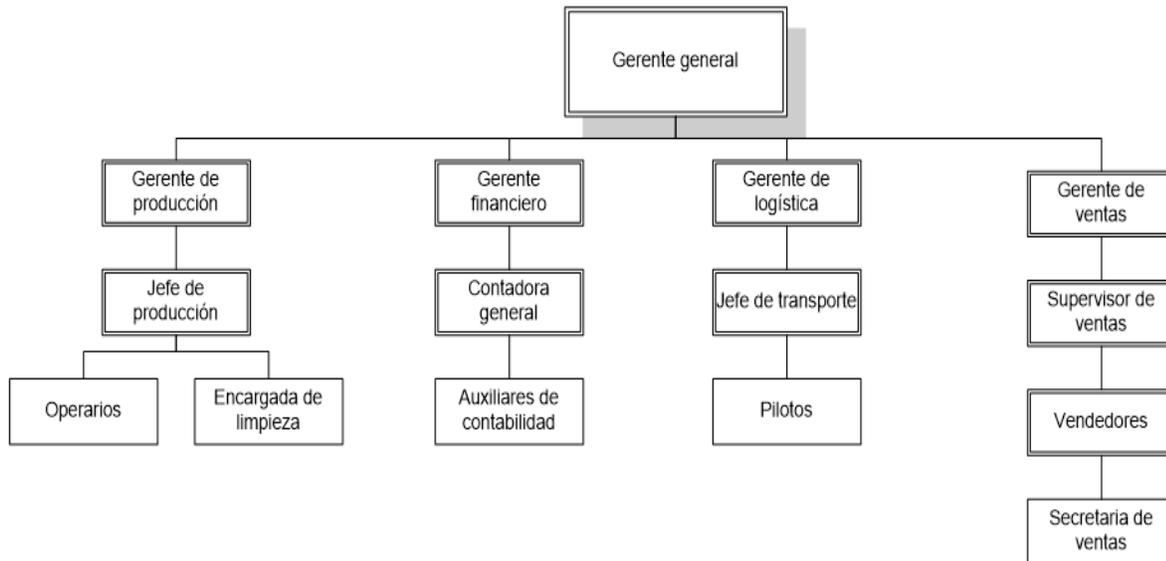
Sociedad anónima es la que tiene el capital dividido y representado por acciones. La responsabilidad de cada accionista está limitada al pago de las acciones que hubiere suscrito. Según el Código de Comercio, artículos 10 y 86.

En su constitución se observarán los artículos 14 a 55 y 86 a 194 del Código de Comercio y 29 al 32 y 47 del Código de Notariado. La Asamblea General o Junta Directiva de la Sociedad, nombrará un representante legal, quien tendrá la función de administrador único y gerente general.

1.3.1. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama con que cuenta la empresa ROTOTEC, S. A.

Figura 2. **Organigrama**



Fuente: elaboración propia, con información de ROTOTEC, S. A.

El organigrama que se presenta describe los puestos de los funcionarios y colaboradores de la empresa ROTOTEC, S. A., el fin ilustrativo del mismo es mostrar el orden del nivel de jerarquía que se tiene por parte de los funcionarios, para la toma de decisiones.

1.4. **Productos**

El proceso utilizado en ROTOTEC permite crear productos en una sola pieza, sin uniones y aprueba de fallas. En dicho proceso se utiliza como materia prima resina plástica en polvo de polietileno lineal, importada de Europa, Estados Unidos y México. Las materias primas vírgenes no contaminantes.

Sus primeros productos fueron los tanques para agua y fosas sépticas con el objetivo de ayudar a la población guatemalteca, debido a la escasez de agua potable en las diferentes regiones del país. Actualmente, su gama de productos

ha crecido debido a la innovación del propietario de la empresa; el cual ha colocado en el mercado productos novedosos que no se producen en otras empresas que poseen el mismo tipo de negocio en Guatemala.

1.4.1. Características

Existen dos tipos de series de tanques y cisternas, los cuales son: serie espumada, serie compacta y línea económica.

Figura 3. **Tanques línea económica**



Fuente: ROTOTEC, S. A. *Línea económica*. <https://www.rototec.com.gt/línea-económica#>.
Consulta: 28 de octubre de 2014.

La serie espumada cuenta con una capa de polietileno compacto negro en el exterior que le brinda resistencia que impide el paso de la luz al interior al tanque, evitando el crecimiento de algas y bacterias. La serie compacta cuenta con las siguientes capacidades: 450, 750 y 1 100 litros.

Figura 4. **Tanques y cisternas espumados**



Fuente: ROTOTEC, S. A. *Línea premium*. <https://www.rototec.com.gt/línea-premium>.

Consulta: 28 de octubre de 2014.

En el interior cuenta con una capa blanca de polietileno espumado, compuesta con un material antibacterial que evita la reproducción de bacterias y proporciona al agua almacenada, fresca y una mejor visibilidad de su interior.

La serie compacta cuenta con las siguientes capacidades: 2 100, 3 100, 4 100, 6 000 y 8 000 litros. Esta serie está formada de varias capas uniformes del mismo material de polietileno compacto. Esto permite que el tanque cisterna tenga una mayor resistencia, ya que las medidas de esta serie son también indicadas para ser enterradas.

La línea económica está diseñada para satisfacer las necesidades del cliente que busca un tanque de mayor capacidad de almacenamiento, pero que no necesita resistencia estructural para que el tanque sea enterrado. Esta línea es para instalación aérea estrictamente.

Aljibes: está diseñado para la recolección de agua de lluvia. Este tiene una entrada en la parte superior de 3" para conectar la tubería proveniente de la canal del techo. De manera que el agua de lluvia que se desliza sobre el tejado, sea almacenada en el aljibe.

Figura 5. **Aljibes**



Fuente: ROTOTEC, S. A. *Aljibes*. <https://www.rototec.com.gt/aljibes> > Consulta: 28 de octubre de 2014.

Pilas: por su tubería externa, las pilas Rototec, no generan malos olores, ni la proliferación de bacterias, a diferencia de otros modelos en el mercado en que la tubería pasa a través de las patas. Asimismo, por su estabilidad, no necesitan fundición de concreto para su funcionamiento, son resistentes a la intemperie e impactos, no se enmohecen y son fáciles de transportar. Se encuentran disponibles en color azul, terracota, beige y café.

Figura 6. **Pilas**



Fuente: ROTOTEC, S. A. *Pilas*. <https://www.rototec.com.gt/pilas>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

Son fabricadas en polietileno certificado por la FDA de Estados Unidos para uso de agua potable, posee un diseño ergonómico que evita lastimarse los nudillos al momento de lavar, posee filtro, desagüe y tapón de bronce para mayor duración.

Fosas sépticas: las Rototec son perfectas para el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias, especialmente en lugares donde no hay sistemas de drenaje o alcantarillado municipal.

El tratamiento de las aguas residuales domiciliarias tiene como objetivo que los desechos líquidos y sólidos sean manejados en forma higiénica y efectiva, evitando cualquier tipo de contaminación.

Figura 7. **Fosas sépticas**



Fuente: ROTOTEC, S. A. *Fosas sépticas*. <https://www.rototec.com.gt/fosas-s-pticas>.

Consulta: 28 de octubre de 2014.

Se fabrican fosas sépticas de distintas capacidades: 1 100, 2 100, 3 100, 4 100, 6 000 y 8 000 litros.

Conos: fabricados de polietileno linear resistente a los rayos UV, son livianos para facilidad de transporte, apilables para facilidad de almacenaje, no se decoloran y se encuentran en color naranja y verde.

Figura 8. **Conos**



Fuente: ROTOTEC, S. A. *Conos*. <https://www.rototec.com.gt/conos>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

Tanques químicos: poseen alta resistencia química, inoxidable para uso alimenticio, tiene tapadera hermética con empaque y un hojal para marchamos. Se fabrica únicamente en capacidad para 1 100 litros.

Tanques para picop: tienen la capacidad de transportar 1 000 litros, por su rompeolas incorporado le permite maniobrar el vehículo con mayor seguridad, posee canales para fajas de amarre para evitar cualquier movimiento dentro de la palangana, así como subirlo y bajarlo por medio de un polipasto o grúa, aun estando lleno. El tamaño universal hace que se utilice en cualquier palangana.

Carrete plástico: perfecto para enrollar pitas, lazos, cables, cintas, listones, cordeles, empaques y mangueras. Liviano, no se apolilla y es muy resistente.

Lancha aventura: está fabricada con polietileno estabilizado a los rayos UV, nylon resistente y acero inoxidable. Puede ser utilizado en agua dulce o salada, no necesita mantenimiento alguno.

Puede ser utilizada como bote, como lancha de pesca, de transporte o de recreo. Es fácil de llevar en el techo de un vehículo o en picop. En la parte trasera puede ser equipada con un motor de 3,2 caballos de fuerza o con un set de remos de madera importados.

Silos: resistentes a productos químicos como herbicidas o fertilizantes, no se oxidan, no se corroen, son poco susceptibles a cambios de temperatura, por lo que mantienen los granos a una temperatura más constante, y así los granos almacenados permanecen en buen estado por mucho tiempo. Tiene capacidad para almacenar 18 quintales y el material del cual está fabricado está aprobado por la FDA de Estados Unidos para uso alimenticio.

Basureros: los megabotes y superbotes se encuentran en capacidades de 60 y 40 galones respectivamente. Ideal para reciclar por la diversidad de colores disponibles, resistente a sustancias químicas, posee ruedas para desplazamiento, tapadera abatible es lavable e impermeable.

Macetas: tipo toscano con acabado imitación barro. Altamente resistentes a impactos y fabricadas con los más altos estándares de calidad. Resistentes a fertilizantes o químicos y no se enmohecen.

Súper cama: es una cama plástica de tamaño imperial la cual no se oxida, es 100 % plástico, tienen patas desarmables y variedad de colores.

2. HISTORIA DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO POR ROTOMOLDEO

2.1. Inicios del rotomoldeo

En 1855, R. Peters de Gran Bretaña documentó el primer uso de la rotación biaxial y el calor. Este proceso de moldeo rotacional se utilizó para crear proyectiles de artillería de metal y otros recipientes huecos. El objetivo principal del uso de moldeo rotacional era crear consistencia del espesor de pared y la densidad. En 1905, en los Estados Unidos FA Voelke utilizó este método para el vaciamiento de objetos de cera.

Proceso de las ventajas de hacer huevos de chocolate huecos en 1910, moldeo rotacional desarrollando y RJ Powell utiliza este proceso para moldura de escayola de París en la década de 1920. Estos primeros métodos que utilizan diferentes materiales dirigidos los avances en la forma en moldeo rotacional se utiliza actualmente con los plásticos.

Fueron introducidos en el proceso de moldeo rotacional en la década de 1950. Una de las primeras aplicaciones fue la fabricación de cabezas de muñecas. La maquinaria estaba hecha de una máquina azul E-cuadro de horno, inspirado por un eje trasero de General Motors, impulsado por un motor eléctrico externo y calentada por quemadores de gas montados en el suelo.

El molde se hizo de electroformada níquel-cobre y plástico; era un plastisol de PVC líquido. El método de enfriamiento consistió en colocar el molde en agua

fría. Este proceso de moldeo rotacional condujo a la creación de otros juguetes de plástico.

Con el aumento de la demanda y la popularidad de este proceso, ya se utiliza para crear otros productos, tales como los conos de carretera, boyas marinas y los apoyabrazos del coche.

Esta popularidad llevó al desarrollo de la maquinaria más grande. Un nuevo sistema de calefacción también se creó, al pasar de los chorros de gas originales directos al sistema de aire de alta velocidad indirecta actual. En Europa, durante la década de 1960 se desarrolló el proceso de Engel. Esto permitió la creación de grandes recipientes huecos para ser creados en polietileno de baja densidad. El método de refrigeración consistía en apagar los quemadores, permitiendo que el plástico se endurezca mientras que todavía balanceo en el molde.

En 1976, la Asociación de Moldeadores de Rotación se inició en Chicago como una asociación de comercio en todo el mundo. Su objetivo principal es aumentar el conocimiento de la tecnología de moldeo rotacional y el proceso.

En la década de 1980, los nuevos plásticos, tales como policarbonato, poliéster, nylon se introdujeron para moldeo rotacional. Esto ha dado lugar a nuevos usos para este proceso, tales como la creación de depósitos de combustible y molduras industriales. La investigación que se ha hecho desde la década de 1980 en la Universidad de Queen en Belfast ha llevado al desarrollo de la vigilancia y control de los procesos de refrigeración basado en el desarrollo del sistema Rotolog.

2.1.1. Métodos

El proceso fue empírico, basándose tanto en prueba y error y la experiencia del operador para juzgar cuando la parte debía ser retirada del horno, y cuando era lo suficientemente fría como para ser retirada del molde. La tecnología ha mejorado en los últimos años, permitiendo que la temperatura del aire en el molde a ser monitoreado, elimine gran parte de las conjeturas del proceso.

2.1.2. Materia prima

En la década de 1970 llegaron el polietileno entrecruzado y polietileno de grados modificados al mercado de moldeo rotacional. Estas nuevas resinas abrieron nuevas áreas de mercado, especialmente la producción de tanques de gran tamaño.

El polietileno lineal de baja densidad para rotomoldeo fue desarrollado a finales de 1970, mientras que la década de 1980 trajo un aumento de las resinas no-polietilénicas, como el nylon, polipropileno y policarbonato para rotomoldeo.

2.2. El rotomoldeo en Guatemala

La producción de productos plásticos por rotomoldeo ha evolucionado con el paso del tiempo debido a que existe maquinaria cada vez más sofisticada debido al avance de la tecnología globalmente.

Debido a la inversión que han realizado diferentes empresas nacionales y multinacionales, en el país existen diversas empresas dedicadas a la producción y distribución de estos productos.

Como el rotomoldeo permite la creación de una alta gama de productos, actualmente se fabrican productos innovadores y a bajo costo, los cuales tienen muchas ventajas sobre productos elaborados de metal, madera o cemento, ya que la mayoría de estos productos no requieren mantenimiento.

2.2.1. Empresas

En Guatemala existen diferentes empresas dedicadas a la fabricación y distribución de productos plásticos rotomoldeados debido a la alta demanda existente en la región.

Las principales empresas que ofrecen estos productos son:

- ROTOTEC, S. A.
- Rotoplas
- Talishte
- Durman

2.2.2. Evolución en la industria

En la actualidad, la industria del rotomoldeo se encuentra en una emocionante etapa de su desarrollo. En los últimos años ha sido testigo de importantes avances técnicos y nuevos tipos de máquinas, moldes y materiales disponibles.

La industria ha atraído la atención de muchos de los principales proveedores y esto se ha traducido en una inversión significativa. Importantes nuevos sectores del mercado se abren a medida que el rotomoldeo es capaz de ofrecer piezas de alta calidad a precios competitivos. Actualmente, las

universidades se han interesado en el proceso, así como foros técnicos de todo el mundo, encontraron una oportunidad para moldeo rotacional y ocupar su lugar junto a los otros métodos de fabricación más importantes para los plásticos.

2.2.3. Métodos

El rotomoldeo o también conocido como moldeo rotacional es un proceso que permite obtener cuerpos huecos de una sola pieza a través de una rotación biaxial.

El origen del rotomoldeo fue la fabricación de recipientes y tanques de grandes dimensiones, pero la evolución de la técnica permite en la actualidad, fabricar piezas realmente complejas de prácticamente cualquier forma, tamaño y color.

El proceso en sí consiste en las siguientes fases:

- Preparación de la materia prima: el material más utilizado en la producción por moldeo rotacional es el polietileno, aunque también se fabrican piezas con otros polímeros como el polipropileno, poliamida, PVC plastisol o el policarbonato.
- Carga del molde: se introduce dentro de un molde una cantidad determinada de materia prima, dependiendo del espesor requerido, generalmente en forma de polvo. El molde puede ser de acero o de aluminio dependiendo del aspecto y de la calidad deseada del producto. Se cierra el molde y se introduce en un horno.

- Calentamiento del molde: una vez dentro del horno, el molde inicia la rotación con base en dos ejes. A medida que sube la temperatura, la materia prima se va fundiendo y tomando las formas de las paredes internas del molde.
- Enfriamiento del molde: cuando el molde sale del horno, pasa a una zona de enfriamiento donde el plástico se solidifica. Al llegar a la temperatura adecuada la pieza está lista para proceder a su extracción. El ciclo se repite de nuevo.

2.2.4. Maquinaria

Roca y rollo de la máquina: es especializada y diseñada, principalmente para producir piezas largas y estrechas. Algunos son de tipo Clamshell, con un brazo, pero también son de tipo lanzadera máquinas de rock y roll, con dos brazos. Cada brazo gira o tira el molde de 360 grados en una dirección y al mismo tiempo consejos y las rocas del molde 45 grados por encima o por debajo de la horizontal en la otra dirección. Las máquinas utilizan aire caliente forzado para calentar el molde. Estas son las mejores para las grandes piezas que tienen gran relación entre longitud y anchura. Debido a las cámaras de calentamiento más pequeñas, hay un ahorro en los costes de calefacción en comparación con máquinas biaxiales.

Figura 9. **Máquina Rock-and-roll**



Fuente: Textos científicos. *Máquina rock and roll*.

<https://www.textoscientificos.com/polimeros/rotomoldeo/maquinas>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

Máquina Clamshell: de moldeo rotacional del brazo. El brazo está, por lo general, apoyado por otros brazos en ambos extremos. La máquina de concha de almeja caliente y se enfría el molde en la misma cámara. Ocupa menos espacio que el servicio de transporte equivalente y oscilación del brazo moldeadores rotacionales. Es de bajo costo en comparación con el tamaño de los productos fabricados. Está disponible en las escalas más pequeñas para los interesados en la creación de prototipos y modelos de alta calidad. Más de un molde puede ser unido al brazo único.

Figura 10. **Máquina Clamshell**



Fuente: Indiamart. *Clamshell*. <https://www.indiamart.com/vinodraiengineers/clamshell.html>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

Vertical o hacia arriba y sobre la máquina de rotación: la zona de carga y descarga se encuentra en la parte delantera de la máquina entre la calefacción y las zonas de refrigeración. Estas varían en tamaño entre pequeño a mediano en comparación con otras máquinas de rotación. Las máquinas de moldeo por rotación verticales son eficientes debido a su calentamiento compacto y cámaras de refrigeración.

Estas máquinas tienen las mismas capacidades que el carrusel de máquinas multibrazo horizontal, pero ocupan mucho menos espacio.

Figura 11. **Máquina vertical o hacia arriba**



Fuente: NAROTO. *Máquina de estación única*. <http://naroto.com/spanish/a-one.html>.
Consulta: 28 de octubre de 2014.

Máquina de traslado: la mayoría de las máquinas de lanzadera tiene dos brazos que mueve los moldes de ida y vuelta entre la cámara de calentamiento y estación de enfriamiento. Los brazos son independientes entre sí y que a su vez los moldes biaxial. En algunos casos, la máquina de transporte tiene un solo brazo. Esta mueve el molde en una dirección lineal en y fuera de cámaras de calefacción y refrigeración. Es bajo en costo para el tamaño de producto producido y la huella se mantiene a un mínimo en comparación con otros tipos de máquinas. También está disponible en escala más pequeña para las escuelas y prototipos.

Figura 12. **Máquina de traslado**



Fuente: Indiamart. *Shuttle*. <https://www.indiamart.com/naroto/shuttle-machines.html>.

Consulta: 28 de octubre de 2014.

Girar el brazo de la máquina: la máquina de brazo móvil puede tener un máximo de cuatro brazos, con un movimiento biaxial. Cada brazo es independiente el uno del otro, ya que no es necesario operar todos los brazos al mismo tiempo. Cada brazo está montado en una esquina del horno y este se balancea dentro y fuera del horno. En algunas máquinas de brazo oscilante, un par de brazos está montado en la misma esquina, por lo tanto, una máquina de cuatro brazos tiene dos puntos de pivote. Estas son muy útiles para las empresas que tienen ciclos de refrigeración o largas requieren una gran cantidad de tiempo para las partes de desmoldeo, en comparación con el tiempo de cocción.

Es mucho más fácil para programar los trabajos de mantenimiento o tratar de ejecutar un nuevo molde sin interrumpir la producción en las otras ramas de la máquina.

Máquina de carrusel: esta es una biaxial más común en la industria. Se puede tener hasta 4 brazos y seis estaciones y viene en una amplia gama de tamaños. La máquina está disponible en dos modelos diferentes, fijos e independientes. Un carrusel de brazo fijo consta de 3 brazos fijos que deben moverse juntos. Un brazo estará en la cámara de calentamiento, mientras que el otro está en la cámara de refrigeración y el otro en la zona de carga/recarga. El carrusel-brazo fijo funciona bien cuando se trabaja con tiempos de ciclo idénticos en cada brazo. La máquina de carrusel independiente-brazo está disponible con 3 o 4 brazos que se pueden mover por separado de la otra. Esto permite para diferentes moldes de tamaño, con diferentes tiempos de ciclo y las necesidades de espesor.

Figura 13. **Máquina Carrusel**



Fuente: CHINAROTO. *Carrusel*. <https://chinaroto.en.made-in-china.com/product/XSknWCvPXLYJ/China-Carousel-Rotational-Moulding-Machine-for-Plastic-Furniture.html>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

2.2.5. Moldes

Los moldes usados en el rotomoldeo tienen forma de concha. Normalmente se hacen en dos mitades, aunque hay piezas más complejas pueden requerir que los moldes se separen en tres o más partes. Los moldes se cierran con sujetadores a lo largo de la línea de partición. El molde casi siempre tiene un tubo de venteo (respirador) para asegurar la ecualización de la presión entre la parte interna de la pieza rotomoldeada y el ambiente exterior. El posicionamiento del tubo de venteo depende de la pieza, por ejemplo, el puerto de llenado de un tanque es ideal para colocar el venteo.

Figura 14. **Molde de tanque para agua**



Fuente: FAMSER. *Molde vaso 1 100*. <https://www.famserltda.com/rotomoldeo-2-2/#gallery-4>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

Los materiales más comunes para fabricar los moldes son el aluminio fundido y la lámina negra. Este último se recomienda para piezas grandes, como los tanques, mientras que el aluminio se usa para piezas más pequeñas que contienen detalles complejos o cuando se necesitan varios moldes idénticos.

También se usan moldes electroformados o de níquel, particularmente para piezas de PVC.

Figura 15. **Molde de separador vial**



Fuente: FAMSER. *Molde de barreras viales*. <https://www.famserltda.com/rotomoldeo-2-2/#gallery-10>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

En años recientes, el uso de moldes maquinados con CNC se ha hecho más común, lo que ha tenido como resultado grandes mejoras en la calidad del molde, particularmente en la línea de partición. Los moldes son sometidos a esfuerzos térmicos muy altos, ya que regularmente tienen ciclos que van de temperatura ambiente a más de 300 °C (más de 600 °F) y el análisis de elemento finito de los moldes CNC asegura que se puede obtener un alto desempeño por periodos largos de tiempo.

En caso de que se requiera algo de presión dentro del molde, se puede conseguir más fácil con aquellos que fueron diseñados por computadora. La automatización de la apertura y llenado del molde, también reduce la duración del ciclo y mejora la consistencia de la pieza moldeada.

2.3. Productos por rotomoldeo

Los diseñadores pueden seleccionar el mejor material para su aplicación, incluyendo los materiales que cumplan con EE. UU. Food and Drug Administration (FDA), requisitos aditivos para resistencia a la intemperie, protección contra las llamas o eliminación estática se pueden incorporar.

Insertos, gráficos, hilos, manijas, muescas menores, superficies planas sin ángulos de inclinación, o el detalle de superficie fina pueden ser parte del diseño. Los diseños también pueden ser multipared, ya sea hueco o relleno de espuma.

2.3.1. Tipos de productos

Los productos que se pueden fabricar utilizando moldeo rotacional incluyen tanques de almacenamiento, muebles, señales de tráfico y los bolardos, jardineras, casas para mascotas, juguetes, recipientes y contenedores de basura, piezas de aviones, piezas de muñecas, conos viales, balones de fútbol, cascos, canoas, botes de remo y kayak cascos. En parques infantiles y sus techos, también son generalmente, rotomoldeado.

2.3.2. Ventajas

Aunque compite con el moldeo por soplado, termoconformado y moldeo por inyección para la fabricación de productos huecos, el moldeo rotacional tiene ventajas particulares en términos de niveles relativamente bajos de tensiones residuales y moldes de bajo costo. El rotomoldeo también tiene pocos competidores para la producción de grandes objetos huecos (más de 2 metros cúbicos) en una sola pieza. El moldeo rotacional es conocido por su utilización en la fabricación de tanques, también puede ser utilizado para hacer productos médicos complejos, juguetes, embarcaciones recreacionales y productos altamente estéticos.

2.3.3. Acabados

El acabado de piezas que puede incluir: eliminación rebabas, fresado, corte, mecanizado y colocación de accesorios.

3. ANÁLISIS DE PROCESOS

3.1. Optimización en procesos industriales

Los procesos industriales deben estar en constante revisión para obtener la mayor cantidad de beneficios por cada recurso invertido. Con el objetivo de incrementar la tasa de retorno sobre la inversión realizada, logrando así aumentar la productividad en la planta de producción y en toda la organización.

3.1.1. Productividad, según la Ingeniería de Métodos

Para cualquier empresa es muy importante que sus recursos estén siendo utilizados de la mejor manera, por lo que el trabajo del ingeniero industrial es siempre optimizar el o los procesos que estén bajo su responsabilidad; independientemente de que tipo de empresa tenga a su cargo.

La productividad de una manera muy concreta y fácil de interpretar se puede definir como la relación que existe entre lo obtenido (producto) y lo invertido (recursos). Cuando se refiere a lo obtenido, puede ser un producto o servicio, ya que la productividad se puede calcular incluso en los servicios, porque este puede ser el resultado final de un proceso estudiado. Cuando se interpreta esta teoría hay que tener en cuenta que existen muchas maneras de calcular la productividad y cada una de ellas depende de lo que se quiere medir por simple rutina de evaluación de indicadores o bien para analizar de qué manera se comportan los índices de productividad comparado con datos históricos.

Existen tres maneras de aumentar la productividad, las cuales son:

- Producir la misma cantidad de productos con menos recursos
- Producir más productos con menos recursos
- Producir más productos con la misma cantidad de recursos

De estas tres formas de aumentar la productividad, la más desafiante es: producir la misma cantidad de productos con menos recursos, es retadora, pero no imposible gracias al estudio del trabajo que ofrece la Ingeniería de Métodos.

La productividad puede ser medida según el punto de vista:

- Producción/insumos
- Resultados logrados/recursos empleados

“La productividad es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados”⁴.

Es importante saber que productividad tiene una relación directa con la mejora continua en los sistemas de calidad, ya que es gracias a estos sistemas que es posible evitar los defectos de calidad de un producto y además, ayuda a mejorar los estándares de calidad en una empresa.

Para entender más que es productividad, se debe entender qué factores internos o externos influyen o impactan para saber cómo se puede mejorar.

⁴ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 9.

Factores internos: estos son los que dependen directamente de la empresa, tales como: procesos de fabricación, distribución de la planta de producción, calidad de la materia prima, procesos administrativos, mantenimiento preventivo a los equipos, tiempo de reacción en la gestión de recursos humanos, calidad de productos o servicios.

Factores externos: estos son los que no dependen directamente de la empresa, tales como: competencia o demanda potencial, atrasos en gestiones de gobierno; por ejemplo, atraso en aduana, lo cual impacta en la cadena de suministro y toda la operación.

La gestión del talento es de suma importancia en el impacto de la productividad, ya que el capital humano es el activo más relevante para toda empresa, ya que, si este no se encuentra motivado o satisfecho, impactaría negativamente en la productividad, aunque se tenga los mejores procesos y procedimientos en la empresa.

Lo que se busca siempre con el aumento de la productividad es lograr ese ahorro de recursos para que puedan ser invertidos o asignados a otras tareas o bien, que simplemente representen ese ahorro para la empresa, la cual podrá ser sostenible en el tiempo para crecer y expandirse a través del aumento de la productividad.

Muchas veces se piensa que productividad y eficiencia son lo mismo, sin embargo, la productividad es la relación producto-insumo en un período de tiempo y la eficiencia no es más que el logro de las metas con la menor cantidad de recursos posibles.

La productividad no solo se refiere a la mano de obra, también se ve impactada por los materiales y la maquinaria que se utiliza, es por eso que cuando se habla sobre el aumento de productividad se debe pensar como un problema consistente para utilizar al máximo los recursos invertidos en la producción de los productos.

El incremento de la productividad no ocurre por sí solo, sucede cuando toda la organización a través de los directivos competentes que buscan y provocan el incremento de la productividad mediante la fijación de metas y la eliminación de obstáculos que impiden el alcance de las metas.

El obstáculo al que muchas empresas se enfrentan es que al ser organizaciones muy grandes y robustas, estos son cada vez más grandes, impidiendo el incremento de la productividad en la empresa. Muchas empresas desconocen los procedimientos para evaluar y medir la productividad del trabajo, y es por eso que en la mayoría de empresas se pierde mucho dinero mal invertido en horas hombre, materia prima o bien en máquinas que no operan a su máximo rendimiento.

Existen muchos parámetros que afectan la productividad en el trabajo, pero los ingenieros industriales analizan los factores conocidos como las M mágicas, llamadas así porque todas empiezan con la letra eme en inglés.

- Hombres.
- Dinero.
- Materiales.
- Métodos.
- Mercados.
- Medio ambiente.

- Mantenimiento del sistema.
- Misceláneos: controles, materiales, costos, inventarios, calidad, cantidad, tiempo, entre otros.
- Manufactura.

La medida de la productividad está constituida por la cantidad de productos que se obtiene en una máquina o un trabajo en un tiempo determinado, la productividad se determina calculando la producción de mercancías o servicios en cierto número horas-hombre u horas-máquina.

Una hora hombre = trabajo de un hombre en una hora

Una hora máquina= trabajo de una máquina en una hora

La productividad está ligada directamente con la eficiencia y la eficacia, ya que como un indicador se puede decir que la productividad está compuesta por:

Productividad = eficacia/eficiencia

Tabla I. **Eficiencia y eficacia**

Variables	Definición	Indicadores
Eficiencia	Forma en que se usan los recursos de una empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, entre otros.	Tiempos muertos. Desperdicio Porcentaje de utilización de la capacidad instalada.
Eficacia	Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, entre otros.	Grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas. Demoras en los tiempos de entregas

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 19.

La eficacia es la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades o calidad percibida o ambos. La eficiencia es obtener ese resultado esperado con la mínima cantidad de recursos, es decir se genera cantidad y calidad y se incrementa en automático la productividad.

Eficiencia: es la capacidad disponible en horas-hombre y horas-máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que se trabajaron correspondiente.

- Productividad y nivel de vida

El incremento de productividad mejora el nivel de vida de las personas, ya que al tener una mayor producción a igualdad de elementos productores, más económica resultará y mayores serán los beneficios que pueden obtenerse.

Los beneficios del incremento de la productividad deben repartirse entre productores y consumidores.

Una parte irá a los obreros, pues a medida que aumenten la productividad, ganarán más, otra parte irá a los empresarios, que deben ganar más conforme más inviertan y promuevan la productividad. Los consumidores también se benefician, ya que el abaratamiento de la producción traerá como consecuencia un aumento de la venta de los productos fabricados.

“Un aumento de la productividad produce una riqueza marginal, cuyo efecto multiplicador se traduce en una elevación continua y constante del nivel general de vida”⁵.

⁵ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 12.

Se ha mencionado la productividad como una relación aritmética entre la cantidad producida y los recursos empleados. Sin embargo, para analizar la productividad es necesario tomar en cuenta el tiempo, ya que la productividad está constituida por la cantidad de productos que se obtienen de una máquina o de un trabajo en un tiempo determinado.

La importancia de mejorar la productividad radica en la reacción en cadena que esta mejora genera, ya que toda la organización se ve beneficiada, porque esto se traduce en una mejor calidad de productos, menores precios, estabilidad de empleo y mayores beneficios.

El objetivo fundamental del estudio de métodos es el aplicar los más sencillos y eficientes, para que de esta manera aumente la productividad de cualquier sistema productivo.

Cuando se quiere tener un sistema más productivo, es necesario reducir el tiempo de las tareas. Para esto se debe de seguir las siguientes etapas:

- Diagnóstico de la productividad

Conocer cuánto tiempo se está despilfarrando encima del tiempo necesario, se trata de un diagnóstico de la improductividad. Se debe calcular el tiempo total que se utiliza para realizar una fabricación y determinar: ¿Qué cantidad es el tiempo necesario, ¿cuánto se está despilfarrando y cuáles son las causas de este despilfarro?

El tiempo estándar se puede definir como el tiempo necesario para realizar la tarea con los métodos y técnicas necesarios, el tiempo de despilfarro es el que se emplea por encima del tiempo estándar.

Cuando se habla de despilfarro, pueden existir dos tipos; por bajo desempeño o bien por trabajar menos de lo exigible y el despilfarro por falta de gestión debido a incidencias que no deberían suceder.

- Estudio, análisis y mejora de los métodos
 - Se definirá el procedimiento del trabajo actual
 - Se procede al análisis y la crítica del método actual

Se deben buscar las mejoras ergonómicas, debido a que es la manera más eficaz y beneficiosa para el trabajador de mejorar un método.

- Estudio de tiempos

Una vez definido y mejorado el método de una tarea, se realizará el estudio de tiempos, es importante mencionar que se mejora el tiempo estándar con solo medirlo y cuantificarlo, es decir, desglosar el tiempo estándar y ver en qué se utiliza cada tiempo empleado.

- Aplicación de métodos y estándares

Solo el tiempo estándar no mejora nada, los tiempos tienen que ser utilizados para gestionar la fabricación.

La finalidad de esto es reducir los dos tipos de tiempo de despilfarro por medio de la planeación de operaciones y el control de la productividad.

3.1.2. Círculo de Deming o mejora continua

Este círculo o ciclo de la mejora continua es un esquema lógico en la mejora de la calidad. El cual fue creado por Edward Deming, basado en un concepto ideado por Walter A. Shewarth. Este círculo es utilizado por los sistemas de gestión de calidad.

El círculo de Deming es una de las herramientas principales para lograr la mejora continua en las empresas u organizaciones que desean aplicar a la excelencia en sistemas de calidad. También se le denomina el ciclo PHVA, por sus iniciales (planificar, hacer, verificar y actuar). El círculo se compone por estos cuatro pasos, los cuales se explican a continuación:

Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo con el resultado esperado. Al tomar como foco el resultado esperado, difiere de otras técnicas en las que el logro o la precisión de la especificación es también parte de la mejora. Este paso se desarrolla de la siguiente manera:

- Identificar el problema y la meta a conseguir.
- Analizar el fenómeno, donde se conoce el problema a detalle.
- Analizar el proceso donde se identifican las causas que generan el problema.
- Establecer un plan sobre las causas.

Algo que es muy útil en este paso es hacer un *benchmarking* de lo que la empresa en otros departamentos o plantas ya está haciendo y ahí se encuentra la solución al problema actual. Esto bajo el concepto que no se trata de inventar algo sino de encontrar una solución que, posiblemente, ya se tiene en otras áreas de la organización.

Hacer: implementar los nuevos procesos. Si es posible, en una pequeña escala. Es decir, realizar la ejecución, hacer el plan sobre lo establecido. Para esto se pueden realizar pruebas o bien reunir al equipo y dar información sobre lo que se quiere determinar y sobre lo que se va a hacer. Esto es importante, ya que es aquí cuando se generan dudas en el equipo de trabajo si no se explica lo que se está haciendo. El equipo puede pensar que únicamente están juzgando el trabajo y no buscando una solución para hacer mejor las cosas.

Verificar: pasado un período previsto con anterioridad, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada, y se deben documentar las conclusiones.

Revisar si se logró la meta, analizando los resultados y verificar si se logró el objetivo. Para esto es necesario evaluar y validar dicha mejora, si es que existe. Hay que comunicar los resultados, independientemente si son buenos o no para que todo el equipo de trabajo esté enterado.

Actuar: modificar los procesos, según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese necesario, además, aplicar nuevas mejoras si se han detectado errores en el paso anterior.

Tomar acciones basadas de los que se aprendió en el paso verificar, si el cambio fue exitoso se debe incorporar lo aprendido de lo contrario hay que realizar los pasos de nuevo con un plan diferente al planteado anteriormente. En este paso se debe estandarizar, fijar la mejora, que quede anclada en un sistema para que no se vuelva a repetir el problema.

Esto se debe realizar con todos los problemas, con todas las anomalías y posibilidades de mejora. Esas anomalías pueden ser identificadas por medio de un buzón de sugerencias o reuniones de equipo para la mejora continua.

3.1.3. Manufactura esbelta

Es un conjunto de técnicas las cuales sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier empresa industrial. El objetivo de la manufactura esbelta es reducir los desperdicios. Los desperdicios, naturalmente, reducen las utilidades de la empresa, es decir la razón de ser de la empresa, ya que el objetivo de las empresas es ser rentables y productivas para aprovechar al máximo los recursos necesarios para la creación de un producto o brindar un servicio de muy buena calidad.

Siendo el objetivo eliminar los desperdicios, la manufactura esbelta debe de enfocarse en eliminar siete desperdicios.

- Defectos: pueden venir de los proveedores, del empaque que se esté realizando o la cantidad de llenado de una botella, por ejemplo. Esto va amarrado a la calidad de producto que se le está vendiendo al consumidor. Se puede estar produciendo productos defectuosos por el mal manejo de materia prima. Esto es un defecto y representa mucho dinero para la organización.

- **Sobreproducción:** es solo hacer inventarios sin razón alguna. Se acumula inventario en proceso o inventario en producto terminado y se amontona todo el producto en la bodega. Es decir que, no se produce de acuerdo a la demanda del cliente, simplemente se produce.
- **Inventario:** todo el inventario en proceso que rebase lo que se necesita para satisfacer las necesidades del cliente. El exceso de inventario en proceso sirve para esconder los problemas reales de la planta, como tiempos muertos, problemas de calidad o mantenimiento. Si se tuviera mucho inventario, que no es precisamente el correcto, no se fabricaría lo correcto para los clientes.
- **Movimiento excesivo:** movimiento innecesario de las personas, tal como caminar, levantar, alzar y estirarse.

Cuando se habla de desperdicio de movimiento, es cuando la persona camina una distancia muy larga para simplemente encontrar una herramienta.

Por lo tanto, como ingenieros hay que plantearse diversas preguntas: ¿Qué pasa?, ¿a dónde vas?, los trabajadores responden usualmente, hay que conseguir esto, lo otro y es por eso que hay que reducir esto y hacer que todo esté en su lugar y momento en el que se necesita para hacer un cambio rápido, eliminando el movimiento excesivo o movimientos no necesarios para la operación.

- **Reprocesamiento:** usar más energía o actividad de la necesaria para producir un producto o agregarle más valor que el que los clientes están dispuestos a pagar. El reprocesamiento es cuando se le pone al producto más de lo que los clientes están dispuestos a pagar. Un ejemplo de esto

puede ser el uso excesivo de energía, ya sea para enfriar o calentar más allá de lo necesario según las especificaciones, utilizando más energía, o sea dinero, sin necesidad de ello.

- **Transportación:** movimiento innecesario de productos, materiales o información. En las fábricas hay transportación todo el tiempo. Realmente lo que se hace es mover el producto o materia prima de un punto a otro.

Esperas: se pueden dar diversas situaciones como:

- Esperar a que se termine una operación
- Que la documentación necesaria llegue
- Que llegue alguien de mantenimiento a solucionar un problema.

Siempre que una máquina no está produciendo, es un desperdicio. Los tiempos muertos de las máquinas son un desperdicio importante, porque estos representan un gasto para la empresa.

3.2. Procesos de entradas

Las entradas de un proceso pueden ser datos, materia prima, información, entre otros. Un proceso no puede existir sin las entradas, ya que es lo que alimenta al sistema para iniciar la transformación de los recursos en la creación de productos o servicios.

3.2.1. Evaluación del almacenaje de materia prima

El almacenaje de la materia prima es un proceso fundamental para el correcto funcionamiento del proceso de producción en la elaboración de cualquier

producto. Es por eso que cada área involucrada en el proceso esté alineada al procedimiento establecido para obtener un tiempo de producción menor, una ergonomía adecuada para los trabajadores y siempre realizando el trabajo de una manera organizada y ordenada.

La materia prima se encuentra almacenada en costales de 20 kilogramos cada uno, ubicados en *pallets* en la parte posterior izquierda de la planta de producción. No se encuentra clasificada ni señalizada por el color del polietileno en polvo, lo cual dificulta al operario al momento de buscar y elegir el color y tipo de materia prima a utilizar.

3.2.2. Medición de pesos

Para pesar la cantidad de materia prima (polietileno en polvo); el operario toma con un recipiente plástico el polietileno y lo deposita en otro costal ubicado en la balanza hasta que marque el peso. Dependiendo de qué producto o productos se vayan a fabricar, el operario realiza esta operación desperdiciando materia prima; ya que, al momento de colocarla en la balanza, derrama polietileno en el suelo siendo desperdiciada en promedio de 0,6 kilogramos de materia prima por pila en una muestra de 50 mediciones analizadas para la fabricación de pilas plásticas, aumentando así el costo de producción y reduciendo la productividad en esta etapa del proceso.

Existe en este proceso una oportunidad de mejora considerable para que los recursos invertidos puedan ser utilizados de forma óptima.

Tabla II. **Medición del peso de materia prima para pilas plásticas**

No.	Peso (kg)	Peso merma (kg)
1	25,30	0,30
2	25,60	0,60
3	25,80	0,80
4	25,80	0,80
5	25,80	0,80
6	25,20	0,20
7	25,80	0,80
8	25,70	0,70
9	25,50	0,50
10	25,50	0,50
11	25,80	0,80
12	25,60	0,60
13	25,70	0,70
14	25,50	0,50
15	25,40	0,40
16	25,10	0,10
17	25,80	0,80
18	25,30	0,30
19	25,40	0,40
20	25,70	0,70
21	25,50	0,50
22	25,90	0,90
23	25,40	0,40
24	25,30	0,30
25	25,50	0,50
26	25,80	0,80
27	25,60	0,60
28	25,30	0,30
29	25,00	0,00

Continuación tabla II.

30	25,80	0,80
31	25,20	0,20
32	25,40	0,40
33	25,60	0,60
34	25,30	0,30
35	25,70	0,70
36	25,60	0,60
37	25,90	0,90
38	25,80	0,80
39	25,70	0,70
40	25,90	0,90
41	25,70	0,70
42	25,80	0,80
43	25,40	0,40
44	25,60	0,60
45	25,80	0,80
46	25,80	0,80
47	25,00	0,00
48	25,70	0,70
49	25,90	0,90
50	25,70	0,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Materia prima desperdiciada**

Elaboración de 50 pilas plásticas	
Materia prima requerida	Desperdicio de materia prima (2 % del total)
1 250 kg	25 kg

Fuente: elaboración propia.

Con esto se determina que con la cantidad de materia prima que se desperdicia en la elaboración de 50 pilas es equivalente a 25 kg, los cuales podrían ser utilizados para la fabricación de otra pila más.

3.2.3. Manipulación de materia prima

La materia prima es transportada con montacargas desde el área de descarga hacia la de almacenaje; esta es un área rectangular en la planta de producción marcada con pintura amarilla sobre el piso de cemento. Los sacos de materia prima se apilan sobre *pallets* para reducir el espacio de almacenaje.

La mayoría de materia prima es de color blanco para que sea combinada con la de color, se trabajan productos de color anaranjado, amarillo, verde, celeste, azul, negro y gris.

Al momento de tener la orden de producción diaria elaborada por gerencia, se procede a seleccionar la cantidad establecida en el área de pesaje donde se encuentra la balanza para poder medir la cantidad de polietileno en polvo con base en el producto que se va a fabricar. Luego se traslada la materia prima en sacos en un carro metálico hacia el área de producción. En esta área se preparan los moldes de los productos que se quieren fabricar y toda vez estén armados y

sujetados los moldes con los ganchos de seguridad, se procede a depositar la materia prima dentro de los moldes para que puedan ser introducidos al horno donde se realiza el rotomoldeo de los productos plásticos.

3.3. Procesos de producción

Proceso es la secuencia de operaciones que constituyen un plan de producción. El análisis de los procesos ayuda a detectar oportunidades en los mismos con el fin de utilizar de una mejor manera los recursos invertidos en ellos, y además, lograr una mejor distribución de todas las áreas involucradas en la planta de producción. Esto se refiere a la distribución de la maquinaria y equipo implícita en la planta.

Luego de detectar las oportunidades o deficiencias que tiene el proceso de producción se procede a implementar propuestas de mejora las cuales ayudarán a mejorar la productividad, ambiente laboral y ergonomía de los trabajadores.

Para lograr el objetivo de la optimización de los procesos, el trabajo se apoya en los siguientes diagramas: diagrama de flujo, diagrama de recorrido, diagrama hombre-máquina. De manera conjunta este trabajo se apoya también del estudio de tiempo estándar. En otras ocasiones las empresas utilizan métodos empíricos para detectar las oportunidades o deficiencias en los procesos; utilizando bosquejos en papel o maquetas para determinar de qué manera o con que método se puede mejorar el proceso.

3.3.1. Diagrama de flujo de operaciones

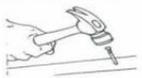
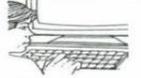
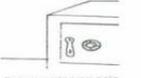
Es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren

durante un proceso. En este diagrama se incluye, además, la información que se desee estudiar en el análisis; variables como el tiempo necesario y distancia recorrida.

El principal propósito del diagrama de flujo es tener visibilidad de una forma holística de todo los pasos interrelacionados, los cuales brindan información muy valiosa para el analista; principalmente, porque se puede identificar en qué parte del proceso se está generando el cuello de botella que marca el ritmo de toda la operación. Igualmente ayuda a comparar métodos, eliminar tiempo improductivo y escoger operaciones para un estudio detallado.

Es importante mencionar que este diagrama como todos; se tiene que identificar mediante un título en la parte superior para saber qué información brinda el diagrama y también, para que cualquier analista pueda entender bajo qué situación se realizó el diagrama descrito.

Figura 16. **Simbología de diagramas del proceso**

			
Acción	Clavar	Taladrar	Pulsar un teclado
			
Transporte	Llevar materiales en una carretilla	Elevar materiales con una polea	Llevar materiales a mano (ordenanza)
			
Inspección	Examinar cantidad y calidad de ciertos productos	Leer el manómetro de una caldera	Examinar un impreso informativo
			
Espera	Materiales en espera de ser utilizados junto a la mesa de trabajo	Empleado esperando el ascensor	Documentos que esperan ser archivados
			
Almacenamiento	Materias primas	Producto terminado	Documentos en caja

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 47.

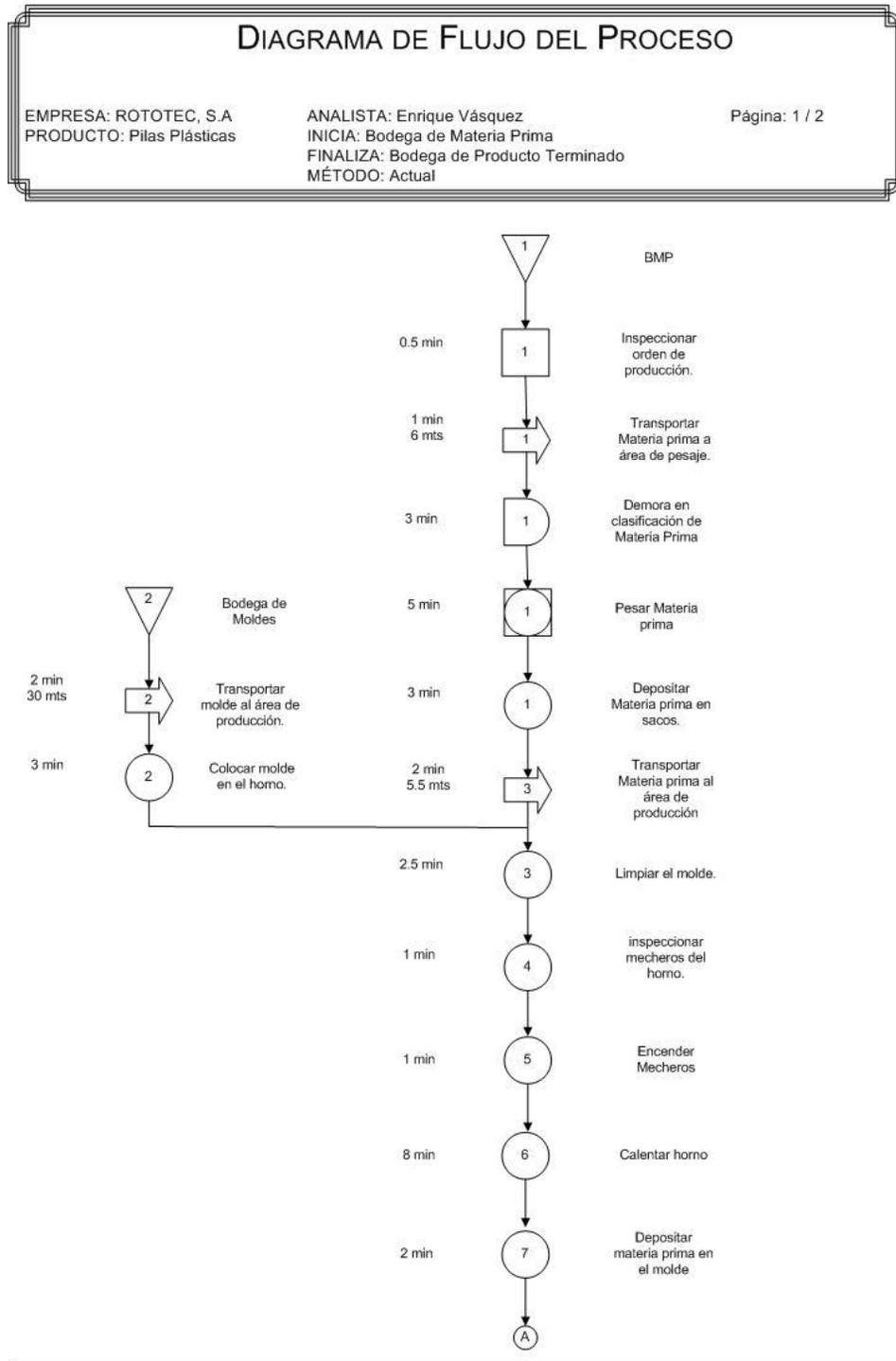
A continuación, se presenta el diagrama correspondiente del producto pila plástica, el cual fue objeto de análisis.

Figura 17. **Pila plástica**



Fuente: ROTOTEC, S. A. *Pilas*. <https://www.rototec.com.gt/pilas> > Consulta: 28 de octubre de 2014.

Figura 18. Diagrama de flujo del proceso actual



Continuación de la figura 18.

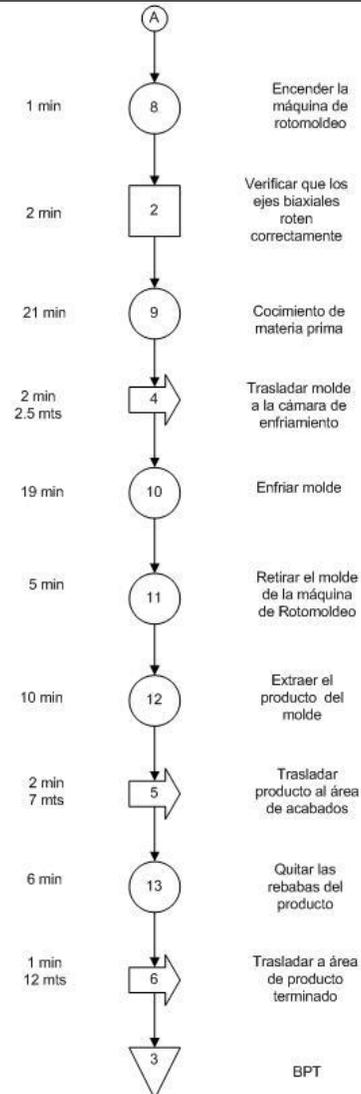


Tabla resumen				
Símbolo	Acción	Cantidad	Distancia	Tiempo
	Demora	1		3 min
	Transporte	6	63 mts	10 min
	Operación	13		82,5 min
	Inspección	2		2,5 min
	Almacenaje	3		0 min
	Operación/Inspección	1		5 min
Total			63 mts	103 min

Fuente: elaboración propia, empleando programa Visio.

- Análisis

El diagrama de flujo presentado muestra todos los pasos involucrados en el proceso de producción utilizando el método actual. Luego de un análisis del proceso, se concluye que el 10 % del tiempo total es utilizado en transportes, lo cual da la visibilidad de cómo esto impacta negativamente en el flujo del proceso.

Esto sugiere un cambio de la distribución de la planta para reducir el tiempo invertido en transportes y con esto aumentar la productividad de la planta al utilizar los recursos de una forma más eficiente. Logrando también un mejor del flujo del proceso a través de la asignación de una mejor ubicación de las áreas de trabajo y asimismo, lograr un ahorro en la cantidad de recursos asignados a cada paso del proceso incrementando directamente la productividad.

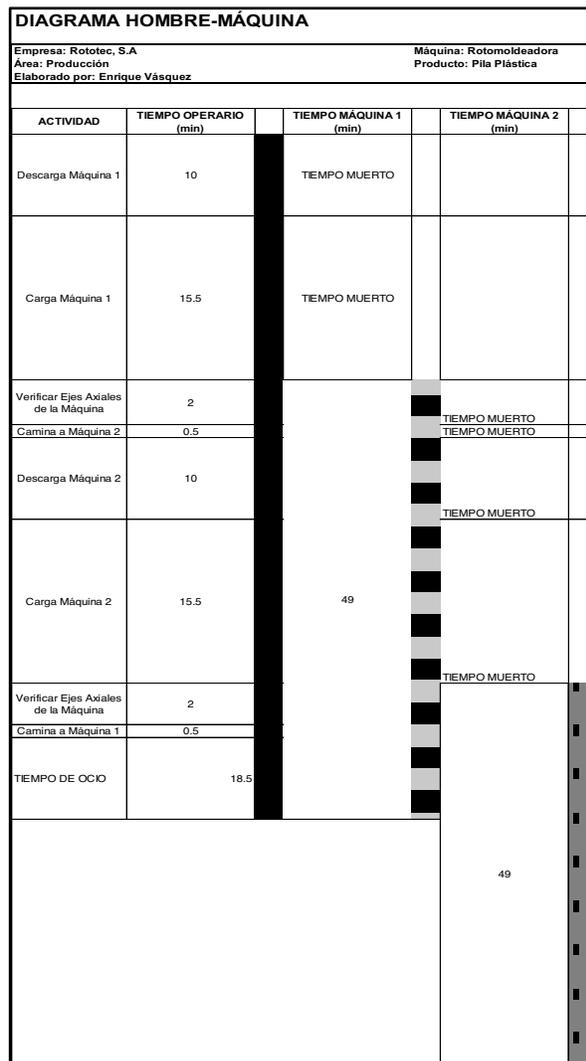
Asimismo, se sugiere un cambio en el método de la preparación de materia prima, ya que con el método actual se desperdicia materia prima. Esto ocurre al momento de que el operario pesa manualmente la cantidad exacta de materia prima en la balanza hasta obtener el peso necesario acorde al tipo de producto que se va a fabricar, porque la materia prima viene embolsada en costales de 20 kg cada uno y al pesarlo manualmente, se desperdicia materia prima, tal como se demostró en la tabla II.

Los cambios a ejecutar en el proceso benefician directamente la productividad, ya que el proceso de producción se realizará de una forma más eficiente y eficaz a través de la mejor utilización de los por medio de la reducción de tiempos, operando con menor cantidad de materia prima al utilizar únicamente la cantidad correcta e impactará positivamente en el ambiente laboral del área de producción al obtener mejores resultados para toda el área operativa.

3.3.3. Diagrama hombre-máquina actual

Análisis: revisando el tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina se determina que, si se agrega una tercera máquina, el tiempo muerto de las máquinas sería muy alto, por lo que no se recomienda agregar una tercera máquina para la optimización del proceso productivo.

Figura 20. Diagrama hombre-máquina actual



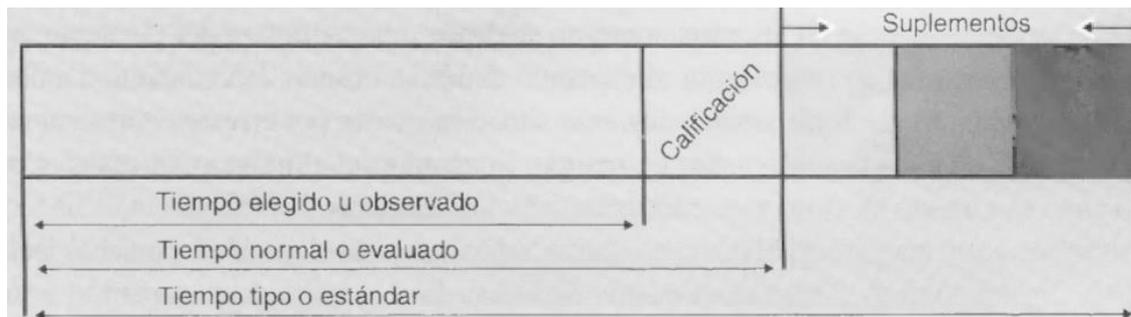
Fuente: elaboración propia, empleando programa Visio.

3.3.4. Tiempo estándar

Se conoce también como tiempo tipo y es el que se utiliza para efectuar una tarea. Aquí están incluidos los tiempos de aquellos elementos considerados cíclicos (repetitivos, constantes y variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados en el estudio de tiempos. A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos: personales, por fatiga y especiales.

La figura 21 muestra gráficamente qué es el tiempo estándar.

Figura 21. **Descomposición del ciclo del trabajo**



Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 239.

Cálculo del tiempo tipo o estándar:

Pasos

- Obtener y registrar información de la operación
- Descomponer la tarea y registrar los elementos
- Tomar lecturas
- Nivelar el ritmo de trabajo

Cálculo de los suplementos del estudio de tiempos: al momento de la toma de tiempos es importante analizar la consistencia de cada elemento:

- Si la variación de los tiempos obedece a la naturaleza del elemento se procede a conservar todas las lecturas.
- Si al momento de la toma de tiempos la mayoría son tomas consistentes, se pueden eliminar las tomas extremas y solo se conservan las tomas normales. Si no es posible distinguir cuales son normales y cuales son extremas, lo que se recomienda es repetir íntegramente el estudio con otro trabajador.
- Si las variaciones no se deben a la naturaleza del elemento, pero la lectura anterior o posterior al elemento donde se observa la variación o ambas, también han sufrido variaciones, esta situación ocurre por errores en el cronometraje cometidos por el tomador de tiempo. Si es mínimo el número de casos extremos, estos se eliminan y solo se conservan solo los normales.
- Si, por el contrario, este error ha sido cometido en muchas lecturas, lo recomendable es repetir el estudio de tiempos todas las veces que sea necesario hasta obtener una consistencia adecuada.
- Cuando las variaciones sean inexplicables, lo más recomendable es repetir el estudio de tiempos, ya que no se puede aceptar una lectura anormal como inexplicable. Si hay dudas, siempre es preferible repetir el estudio.

- En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistentes.
- Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.
- Se divide, para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas; el resultado es el tiempo promedio por elemento.

$$Te = \frac{\sum Xi}{n}$$

- Se multiplica el tiempo promedio (Te) por el factor de valoración. Esta cifra debe aproximarse hasta el milésimo minuto, obteniéndose el tiempo base elemental:

$$Tn = Te(\text{valoración en \%})$$

- Al tiempo base elemental se le suma la tolerancia por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo normal o concedido por elemento.

$$Tt = Tn(1 + \text{tolerancias})$$

- Se calcula la frecuencia por operación o pieza de cada elemento cíclico y contingente.

- Se multiplica el tiempo concedido elemental por la frecuencia obtenida del elemento. A esto se le denomina tiempo total concedido.
- Se suman los tiempos concedidos para cada elemento y se obtiene el tiempo tipo o estándar por operación, pieza, entre otros.

Cuando se menciona el tiempo de valoración en %, se refiere a la calificación de la actuación; es decir la técnica para determinar equivalentemente el tiempo requerido por un operador normal para ejecutar una tarea. Se entiende por operador normal al operador altamente competente y experimentado que trabaje en las condiciones que prevalecen normalmente en la estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado despacio, sino representativa de un término medio.

Figura 22. **Calificación de la actuación**

HABILIDAD			ESFUERZO			
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15	<i>Habilidad.</i> Es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10	
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05	<i>Esfuerzo.</i> Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00	
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05	
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10	<i>Condiciones.</i> Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afectan la operación.
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15	
CONDICIONES			CONSISTENCIA			
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05	<i>Consistencia.</i> Son los valores de tiempo que realiza el operario que se repiten en forma constante o inconstante.
B	Media	0.00	B	Media	0.00	
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05	

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 210.

- Suplementos del estudio de tiempos

Un suplemento es el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea.

Tres son los suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempos.

- Por retraso personales
- Por retrasos debido a fatiga (descanso)
- Por retrasos especiales, que incluye:
 - Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes.
 - Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión.
 - Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva.

Fatiga es el estado de la actitud física o mental, real o imaginaria de una persona, que influye en la forma adversa en su capacidad de trabajo. Se puede decir que, también es cualquier cambio ocurrido en el resultado del trabajo, asociado con la disminución de la producción del empleado. Hay factores que tienden a producir fatiga.

- Constitución del individuo
- Tipo de trabajo
- Condiciones de trabajo
- Monotonía y tedio

- Ausencia de descansos apropiados
- Alimentación del individuo
- Esfuerzo físico y mental requeridos
- Condiciones climáticas
- Tiempo trabajando

Los factores que deben a tenerse en cuenta para calcular el suplemento variable pueden ser:

- Trabajo de pie
- Postura anormal
- Levantamiento de peso o uso de fuerza
- Intensidad de la luz
- Calidad del aire
- Tensión visual, auditiva, mental
- Monotonía mental y física

Figura 23. **Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales**

1. Suplementos constantes			E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)		
	Hombres	Mujeres	Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de – Suplemento		
Suplementos por necesidades personales	5	7	Kata (milicalorías/cm ² /segundo)		
Suplementos base por fatiga	4	4	16	0	
			14	0	
			12	0	
			10	3	
			8	10	
			6	21	
			5	31	
			4	45	
			3	64	
			2	100	
2. Suplementos variables			F. Concentración intensa		
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	Trabajos de cierta precisión	0	0
B. Suplemento por postura anormal			Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Incómoda (inclinado)	2	3			
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	G. Ruido		
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			Continuo	0	0
Peso levantado por kilogramo			Intermitente y fuerte	2	2
2.5	0	1	Intermitente y muy fuerte	5	5
5	1	2	Estridente y fuerte		
7.5	2	3	H. Tensión mental		
10	3	4	Proceso bastante complejo	1	1
12.5	4	6	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
15	5	8	Muy complejo	8	8
17.5	7	10	I. Monotonía		
20	9	13	Trabajo algo monótono	0	0
22.5	11	16	Trabajo bastante monótono	1	1
25	13	20 (máx)	Trabajo muy monótono	4	4
30	17	–	J. Tedio		
33.5	22	–	Trabajo algo aburrido	0	0
D. Mala iluminación			Trabajo aburrido	2	1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo muy aburrido	5	2
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insuficiente	5	5			

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 228.

En el estudio de tiempos siempre se debe cuestionar aquellos atípicos acorde al resto de lecturas, ya que siempre se debe investigar y entender a qué se debe este dato. Si el dato atípico se debe a una mala medición al momento del estudio hay que descartar para que no impacte el cálculo del tiempo analizado. El estudio se aplicó a la operación: quitar rebabas al producto.

Durante el análisis realizado se encontró que el operador es hombre y tiene la siguiente calificación:

- Habilidad: media

- Esfuerzo: medio
- Condiciones: malas
- Consistencia: mala

Se hizo un total de 10 lecturas sobre cada elemento de esta operación para realizar el cálculo y análisis del tiempo estándar. Para el cálculo del tiempo promedio por elemento se utilizó la fórmula:

$$Te = \frac{\sum Xi}{n}$$

Te = tiempo promedio

$\sum Xi$ = sumatoria de lectura

n = número de lecturas consideradas

Se divide, para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas; el resultado es el tiempo promedio por elemento.

Tabla IV. **Medición de tiempo estándar**

Quitar rebabas al producto												
Elemento/Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Promedio
Tomar la pieza	11	10	13	10	11	10	10	11	10	10	106	10,6
Colocar la pieza en la base	5	8	8	8	3	3	5	6	8	8	62	6,2
Quitar rebabas	400	400	368	395	391	383	395	370	405	416	3923	392,3
Limpiar pieza	171	168	166	168	171	166	175	171	175	170	1701	170,1
Tomar la pieza	11	8	10	8	10	10	11	10	10	10	98	9,8
Soltar la pieza	5	6	5	5	6	6	5	5	6	6	55	5,5

Fuente: elaboración propia.

Se calculó el tiempo promedio luego de aplicar la fórmula antes vista:

$$Te = 10,6 + 6,2 + 392,3 + 170,1 + 9,8 + 5,5$$

Datos obtenidos de la tabla anterior en centésimas de minuto:

$$T_e = 594,5$$

Se procedió a calificar, según la tabla Westinghouse:

- Habilidad media 0,00
- Esfuerzo medio 0,00
- Condiciones
malas -0,05
- Consistencia mala -0,05
- Total -0,10

La cantidad obtenida se le suma o resta al 100 %, dependiendo del signo que se tiene.

Por lo tanto, la calificación de esta operación es de 90 %.

Se aplicó la fórmula del tiempo normal y se calculó:

$$T_n = T_e(\text{valoración en \%})$$

$$T_n = 594,5 (90 \%)$$

$$T_n = 535,05$$

Se procedió a calcular los suplementos que se conceden por esta operación.

El operador trabaja de pie con una iluminación bastante baja de lo apropiada y existe un ruido fuerte e intermitente en el área de trabajo.

- Hombre 9 %
- Trabaja de pie 2 %
- Iluminación mala 2 %
- Ruido intermitente 2 %
- Total 15 %

Al tiempo base elemental se le suma la tolerancia por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo normal o concedido por elemento.

$$Tt = Tn(1 + \text{tolerancias})$$

$$Tt = 535,05 (1 + 0,15)$$

$$Tt = 535,05 (1,15)$$

$$Tt = 615,307 \text{ centésimas de minuto}$$

Convirtiendo en minutos se obtiene:

$$Tt = \frac{615,307}{100} = 6,15307 \text{ minutos}$$

Para calcular el número de piezas por hora se hace una regla de tres:

$$6,15307 \text{ minutos} \quad 1 \text{ pieza}$$

$$60 \text{ minutos} \quad X \text{ piezas}$$

$$X = \frac{(60)(1)}{6,15307} = 9,75 \text{ piezas por hora}$$

Para determinar la cantidad de piezas que pueda trabajar el operario en 1 día, con un horario laboral de 8 horas diarias, se multiplica el número de piezas por hora por 8.

$$\text{Piezas diarias} = (8)(9,75) = 78 \text{ piezas en 1 día}$$

El estudio del tiempo estándar ayuda a determinar el tiempo que 1 operario debe tardarse por pieza y la cantidad de piezas procesadas en la operación quitar rebabas, tomando en cuenta todos los factores involucrados en la operación.

En este caso al día se pueden procesar 78 piezas en un horario laboral de 8 horas, ya que se pueden procesar 9,75 piezas por hora, según los datos obtenidos en el estudio del tiempo estándar.

Con base en lo mencionado anteriormente se puede asignar o distribuir mejor los recursos, ya que anteriormente no se tenía el tiempo y la cantidad de piezas por día y por hora establecidas para esta operación; la cual según el jefe de planta indicaba que observaba atrasos en el proceso.

3.4. Procesos de salida

Las salidas en el proceso pueden ser: productos terminados o en proceso, materiales, servicios, datos, entre otros. Es por eso que se necesita tener claridad sobre el espacio que ocupará el producto terminado, el lugar donde se almacenará la información o bien el uso que se le dará al producto o servicio, toda vez el proceso haya concluido.

3.4.1. Almacenaje de producto terminado

El almacén es una unidad de servicio en la estructura orgánica y funcional de una empresa comercial o industrial con objetivos bien definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos.

En el área destinada para el almacenaje se estudia el espacio requerido para cumplir con las finalidades del almacén, para lo cual es necesario contar con el espacio suficiente para operar sin tropiezos y organizadamente. Es importante mencionar que todo lo almacenado debe tener una alta rotación; es decir un movimiento rápido de entrada y de salida para no ocasionar un costo de oportunidad por almacenaje.

Todo almacenaje siempre va a representar un costo en la operación, y por ende, eleva un costo en el producto final sin agregarle valor, por esta razón se debe mantener la mínima cantidad de existencias para reducir el costo en la operación.

El área de almacenaje de producto terminado se encuentra en medio de la planta, tal como se aprecia en el diagrama de recorrido actual. Se encuentra alejada del área de control de calidad y del área de despacho. El piso del área de almacenaje no se encuentra señalizado, por lo que no están definidos los límites del área designada en la planta para este uso.

4. IMPACTO DE LA OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA PLÁSTICA POR ROTOMOLDEO

4.1. Identificación de oportunidades de mejora

El estudio de campo es fundamental para la mejora de un proceso. Es aquí donde se detectan las oportunidades que los datos no indican en los reportes al momento de analizar información histórica para la toma de decisiones en un proceso de producción.

4.1.1. Mejora al sistema de producción

Sistema es un conjunto de partes o elementos relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Partiendo de esto se han aplicado estudios y elaborados diagramas para poder entender cómo funciona el sistema de producción analizado con el objetivo de incrementar la productividad en todo el sistema.

Como resultado del diagnóstico basado en datos numéricos sobre las diferentes partes y elementos que componen al sistema de producción de las pilas plásticas se detectaron diferentes oportunidades.

Dentro de las principales oportunidades de mejora posterior al estudio de la situación actual están las siguientes: proceso de pesaje de materia prima, almacenaje de la materia prima, el flujo del proceso producción, la distribución de la planta y la ausencia de indicadores de productividad.

Estas mejoras son inherentes a la aplicación de nuevos métodos de producción, nueva distribución en la planta de producción y la implementación de nuevo equipo para la reducción en el desperdicio de materia prima y reducción de costos de producción.

4.1.2. Áreas que conforman al sistema

En este sistema de producción se tienen las diferentes partes; entrada, proceso y salida. Como entrada del sistema se tienen las órdenes de producción y la materia prima a utilizar acorde a la demanda de los clientes por pedidos ya efectuados o bien por pedidos que se proyectan tener acorde a un histórico de ventas y clientes recurrentes.

El proceso está conformado por todas las áreas involucradas desde la recepción de materia prima hasta la transformación de la misma en el producto terminado. La salida del sistema está conformada únicamente por el producto terminado, en este caso pilas plásticas.

- Entrada: orden de producción, materia prima (color, tipo), moldes
- Proceso: calentamiento de hornos, horneado, enfriado
- Salida: producto terminado (en este caso pilas plásticas)

En la figura 24 se muestra el sistema de producción analizado:

Figura 24. **Sistema de producción**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Actualización de los procedimientos de fabricación

El análisis de las diferentes partes que conforman el sistema de producción brinda información valiosa para ejecutar todas las acciones necesarias para cumplir con el objetivo final del estudio: Optimización del proceso de producción.

El primer procedimiento actualizado es el pesaje de materia prima, ya que se generaba desperdicio de materia prima al pesar en la balanza la cantidad a utilizar acorde al producto a elaborar por el método que se utilizaba.

Este nuevo método propuesto e implementado se basa en utilizar la cantidad exacta de materia prima, colocando la medida necesaria por producto con el objetivo de eliminar el desperdicio al momento del pesaje. Esto se logra a través de una balanza embolsadora, en la cual se le programa la cantidad de kilogramos a utilizar de materia prima dando como resultado la eliminación de desperdicio de materia prima en el proceso pesaje de esta, y por ende, la optimización de recurso en este paso del proceso de producción.

La ventaja de utilizar esta balanza es tener un mejor manejo en la operación y el embolsado de materia prima es más rápido, lo que conlleva a tener una mayor producción en poco tiempo, ya que el material se pesa en la tolva mientras el operador retira el saco lleno y coloca el saco vacío.

Esta mejora aplicada al sistema de producción reduce, significativamente, el desperdicio de materia prima que en el estudio aplicado en la elaboración de cincuenta pilas, la merma generada por desperdicio de materia prima era el equivalente a la materia prima necesaria para la producción de una pila plástica, lo cual elevaba directamente los costos de producción.

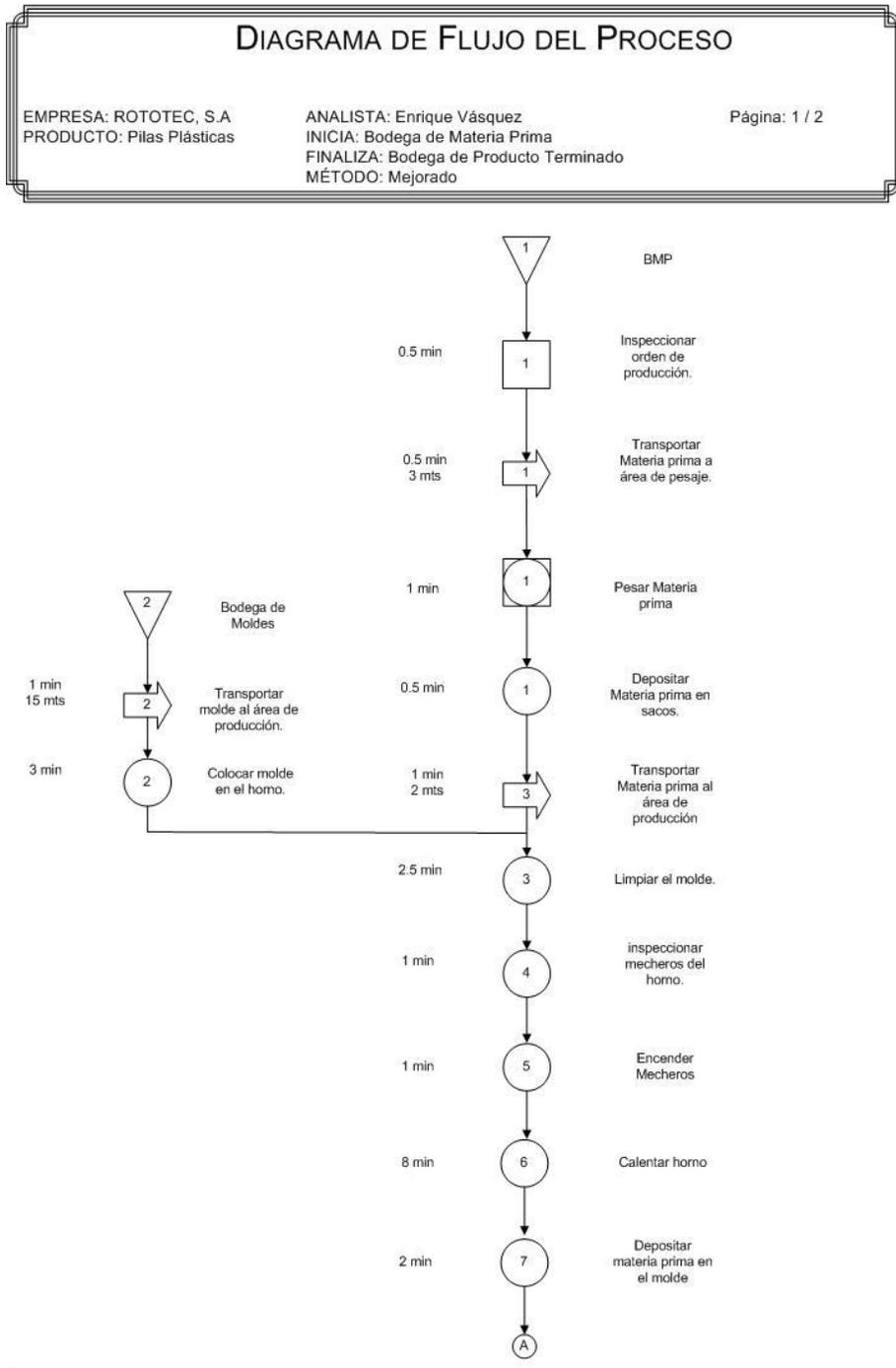
4.2. Mejora a los procesos

Todo proceso puede ser mejorado a través del análisis de información histórica registrada, la cual puede estar almacenada en bases de datos, reportes, pizarras, entre otros. La correcta utilización de esta información guiará la forma más eficiente de realizar una actividad o todo el proceso analizado.

4.2.1. Diagrama de procesos mejorados

En los diagramas elaborados y analizados se detectaron oportunidades de mejora, puntualmente en el diagrama de flujo de operaciones y el diagrama de recorrido; en los cuales el objetivo principal es optimizar el flujo logrando aumentar la productividad en todo el proceso de producción a través de la reducción de recursos invertidos.

Figura 25. Diagrama de flujo del proceso mejorado



Continuación de la figura 25.

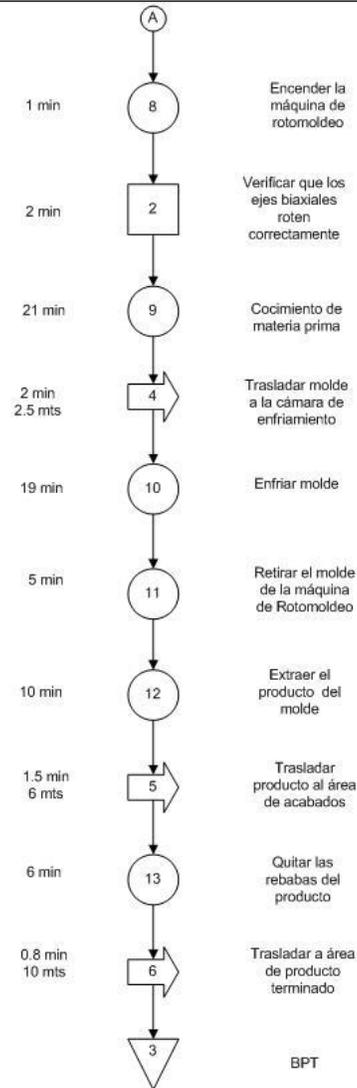


TABLA RESUMEN				
SÍMBOLO	ACCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO
◻	Demora	0		0 min
➡	Transporte	6	38.5 mts	6.8 min
◯	Operación	13		80 min
◻	Inspección	2		2.5 min
▽	Almacenaje	3		0 min
◻	Operación/ Inspección	1		1 min
Total			38.5 mts	90.3 min

Fuente: elaboración propia, empleando programa Visio.

- Análisis del diagrama de flujo

Con el diagrama de flujo mejorado se redujo en total 12,7 minutos en todo el proceso de producción de pilas plásticas, logrando reducir de 103 minutos a 90,3 minutos, lo cual representa una reducción de 12 % en tiempo total invertido. Esto es el resultado de la nueva distribución en planta, la actualización de procedimientos y la eliminación de la acción demora dentro del proceso, gracias a todo esto se logró invertir menos recursos en todo el proceso aumentando directamente la productividad.

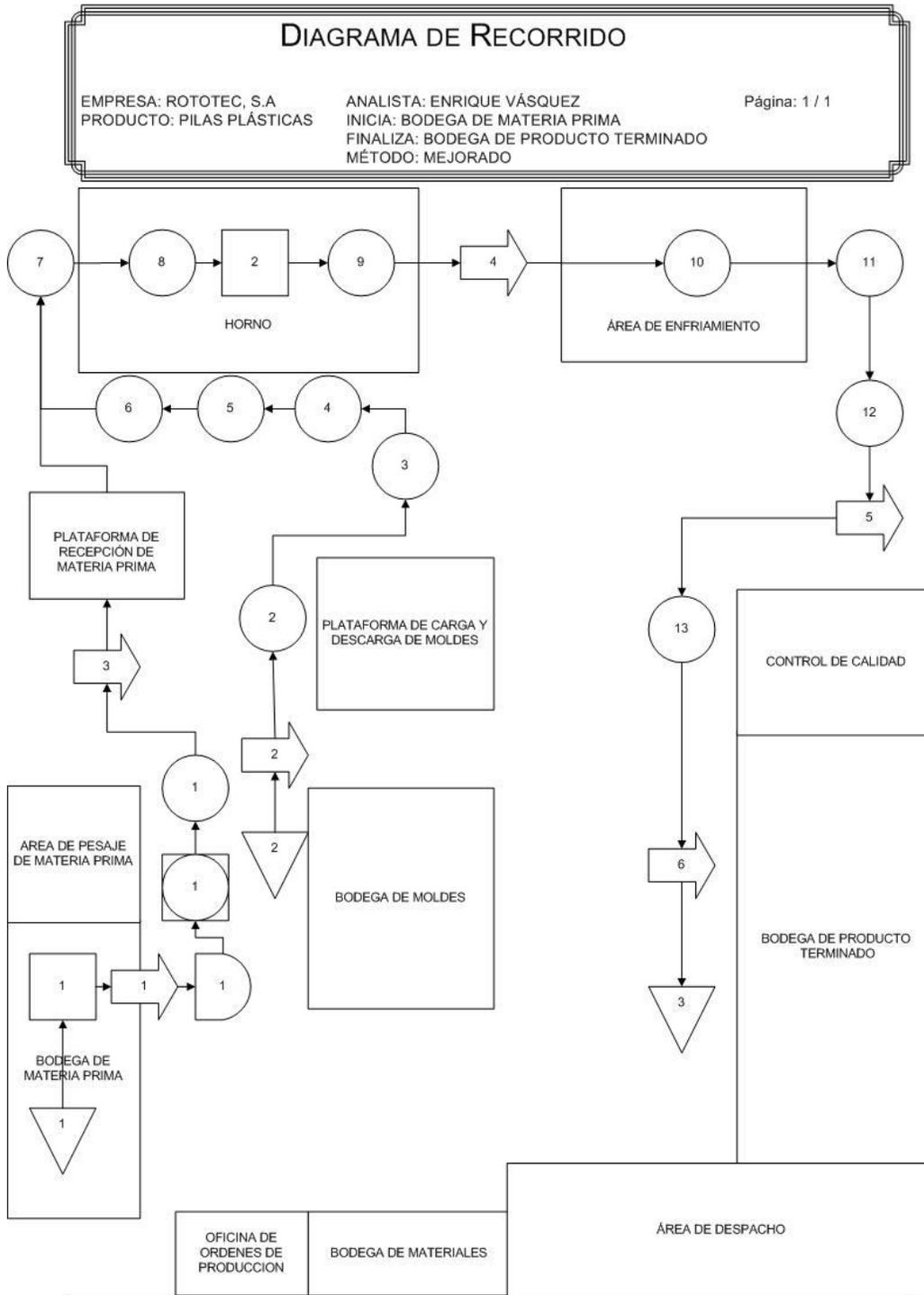
Se logró reducir la distancia que existe en la acción transporte, ya que la lectura del diagrama anterior mostraba 63 metros de distancia y actualmente se tienen 38 metros de distancia, esto representa una reducción de un 39 % en distancia y 32 % en tiempo en esta misma acción, anteriormente por transporte se invertían 10 minutos y se redujo a 6,8 minutos.

La acción transporte representaba el 10 % del total del tiempo invertido, con estos cambios y mejoras en el proceso de producción, actualmente representa un 8 % del tiempo total invertido, logrando una reducción del 2 % de tiempo total con las mejoras aplicadas en esta acción.

Por la implementación del nuevo método de pesaje de materia prima, la acción operación se logró reducir de 82,5 minutos a 80 minutos, lo cual representa una reducción del 3 % en la acción operación.

Con esto se logra el objetivo de todos los análisis y estudios mostrados, ya que al revisar todos los pasos involucrados en el proceso de producción, actualmente presentan una mejora notable en comparación con las lecturas iniciales de todos los procesos y áreas involucradas.

Figura 26. Diagrama de recorrido mejorado



Fuente: elaboración propia, empleando programa Visio.

- Análisis del diagrama mejorado

Este diagrama mejorado brinda una mejor visibilidad de cambios estratégicos y sencillos en el área de trabajo, pueden mejorar los procesos, ya que como se observa se aplicó un cambio de ubicación de las áreas de trabajo en comparación con el diagrama de recorrido anterior.

El primer cambio aplicado fue trasladar la bodega de materia prima a la par del área de pesaje de esta, para lograr reducir la distancia y el tiempo en el transporte, el segundo cambio se hizo al trasladar la bodega de moldes al centro de la planta para reducir distancia y tiempo entre el área de bodega de moldes y la plataforma de cara y descarga de moldes logrando un mejor flujo en el proceso.

El área destinada para control de calidad y del producto terminado se ubican a la par, ya que anteriormente estaban separadas, lo cual ocasionaba retraso en el proceso aumentando el tiempo del mismo. El área de producto terminado se colocó muy cerca del área de despacho para que los despachos de la mercadería puedan ejecutarse de una forma más eficiente, aumentando la productividad del despacho a través de la reducción de distancia entre áreas.

Los trabajadores tomaron muy bien la propuesta, ya que facilita la forma de trabajar con esta nueva distribución en la planta, logrando tener una mejor ergonomía, porque las áreas que deben trabajar de manera conjunta cuentan con una mejor ubicación.

4.2.2. Propuesta de almacenaje de materia prima

La materia prima es el insumo principal para el proceso de producción de todos los productos, debido a esto se tiene que tener almacenada de una forma ordenada, la cual permite un fácil almacenamiento, localización y manipulación para evitar retrasos en el proceso.

Cuando se trata de inventarios, existen diferentes tipos de valuación utilizados en la práctica, los cuales son:

Primero en entrar-primero en salir (PEPS): este método consiste en dar la salida de inventarios a los productos que se adquieren primero. Al utilizarlo, el inventario funciona así:

- El inventario queda valorado al costo de compra más reciente.
- Los saldos del inventario reflejan las compras más recientes.
- En cuanto se agota el inventario más antiguo del inventario, se utiliza la siguiente partida con el costo de adquisición.

Último en entrar-primero en salir (UEPS): este método lo primero que se despacha en una compañía es lo último que se ha adquirido. Con este método ocurre todo lo contrario al PEPS.

El supuesto usado es que las mercancías que se adquieren de último son las primeras que deben despacharse, por lo tanto, el costo de la mercadería vendida se valora al último costo de adquisición.

Ventajas y desventajas

- El valor del inventario final es menor, ya que se está utilizando precios más bajos.
- Al tener un costo de ventas mayor, por la valoración con los últimos precios, esto genera una utilidad menor, y por ende, disminuye la base en el impuesto de renta.
- Exige un mayor control por cada línea de producto.
- La compañía puede presentar un saldo en sus inventarios, que no sea real o esté alejado de las condiciones reales del mercado.

Promedio ponderado: este método se basa en el costo promedio del inventario durante un período determinado. Se determina dividiendo el costo de los bienes disponibles para la venta, entre el número de unidades útiles. Cuando una compañía utiliza el promedio ponderado debe calcular, después de cada compra realizada, un nuevo costo promedio debido a que la determinación del valor, tanto del inventario final como del costo de ventas, se basa en este.

Generalmente, se dice que este método de valoración intermedio, porque no toma ni los precios más antiguos ni los más recientes, solo se establece un promedio. En el sistema de inventarios periódico al inventario final se le asigna el valor promedio, mientras que en el sistema permanente el precio se debe ir cambiando cada vez que se compre a precios diferentes.

Actualmente, la empresa utiliza el método de promedio ponderado para el control de inventarios en la materia prima, ya que se calcula el nuevo costo promedio de la materia prima luego de cada nueva compra para contabilizar el inventario de las bodegas. En la actualidad se cuenta con todo el producto mezclado, tanto el antiguo como el de recién ingreso sin separación alguna.

Se propone clasificar la materia prima utilizando el método PEPS para que la rotación de materia prima siempre tome como prioridad utilizar la más antigua y con ello llevar un mejor control de inventario de materia prima. Con esto se logrará darle una correcta rotación al inventario físico, en este caso, sacos de polietileno lineal en polvo, para tener un mayor control sobre la antigüedad de la mercadería, tanto físicamente como a nivel contable.

Las oportunidades de mejora detectadas inicialmente fueron: falta de señalización del área de almacenamiento, no existe clasificación de materia prima por color, lo cual complica la selección de materia prima en los primeros pasos del proceso de producción.

Es necesario pintar el suelo señalizando y rotulando por color el área que le corresponde a cada color de polietileno lineal en polvo donde se encuentra la materia prima estibada para lograr un almacenaje más ordenado y eficiente logrando optimizar los tiempos en el proceso al momento de su selección.

4.3. Aseguramiento de la calidad

La mejora continua es algo inherente a la calidad, por eso es importante garantizar tener procesos de calidad a través de controles en ellos, con el apoyo de indicadores, metas, equipos de trabajo y analistas dedicados al cumplimiento de los objetivos como empresa.

4.3.1. Plan de mejora continua

Este plan de mejora continua está basado en el círculo de Deming, el cual brinda 4 etapas básicas a analizar y trabajar, las cuales son: planear, hacer, verificar y actuar.

Figura 27. **Círculo de Deming**



Fuente: Ingeniería de calidad. *Ciclo PHVA*.

<https://www.ingenieriadecalidad.com/2020/02/ciclo-de-deming.html>. Consulta: 28 de octubre de 2014.

- Planear

Semanalmente el encargado de producción realizará una inspección por todas las áreas involucradas en el proceso de producción con la finalidad de velar que las mejoras plasmadas en este estudio se estén realizando tal cual y como se establecieron para seguir operando eficientemente en el proceso. En esta etapa se apoya con un cronograma semanal por área, el cual se muestra en la figura 25 para una mejor planificación de las tareas a cargo.

Figura 28. **Cronograma de la planeación por área**

ÁREA A INSPECCIONAR	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
MATERIA PRIMA					
BODEGA DE MOLDES					
HORNO Y ENFRIAMIENTO					
CONTROL DE CALIDAD					
BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO					

Fuente: elaboración propia.

Los operarios deben sentirse involucrados y motivados para que todas las mejoras que se han aplicado puedan seguirse ejecutando, incluso deben sentirse que son parte fundamental en el proceso para futuras mejoras que ellos mismos puedan detectar al ser los que ejecutan e interactúan en el proceso diariamente.

Con el paso del tiempo si se logra observar que los operarios practican y ejecutan las funciones a cargo sin afectar la productividad se puede evaluar hacer estas inspecciones con más distanciamiento, por ejemplo, una inspección quincenal para que el encargado de producción pueda enfocarse en otras tareas dentro de la operación.

- Hacer

En las Inspecciones realizadas se debe analizar las áreas involucradas apoyadas de un estudio de tiempos basado en el estudio aplicado en el área de control de calidad, esto para tener claridad sobre cuál es el tiempo que el operario debe tardarse en realizar una acción siempre indicando al operario que se realizan estos estudios con el fin de facilitar el trabajo diario y juntos aumentar la productividad.

- Verificar

Revisar si se están cumpliendo los objetivos a través del análisis de las inspecciones realizadas y es aquí donde se debe profundizar al momento de encontrar fallas o resultados alcanzados no esperados para entender si es un tema de proceso o procedimiento o bien es por falta de capacitación o bien falta de material o recursos necesarios para apoyar a los operarios con las tareas diarias con el objetivo de cumplir con los objetivos generales de la empresa.

- Actuar

Al haber detectado cuáles son las acciones o las causas por las que no se está cumpliendo el objetivo establecido o esperado, se debe nuevamente planificar cómo se alcanzará y ejecutar este plan de mejora; esto puede ser a través de la implementación de nuevas herramientas, nuevos procesos o bien nuevos materiales los cuales apoyaran a todo el proceso para cumplir con los objetivos de la empresa.

Como es un plan para garantizar una mejora continua, hay que tener claro que, al momento de haber detectado y corregido la falla dentro del proceso, el ciclo debe continuar para monitorear que la falla no se repita o bien para detectar nuevas oportunidades dentro del proceso para ser corregidas a través de este círculo de mejora continua.

4.3.2. Auditoría de procesos

La auditoría de procesos es indispensable, luego de haber realizado un estudio a profundidad de cómo se ejecutan los procesos para optimizar cada actividad de una forma constante y activa. La auditoría de procesos lo que busca es siempre lograr una mayor eficiencia y eficacia en los procesos de la cadena de valor en la organización donde se aplica.

La auditoría de procesos hay que hacerla de forma continua para analizar y entender cómo se están ejecutando los procesos y detectar aquellas oportunidades que surjan, tanto las nuevas como las recurrentes. Los beneficios de su aplicación son: verificación de controles utilizados, comprobación sobre los procedimientos definidos en práctica para analizar si son los correctos para la actividad u operación, además brinda información para la toma de decisiones sobre mejoras y cambios en los procesos.

Existen muchos objetivos por los cuales se requiera hacer auditoría de procesos, pero el principal es el de aumento de productividad.

El auditor de procesos es la persona encargada de analizar todos los procesos que son sujetos a evaluación y auditoría, esta persona se puede apoyar con cuestionarios y listas de verificación en las cuales se pueda recopilar datos necesarios.

También a través de entrevistas y la observación directa de los procesos se tendrá información valiosa para entender el proceso y sus partes para que puedan ser analizadas correctamente.

Al tener esa información necesaria de la auditoría se debe crear informes de la auditoría de procesos para que los hallazgos puedan ser presentados junto con el plan de acción para las correcciones necesarias. Todo esto se realiza con el objetivo de tener las prácticas de BPM actualizadas y alineados con los objetivos de la organización.

4.3.3. Control de procesos

El control de los procesos permite tener al proceso dentro de los límites que se han definido como aceptables en el mismo. Es por eso que se debe tener un control en todos los procesos que existan para que estos siempre puedan estar alineados a los objetivos generales de la organización.

Al controlar un proceso se evita que el producto o la operación sea defectuoso o fallida, lo cual impacta positivamente reduciendo pérdida para la empresa si se trata de materia prima o bien recurso invertido como el tiempo a través de las horas hombre.

Para ejecutar un correcto control en los procesos es necesario que todas las áreas que participan para la ejecución de las metas y alcance de los objetivos estén involucradas, ya que será la organización quien defina de manera conjunta qué límites o parámetros serán los aceptados como correctos como base en la medición.

Los diagramas creados y mejorados que presenta este estudio ayudan a determinar qué tiempos, cantidades y recursos deben ser tomados como válidos al momento de realizar un control en los procesos, lo cual resulta más fácil para la persona encargada de la ejecución del mismo, ya que se cuenta con el proceso de producción mapeado, analizado y desglosado a detalle para una mayor comprensión para estudios posteriores con el fin de mantener siempre la mejora continua.

Para estudios posteriores se pueden apoyar en la implementación del BPM o gestión de procesos de negocio el cual se basa en un enfoque de manejo adaptable, desarrollado con el fin de sistematizar y facilitar los procesos de negocio.

5. MEDICIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES EN LA INDUSTRIA PLÁSTICA POR ROTOMOLDEO

5.1. Resultados esperados

Luego de realizar el análisis de la situación actual del proceso de producción, se detectaron las oportunidades de mejora dentro del mismo y basado en esto se crearon y aplicaron las mejoras con el único objetivo de operar un proceso productivo más eficiente y eficaz para garantizar el aumento de la productividad en todas las áreas involucradas. Debido a esto lo único que se espera es que se siga operando siempre en línea a los cambios ya definidos y aplicados, expuestos en el capítulo anterior.

El diagrama de flujo mejorado brinda información valiosa a la persona que lo lea e interprete, sin embargo, será el encargado de producción el responsable de guiarse con los resultados expuestos para definir qué tiempos son los correctos para ejecutar las actividades involucradas en el proceso para definir estos tiempos como válidos o permitidos al momento de una medición. De la misma forma el estudio de tiempo estándar brinda el tiempo que se debe tomar como permitido al momento de analizar la operación analizada.

Con base en los estudios aplicados y analizados en la operación se puede definir qué resultados son los esperados luego de haber analizado y estudiado el proceso de producción de una forma holística.

Para todo el proceso de producción del producto pilas plásticas se determinó que el tiempo con el proceso mejorado es de 90,3 minutos tomando en cuenta todas las áreas involucradas para la elaboración del producto; es importante mencionar que ocasionalmente pueden existir atrasos en el proceso, los cuales harán que el tiempo mencionado anteriormente incremente y cuando algo así suceda se debe investigar y analizar a fondo cuál fue la causa o causas de este atraso para corregir el problema de raíz y con esto garantizar los tiempos de cada operación involucrada en el proceso.

Respecto al área de control de calidad, puntualmente en la operación: quitar rebabas. Se aplicó un estudio de tiempo estándar, el cual toma en cuenta todos los factores bajo los cuales trabaja el operario encargado de esta operación para obtener los resultados esperados de una forma objetiva y correcta. Con base en este estudio se determinó que el tiempo estándar para ejecutar la operación es de 6,15 minutos por pieza, lo cual indica que esto trasladado a horas, el operario es capaz de trabajar aproximadamente 10 piezas por hora y basado en una jornada laboral de 8 horas diarias el operario es capaz de procesar 78 piezas en un día. Esto lógicamente no toma en cuenta los tiempos de comida y descansos permitidos para el operario en la jornada laboral, pero es un indicador confiable para empezar a definir metas por día a cumplir basado en datos reales y objetivos.

El resultado esperado más importante es siempre producir más productos o bien la misma cantidad, siempre utilizando menos recursos, esto basado en que el principio de la productividad es la relación entre lo obtenido y lo invertido, en este caso hablando siempre de recursos como: materiales, tiempo y horas hombre.

Todos los resultados esperados ya mencionados son fundamentales para el aumento de productividad en este proceso de producción, por lo que siempre se debe buscar la mejora continua a través del círculo de calidad para que las mejoras no sean solo temporales, sino que se sean constantes y sean sostenibles a través del tiempo.

5.2. Ventajas y beneficios de aplicación

Toda optimización en los procesos tiene un impacto positivo en la organización donde se aplica sea esta lucrativa o no. La optimización se dice que es la capacidad de hacer o resolver una cosa de la manera más eficiente posible, y es por eso que aplicada a la productividad en un proceso de producción produce ventajas competitivas y beneficios a la empresa donde se aplica.

Al aplicar este estudio a través de la utilización de la Ingeniería de Métodos y otras herramientas brindadas por la Ingeniería Industrial se obtuvieron ventajas y beneficios, tales como:

- Optimización de recursos: utilizando menos tiempo, menos horas hombre y también al evitar el desperdicio de materia prima.
- Creación de un entorno laboral más agradable, ya que los procesos están mejor definidos y estructurados.
- Incremento en la competitividad: al ser más eficientes que la competencia en el proceso de producción automáticamente se genera una mejor competitividad pudiendo incluso mejorar los precios de venta por la reducción de recursos para operar.

- Reduce el agotamiento en los empleados: al tener definidos los tiempos necesarios para la correcta operación y al utilizar menos tiempo para ejecutar las operaciones necesarias permite a los empleados enfocarse en lo realmente importante, ya que pueden manejar de una mejor forma la carga de trabajo y evita la frustración por no haber terminado las tareas asignadas.
- Compromiso con la empresa: los trabajadores más productivos, regularmente suelen ser los más comprometidos con la empresa, ya que logran sus propios objetivos presentando una actitud de dueño para el desempeño de sus actividades.

5.3. Evaluación de los índices de productividad

Basado en que la productividad es la relación entre lo obtenido y los recursos invertidos, se pueden desarrollar o crear indicadores que ayuden a medir cómo está la relación en procesos o actividades sujetos a medición para garantizar siempre un aumento en la productividad de todo lo que se realiza para cumplir con los objetivos de la empresa.

El área de producción debe basarse en el análisis del diagrama de flujo mejorado, el estudio de tiempo estándar para poder definir con base en esto los indicadores o KPIS a utilizar, los cuales apoyarán al área a garantizar el cumplimiento de las metas para el alcance de los objetivos del área y de la compañía. Junto con esto los indicadores ayudan a mantener un control y un flujo correcto en todos los pasos del proceso de producción.

Primero se debe explicar qué es un indicador para saber cómo aplicarlo.

“Un indicador es una expresión matemática que cuantifica el estado de la característica o hecho que queremos controlar”⁶.

El objetivo de un indicador siempre debe responder a la pregunta ¿Para qué?, es decir para qué se quiere cuantificar o medir, este siempre debe buscar una mejora; puede ser minimizar, maximizar o eliminar lo que se quiere medir.

Debido a que la empresa depende fuertemente del proceso de producción, el enfoque principal de estos indicadores debe estar en medir todo lo que se utiliza para la creación de productos rotomoldeados; es por eso que se sugiere la utilización de los indicadores que midan la efectividad en cumplimiento de calidad.

Los indicadores sugeridos para la empresa son los KPI de producción, que permiten medir el rendimiento, la eficiencia y la eficacia de las operaciones de fabricación, generando datos e información estratégica. También comprende la medición del tiempo de sus procesos, el cual es un recurso fundamental para el buen funcionamiento de una empresa productiva.

Los indicadores de producción contribuyen a medir los niveles de calidad en las diferentes etapas del proceso productivo. También permiten reducir los costos y aumentar el rendimiento, debido a que detecta cuellos de botella, ineficiencias, despilfarro y otros factores relacionados con la productividad.

⁶ GÓMEZ BRAVO, Javier. *Indicadores de productividad y calidad en la empresa*. p. 36.

La implementación de un sistema adecuado de indicadores es de vital importancia en este estudio realizado, ya que acorde a la teoría, el único camino para hacer crecer un negocio y aumentar su rentabilidad o las utilidades es aumentando la productividad. Es por ello que se recomienda como parte del estudio implementar estos indicadores puntualmente en el área de producción.

Operación: en este indicador se puede evaluar por paso u operación del proceso, a través de la relación del tiempo que cada operación representa respecto al tiempo total del proceso, para analizar y entender qué tanto tiempo se le está dedicando al proceso total y con base en eso, tomar decisiones para optimizar el proceso a través de la reducción de recursos asignados a esa operación o bien si se puede eliminar la operación para aumentar la productividad.

$$\text{Operación: } \frac{\textit{Tiempo de operación}}{\textit{Tiempo total del proceso}}$$

Producción: esta métrica indica qué cantidad de productos se están produciendo, respecto a la producción programada, es decir, indica si se está cumpliendo la meta (diaria, semanal, quincenal o mensual) de producción.

Este indicador aporta información importante, ya que la producción real asumiendo que no ocurrirá ningún atraso en el proceso; es la producción que se utiliza como la capacidad real de producción que se tiene en un período de tiempo.

Básicamente este indicador debe ser el semáforo de alerta que indique cómo se está avanzando en la producción en un período de tiempo, para saber si se van a cumplir o no las unidades producidas comprometidas para la venta.

$$\text{Producción: } \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}}$$

Utilización de materia prima: es el recurso fundamental en toda empresa de producción y es necesario medir y cuantificar la cantidad que está siendo utilizada para la producción de los productos y con base en eso, analizar si se está utilizando de forma eficiente. Es por eso que este indicador lo que busca es dar visibilidad del uso eficiente de la materia prima o bien alertar al analista de un posible desperdicio de materia prima en la operación.

$$\text{Utilización de materia prima: } \frac{\text{Productos producidos}}{\text{Materia prima utilizada}}$$

Devoluciones: la calidad de un producto es fundamental y es por eso que se debe de medir la cantidad de productos defectuosos que se están produciendo y a partir de esto realizar una ingeniería inversa y detectar dónde se encuentra la falla de la producción de productos defectuosos.

Con este indicador se logra medir la calidad del área de producción respecto a los productos terminados.

$$\text{Devoluciones: } \frac{\text{Cantidad de productos devueltos}}{\text{Cantidad de productos despachados}}$$

Mano de obra: su importancia radica en que es el factor de producción por excelencia, debido a que es el que desarrolla una serie de actividades y tareas, y ayudado por instrumentos, infraestructura, entre otros; produce bienes y servicios de una manera satisfactoria.

Es por eso que la mano de obra debe ser medida con esta métrica para saber cuánto se está invirtiendo en horas hombre, tanto en tiempo como en dinero para determinar cuál es el costo de producir una cantidad de productos en un período de tiempo. Este indicador ayuda a tomar decisiones sobre cómo programar los turnos de producción para hacer aún más rentable la producción a bajo costo.

$$\text{Mano de Obra: } \frac{\text{Horas hombre}}{\text{Cantida de productos producidos}}$$

Estos son los indicadores sugeridos para la medición y optimización del proceso de producción, aquí se sugieren los indicadores que brindan información valiosa para saber cómo se está operando y en qué áreas o actividades se puede mejorar. Se recomienda realizar un *benchmarking* interno siempre en la búsqueda de la mejora continua para saber cómo otras áreas miden la productividad a través de KPIS y así mejorar o innovar las métricas establecidas.

Los indicadores deben ser objetivos y brindar siempre información valiosa en la búsqueda de la mejora, y sobre todo, recordar que la interpretación de cada indicador debe ser la correcta, ya que es fundamental determinar las acciones a aplicar basados en la interpretación del mismo y la experiencia en el área.

CONCLUSIONES

1. Se optimizó el proceso de producción a través de la inversión de menos recursos en el proceso, logrando reducir tiempo, distancia y materia prima utilizada para la elaboración de productos.
2. La implementación de la balanza embolsadora eliminó por completo el desperdicio en materia prima que existía, logrando reducir también el tiempo de la operación.
3. La nueva distribución de la planta de producción incrementa la productividad en todo el proceso, ya que las áreas se encuentran ubicadas en posiciones estratégicas que permiten tener una mejor ergonomía a los operarios.
4. Se estaba operando en el área de producción a través de métodos empíricos, lo cual impactaba negativamente en la utilización eficiente de los recursos en el proceso de producción de plásticos rotomoldeados.
5. El cuello de botella en la operación siempre dicta el ritmo de la operación, lo cual impacta directamente en la capacidad instalada al momento de operar.
6. El levantado de procesos y la creación de diagramas son inherentes en la optimización de procesos, ya que dan visibilidad de aquellas actividades que agregan o restan valor al proceso y al producto final.

RECOMENDACIONES

1. Implementar los índices de productividad propuestos, ya que ayudarán a garantizar la mejora continua a través de las métricas, porque todo lo que se mide se puede mejorar.
2. Capacitaciones frecuentes a los operarios para brindarles herramientas a través de talleres y tener propuestas simples y sencillas que puedan aportar siempre a mejorar la productividad, y por ende, producir siempre a bajo costo con la mejor calidad.
3. Auditar los procesos de forma continua para analizar y entender cómo se están ejecutando los procesos y detectar aquellas oportunidades que surjan, tanto las nuevas como las recurrentes.
4. Es necesaria la creación del área de Ingeniería o Métodos para que sea la encargada de medir, evaluar, mejorar y controlar los procesos, siempre con el objetivo de estar en una constante optimización de los recursos invertidos en los procesos.
5. Crear un manual de procesos y procedimientos en el área de producción para tener una guía de actuación que se pueda consultar y mejorar siempre. Con el objetivo de que el flujo en los procesos sea lineal o constante.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHINAROTO. *Carrusel*. [en línea]. <<https://chinaroto.en.made-in-china.com/product/XSknWCvPXLYJ/China-Carousel-Rotational-Moulding-Machine-for-Plastic-Furniture.html>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
2. FAMSER. *Molde vaso 1 100*. [en línea]. <<https://www.famserltda.com/rotomoldeo-2-2/#gallery-4>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
3. _____. *Molde de barreras viales*. [en línea]. <<https://www.famserltda.com/rotomoldeo-2-2/#gallery-4>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
4. FIGUEROA VENUÉ, Pau. *Optimización de productos y procesos industriales*. España: Ediciones Gestión. 2006. 220 p.
5. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw–Hill, 2005. 459 p.
6. GOMEZ BRAVO, Javier. *Indicadores de la productividad y calidad en la empresa*. Venezuela: Nuevos Tiempos, 1991. 94 p.
7. INDIAMART. *Clamshell*. [en línea]. <https://www.indiamart.com/vinodraiengineers/clamshell.html>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].

8. _____. *Shuttle*. [en línea]. <<https://www.indiamart.com/vinodraiengineers/clamshell.html>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
9. KRICK, Edward. *Ingeniería de métodos*. México: Limusa, 1967. 543 p.
10. NAROTO. *Máquina de estación única*. [en línea]. <<http://naroto.com/spenish/a-one.html>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
11. NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*. 11^a ed. México: Alfa Omega, 2004. 880 p.
12. OCHOA BARRIOS, Carlos Alejandro. *Diseño de la investigación de la aplicación de la teoría de las restricciones y su impacto en los índices de productividad en la industria de rotomoldeo en Guatemala*. Trabajo de Graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2013. 137 p.
13. ROLDÁN, Luis. *10 pasos para aumentar su rentabilidad*. España: Ediciones Gestión. 2006. 55 p.
14. ROTOTEC. *Aljibes*. [en línea]. <<https://www.rototec.com.gt/l-nea-economica#>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
15. _____. *Conos*. [en línea]. <<https://www.rototec.com.gt/l-nea-economica#>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
16. _____. *Fosas sépticas*. [en línea]. <<https://www.rototec.com.gt/l-nea-economica#>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].

17. _____. *Línea económica*. [en línea]. <<https://www.rototec.com.gt/lnea-econ-mica#>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
18. _____. *Línea premiun*. [en línea]. <<https://www.rototec.com.gt/lnea-econ-mica#>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
19. _____. *Pilas*. [en línea]. <<https://www.rototec.com.gt/lnea-econ-mica#>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
20. Textos Científicos. *Máquina rock and roll*. [en línea]. <<https://www.textoscientificos.com/polimeros/rotomoldeo/maquinas>>. [Consulta: 28 de octubre de 2014].
21. TOVAR, Arturo. *CPIMC Un modelo de administración por procesos*. México: Panorama, 2007. 250 p.
22. VENTURA RODRÍGUEZ, Melvin Alexander. *Acondicionamiento de las rutas de despacho y abastecimiento para la distribución de suministros y equipo para soldadura eléctrica en la región norte y sur del país en la empresa distribuidora Técnica Industrial, S. A.* Trabajo de Graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2013. 96 p.

