



FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

**REDUCCIÓN DE LA MERMA EN EL PROCESO DE
FABRICACION DE LA EMPRESA NEXPOL S.A.C. LIMA,
2017.**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título
Profesional de Licenciado en Administración de Empresas**

VÍCTOR ANDRÉS MELÉNDEZ GARAY

**Asesor:
Carlos Alejandro Ledesma Durand**

**Lima – Perú
2017**

Este Trabajo está dedicado a mi amada hija Pamela por ser mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día más.

Agradezco especialmente a mi asesor, Carlos Ledesma Durand por la guía y consejo otorgado para la realización del trabajo.

Resumen Ejecutivo

Este trabajo, se enfoca en proponer alternativas para reducir la merma en el proceso de fabricación de la empresa NEXPOL S.A.C. Se presenta la estructura de la empresa y se describen las áreas que la conforman. Asimismo, se desarrollan los conceptos teóricos de gestión de calidad y costos para la identificación, medición, análisis y control de fallas, para plantear alternativas de solución y seleccionar una propuesta para su aplicación en el proceso de fabricación con el cálculo del costo beneficio de su implementación y los cambios necesarios para insertarlo como herramienta de gestión de calidad en la empresa.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción y Antecedentes de la empresa	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes de la Empresa.....	2
1.2.1 Datos Generales.....	2
1.2.2 Descripción de la empresa	2
1.2.3 Perfil Organizacional.....	2
1.2.4 Organigrama de la empresa	3
1.2.5 Entidades participantes en el modelo de negocio	5
1.2.6 Producto	5
1.2.7 Oportunidades de Negocio	9
1.2.8 Instalaciones y Maquinaria	11
1.2.9 El Proceso Productivo	11
1.2.10 El Control de Calidad en la empresa	11
Capítulo 2: Planteamiento del Problema	12
2.1 Características del área.....	12
2.2 Situación Problemática	14
2.3 Objetivos	18
2.3.1 Objetivo General.....	18
2.3.2 Objetivos Específicos	18
2.4 Justificación.....	18
2.5 Alcances y limitaciones.....	19
2.5.1 Alcance.....	19
2.5.2 Limitaciones	19
Capítulo 3: Marco Teórico.....	20

3.1	Marco Teórico.....	20
3.1.1	Calidad	20
3.1.2	Costos en General.....	22
3.1.3	Costos de Calidad.	24
3.1.4	Métodos de Gestión de Calidad.....	28
3.1.5	Herramientas de calidad y mejora	34
	Capítulo 4: Metodología del proyecto.....	39
4.1	Identificación del proyecto	39
4.2	Planificación del proyecto	40
4.2.1	Identificar el origen de merma en los procesos de fabricación en cuanto a las actividades en máquina y del operario.....	41
4.2.2	Definir las fallas que generan exceso de merma en el proceso de fabricación.	41
4.2.3	Medir los tipos de mermas del proceso de fabricación.....	42
4.2.4	Calcular y proyectar los costos por exceso de merma en cuanto a los elementos de costo: Materia prima directa, Mano de obra directa y Costos Indirectos de Fabricación.	42
4.2.5	Análisis de causas en la problemática de exceso de merma.	42
	Capítulo 5: Análisis crítico y resultado	44
5.1	Análisis critico.....	44
5.1.1	Identificar el origen de merma en los procesos de fabricación en cuanto a las actividades en máquina y del operario.....	44
5.1.2	Definir las fallas que generan exceso de merma en el proceso de fabricación.	47
5.1.3	Medir los tipos de mermas del proceso de fabricación.....	51
5.1.4	Calcular y proyectar los costos por exceso de merma en cuanto a los elementos de costo: Materia prima directa, Mano de obra directa y Costos Indirectos de Fabricación.	57

5.1.5	Análisis de causas en la problemática de exceso de merma.	59
5.2	Planteamiento de propuestas	61
5.2.1	Adquirir una máquina moldeadora de formato pequeña	61
5.2.2	Cambiar Materia Prima con mayor estabilidad química y mecánica.	62
5.2.3	Capacitación del personal.....	62
5.2.4	Programa de mantenimiento preventivo de máquinas y equipos más continúo.	62
Capítulo 6: Justificación de propuesta escogida		64
Capítulo 7: Estructura de la propuesta.....		66
7.1	Datos de inversión	66
7.2	Viabilidad de inversión	66
Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones		68
8.1	Conclusiones	68
8.2	Recomendaciones	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla	32
Tabla 2 Criterios para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.	33
Tabla 3 Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.	33
Tabla 4 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla	48
Tabla 5 Criterios para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.	48
Tabla 6 Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.	48
Tabla 7 AMEF - Planta de Fabricación de Nexpol S.A.C.	49
Tabla 8 Tipo de merma en kilogramos y porcentajes.	51
Tabla 9 Muestras de Peso de bloques por dimensiones y densidad por lotes.....	52
Tabla 10 Resultado promedio de la variación porcentual en densidad.....	52
Tabla 11 Cálculo de productos cortados por bloque y merma de corte.	54
Tabla 12 Resumen de merma teorica promedia por tipo de bloque.	54
Tabla 13 Cálculo de productos y merma por corte de sobrante largo.	55
Tabla 14 Cálculo de productos y merma por corte de sobrante ancho.....	56
Tabla 15 Resumen de merma teorica promedia por tipo de sobrante.	56
Tabla 16 Promedio de merma teorica por corte de bloque y sobrantes.	56
Tabla 17 Costos de fabricación por elemento del total kilogramo procesado Nexpol S.A.C. 2016.	57
Tabla 18 Cálculo de exceso de merma porcentual.	57
Tabla 19 Costos por exceso de merma por tipo en cuanto a los elementos de costo.	58
Tabla 20 Proyeccion de kilogramos a procesar 2018-2022.....	58
Tabla 21 Proyeccion de costos por exceso de merma 2018-2022	59
Tabla 22 Reducción porcentual del exceso de merma por alternativa.	63
Tabla 23 Cálculo de productos y merma por corte de bloque pequeño.....	64
Tabla 24 Resumen de merma teorica promedia por tipo de bloque.	65
Tabla 25 Ahorro anual potencial proyectado por propuesta	65
Tabla 26 Simulación de financiamiento de propuesta	66
Tabla 27 Flujo de Caja de propuesta	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama NEXPOL S.A.C.	4
Figura 2 Bovedillas de Poliestireno	6
Figura 3 Plancha Panel Muro.....	6
Figura 4 Plancha Junta de Dilatación.....	6
Figura 5 Casetones	7
Figura 6 Plancha de Poliestireno Alta Densidad	7
Figura 7 Perla Expandida	8
Figura 8 Piezas de Poliestireno	8
Figura 9 Plancha de Poliestireno Baja Densidad	9
Figura 10 Pieza de Poliestireno Alta Densidad	9
Figura 11 Panel Sándwich EPS y Madera	10
Figura 12 Cielo raso y Moldura	10
Figura 13 Panel EVG-3D	10
Figura 14 Mapa de Procesos de NEXPOL S.A.C.....	13
Figura 15 Evolución de merma 2016	15
Figura 16 Distribución clase de merma de los kilogramos procesados	16
Figura 17 Nivel de reproceso de materiales	16
Figura 18 Estructura del costo de fabricación	17
Figura 19 Elementos de un producto	24
Figura 20 Esquema general de actividades para realizar un AMEF	29
Figura 21 Secuencia del Proceso para realizar AMEF	31
Figura 22 Mapa de proceso	35
Figura 23 Diagrama de Pareto.....	35
Figura 24 Diagrama de flujo.....	36
Figura 25 Diagrama de Ishikawa.....	38
Figura 26 Diagrama de Flujo del proceso de fabricación de poliestireno expandido	46
Figura 27 Pareto 80-20 tipos de merma NEXPOL S.A.C. 2016	51
Figura 28 Modelo Corte de planchas en bloque	53
Figura 29 Diagrama Causa – Efecto, Exceso de Merma fabricación poliestireno expandido	59

Capítulo 1: Introducción y Antecedentes de la empresa

1.1 Introducción

Este trabajo pretende estudiar cómo reducir la merma y sus respectivos costos mediante la propuesta de alternativas que se encuentren sustentadas por el análisis de las fallas que causan el exceso de merma en el proceso de fabricación de la empresa NEXPOL S.A.C.

El desarrollo de este proyecto se presenta en 8 capítulos: en el primer lugar, se presenta los antecedentes de la empresa; en el segundo lugar, se presenta el planteamiento del problema con sus objetivos y justificación; en el tercer lugar, se presenta el marco teórico sobre calidad, merma, costos, métodos y herramientas de gestión de calidad; en el cuarto lugar, se presenta la metodología empleada; en el quinto lugar se presenta los resultados de la investigación y planteamiento de alternativas para la reducción de merma; en el sexto y séptimo lugar; se presenta la justificación y la evaluación de la alternativa escogida; por último lugar se presenta el capítulo de conclusiones y recomendaciones que resumen las ideas principales de la investigación, y la reseña bibliográfica consultada.

Es de vital importancia la reducción de merma ya que busca alcanzar un beneficio económico al ahorrar en consumos de materia prima, mano de obra y otros costos indirectos de fabricación, asimismo posibilita tener un mayor control sobre el reproceso y no conformidad de productos contribuyendo en no alterar la satisfacción del cliente. Por otro lado, reducir la merma permite controlar y predecir problemas antes de que se susciten obteniendo niveles de merma óptimos para la empresa de esta manera lograr beneficios en la rentabilidad y productividad.

En este trabajo propondrá alternativas para la reducción de la merma en la planta de fabricación de poliestireno expandido y escoger la propuesta de mayor impacto basado en información obtenida del análisis de la situación problemática y su viabilidad económica.

1.2 Antecedentes de la Empresa

1.2.1 Datos Generales

Razón Social : NEXPOL S.A.C.

RUC : 20551113753

N° de Trabajadores : 19

Actividad Económica : Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), el sector y la actividad a la que pertenece la industria manufacturera le correspondería la codificación del tipo 2020, que hace referencia a las actividades de Fabricación de Productos Plásticos.

1.2.2 Descripción de la empresa

La empresa cuenta con una planta moderna de producción de productos de poliestireno expandido (EPS), fue fundada en el año 2013, se encuentra dentro de las 5 empresas más importantes en el sector de poliestireno expandible. Fabrica planchas, piezas, casetones, bovedillas para embalaje, manualidades y construcción; también se fabrica perla expandida para la industria de explosivos.

NEXPOL S.A.C. es una empresa del Grupo NEXCOM creada para asegurar el abastecimiento de materiales en sus proyectos de construcción modular en el sector minería e hidrocarburos. Donde sus principales necesidades son la entrega a tiempo y cubrir los altos estándares de calidad de los materiales. En los últimos periodos la empresa ha fortalecido sus ventas al mercado de Lima metropolitana debido a la paralización de inversión en el sector minería que afectaron las ventas a NEXCOM S.A.C., obteniendo alta aceptación el sector construcción e industrias que requiere productos de EPS de calidad.

1.2.3 Perfil Organizacional

Misión

Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes. Brindando soluciones de acuerdo con los diseños proporcionados en poliestireno, cumpliendo las exigencias de los

clientes en los campos de construcción, refrigeración, embalajes y otros. Sometidos por un grupo humano altamente capacitado y comprometido.

Visión

Ser reconocidos como empresa líder en fabricación de poliestireno con sólida presencia en el mercado local.

Valores

Responsabilidad, Compromiso, Creatividad, Honestidad y Trabajo en Equipo.

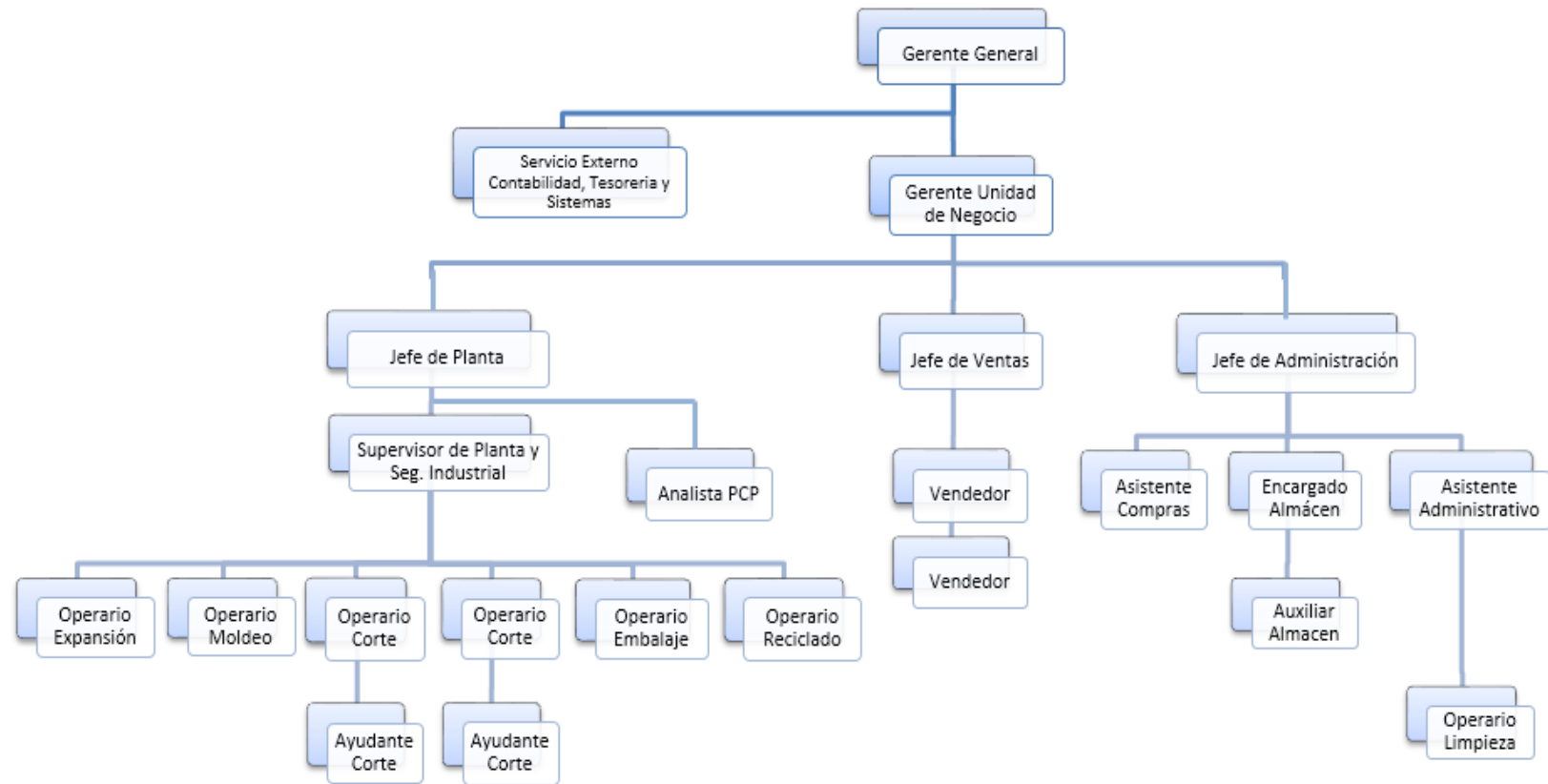
Estructura Organizacional de Gestión en NEXPOL S.A.C

En la estructura organizacional de NEXPOL S.A.C. se estableció no contar con las áreas de: Contabilidad, Tesorería y Sistemas. Estas serían cubiertas por servicio externo facturado de la empresa matriz NEXOS COMERCIALES S.A.C. Dentro de las actividades principales del servicio externo brindado se encuentra: Administrar la información legal y tributaria (registro de los documentos comerciales de compras y ventas); Administrar los fondos (operaciones de pagos y cobranzas); Gestión de Costos para la toma de decisiones (cálculo de costos de producción y análisis de los márgenes de contribución); Sistemas y Administración de Información ERP (controles de seguridad en base de datos).

1.2.4 Organigrama de la empresa

La versión oficial de la empresa se encuentra desactualizada, por lo que se elaboró un organigrama actualizado.

Figura 1 Organigrama NEXPOL S.A.C.



Fuente: Elaboración propia

1.2.5 Entidades participantes en el modelo de negocio

Clientes

- ***Clientes Construcción;*** Concremax, JJC Contratistas, Entrepisos, DVC Constructora, Inarco, Nexcom, otros.
- ***Clientes Industriales;*** BSH, AGP Glass, Compañía Nacional de Chocolates del Perú, otros.
- ***Clientes Distribuidores;*** Villanueva, Embolsa, Dispol, otros.

Proveedores

- ***Proveedores Locales;*** IXOM PERU S.A.C., SYNTHESIA PERU S.A.C.
- ***Proveedores Internacionales;*** ASTOR GROUP LTD., JIANGSU SUCHEN CO LTD.

Competidores

Entre los principales competidores podemos encontrar a DIPROPOR, ETSA PERU, FAPROTEC, NARCISO.

1.2.6 Producto

Entre los productos que comercializa se encuentran, juntas de dilatación, casetones, bovedilla, piezas de embalaje y perla extendida, entre otros afines.

En la actualidad, es una empresa con una visión de negocio aplicable para el sector construcción, industrial y artesanal clasificando sus unidades de negocio en:

Productos y Servicios Sector Construcción.

- **Producto:** Plancha Panel Techo, Plancha Panel Muro, Plancha Piso, Plancha Junta de Dilatación, casetones, bovedillas.
- **Aplicación:** Panel Sándwich EPS de Acero, Pre losa Aligerada (Casetones), Viguetas pretensada FIRTH (Bovedillas), Losa aligerada con vigueta prefabricada de acero galvanizado (Bovedilla Recta), muro ladrillo (Plancha Junta de Dilatación).

Figura 2 Bovedillas de Poliestireno



Figura 3 Plancha Panel Muro



Figura 4 Plancha Junta de Dilatación



Figura 5 Casetones



Productos y Servicios Sector Industrial.

- **Producto:** Plancha de Poliestireno Alta densidad, Piezas de Poliestireno, Mini Perla Expandida, Perla Expandida, en otros.
- **Aplicación:** Cámaras de Frio, Piezas de Embalaje, Tapas de Embalaje, Esquineros de Poliestireno, Planchas de Embalaje, Relleno de Cartuchos Explosivos, Relleno para Embalaje, entre otros.

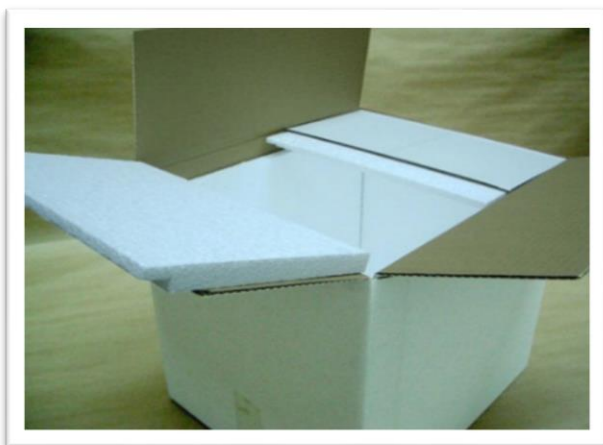
Figura 6 Plancha de Poliestireno Alta Densidad



Figura 7 Perla Expandida



Figura 8 Piezas de Poliestireno



Productos y Servicio Sector Artesanías.

- **Producto:** Plancha de Poliestireno Baja densidad, Piezas de Poliestireno, Perla Expandida, en otros.
- **Aplicación:** Carteles de Poliestireno, Tablas de Surf, Figuras de Poliestireno, Relleno para Piñatería, entre otros.

Figura 9 Plancha de Poliestireno Baja Densidad

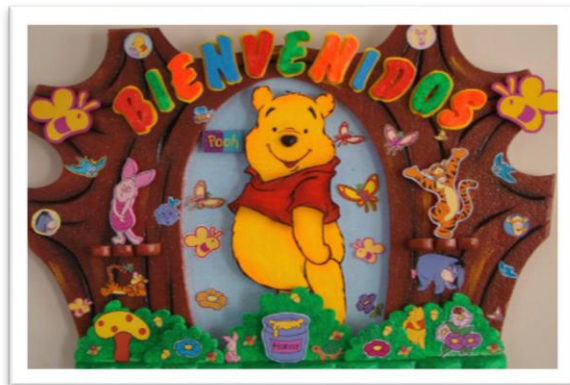


Figura 10 Pieza de Poliestireno Alta Densidad



1.2.7 Oportunidades de Negocio

En la actualidad NEXPOL S.A.C. cuenta con una participación del 6% en el mercado de EPS, se ha establecido en mediano plazo lograr una partición del 10% del mercado de poliestireno expandido. Asimismo, existe oportunidades de negocio a desarrollar en las líneas de fabricación existentes, las cuales, por restricciones productivas, así como de inversión no han permitido su desarrollo. Para lograr un crecimiento sostenible en el mercado se debe tomar decisiones de restructuración e inversión en la organización. Entre las oportunidades de negocio tenemos:

Proyectos de Ingeniería y Productos Sector Construcción.

- **Productos:** Panel Sándwich EPS y Madera, Panel Sándwich EPS y Placa de Fibrocemento, Panel EVG - 3D, Molduras, Cielo Raso.

- **Aplicación:** Muros, Divisiones de ambientes, Oficinas, Discotecas, Techo, Piso, Cielo Raso, entre otros.

Figura 11 Panel Sándwich EPS y Madera



Figura 12 Cielo raso y Moldura



Figura 13 Panel EVG-3D



1.2.8 Instalaciones y Maquinaria

Instalaciones de planta, cuenta con un área construida es de 3 654 m², en la cual la planta de Fabricación ocupa un área de 1 222 m², la zona de almacenamiento de productos intermedios y finales se encuentra distribuida en 2 313 m² y el área de oficinas 119 m².

Máquinas y Equipos, la línea de fabricación de poliestireno expandido, la cual es objeto de estudio, cuenta con máquinas de expansión, moldeo y corte adquiridas en el año 2013, esta línea tiene una capacidad de procesamiento de EPS de hasta 110 toneladas/mes terminadas. Esta línea cuenta además con los siguientes equipos: balanzas, generadores de vapor, molino, compresoras.

1.2.9 El Proceso Productivo

El proceso productivo en la Planta de Poliestireno Expandido se inicia con la solicitud de EPS al almacén de Materia Prima y son procesadas de acuerdo con cada línea de producto; Línea de Fabricación Virgen y Línea de Fabricación con reciclado.

En la figura 14 se muestran los mapas de procesos de las dos líneas.

1.2.10 El Control de Calidad en la empresa

La empresa no cuenta con un área de Control de la Calidad que vigile los productos fabricados cumplan con los estándares establecidos por la empresa. Para controlar la calidad de un producto se realizan inspecciones y pruebas de muestreo diarias por el personal asignado a cada proceso donde se verifica que las características sean las óptimas. Asimismo, se realiza el registro de las fallas y reproceso de producción.

Capítulo 2: Planteamiento del Problema

2.1 Características del área

Este trabajo aborda el departamento de producción, donde se ejecuta la fabricación, los costos y el control de calidad entre otros que intervienen para obtener el producto. Es principal engranaje de la empresa, entre sus principales actividades tenemos:

- Control de la fabricación.
- Planificación de la producción.
- Métodos e instructivos de trabajo.
- Preservar la salud y seguridad de sus colaboradores.
- Control de Calidad.

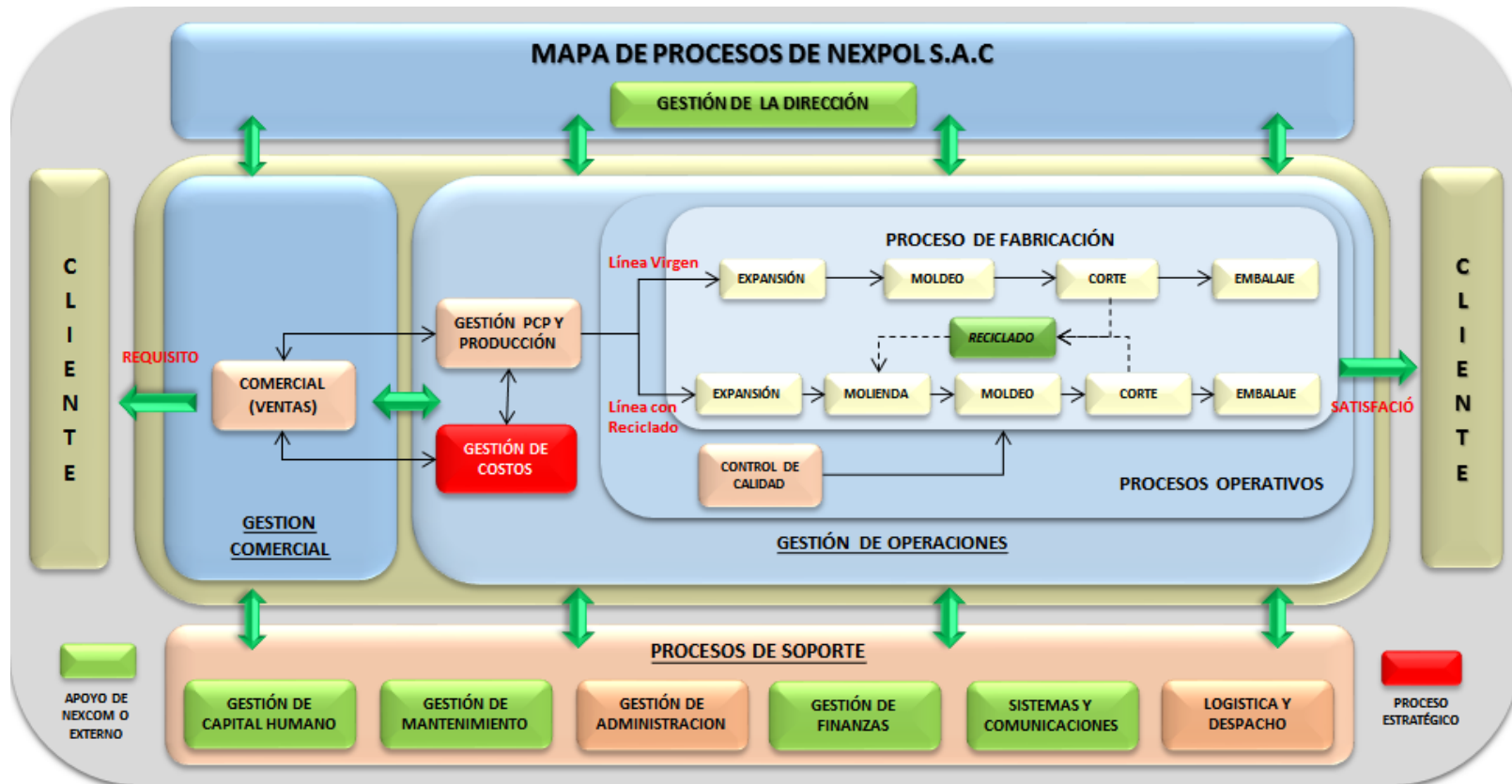
La suma de estas actividades busca que el departamento de producción elabore productos de calidad a menor costo, asimismo el departamento debe controlar la eficiencia de los factores que intervienen tales como; materiales, personal, maquinaria y equipos entre otros.

La iniciativa en desarrollar el presente trabajo parte del área de costos que, a través de la elaboración y lectura de indicadores de eficiencia y calidad, además de la baja competitividad en precios de algunos productos despierta el interés de analizar para disminuir los costos de merma. Con el objetivo de conocer mejor y más profundamente el funcionamiento y desempeño de los procesos y las actividades en los que se encuentra involucrada la problemática. Se elabora el mapa de procesos que define gráficamente, los departamentos y sus respectivas áreas en el que se describe cada proceso, los procesos se clasifican en estratégicos, claves y de soporte. Ver figura 14.

Los Procesos Estratégicos están soportados por la alta dirección donde el Gerente General es responsable de la marcha administrativa de la organización; en el planeamiento, conducción estratégica y toma de decisiones que permita lograr el bienestar y los objetivos trazados para la empresa.

Los Procesos Claves son donde se aporta valor a la relación empresa – cliente, empieza desde que el departamento de comercial que a través de sus vendedores capturan las necesidades del cliente, que son traducidas por la gerencia de operaciones en productos que cumplen o exceden los requisitos establecidos para satisfacer al cliente.

Figura 14 Mapa de Procesos de NEXPOL S.A.C.



Fuente: Elaboración propia

La figura 14, el mapa de procesos representa la sinergia de las áreas para asistir la necesidad del cliente y satisfacer sus expectativas.

La jefatura de producción está encargada de la fabricación y calidad de los productos, optimizando la utilización de los recursos de la empresa. Tiene dos puestos claves a cargo para vigilar la productividad, calidad y seguridad del proceso productivo que son; el Supervisor de Planta y Seguridad Industrial y el Asistente de PCP. Los cuales son supervisados por el área de costos quienes controlan los costos de fabricación con el análisis del precio de materia prima, tareo de los tiempos de fabricación y niveles de mermas. Así mismo el área de costos retroalimenta los precios de los productos al área de comercial con los márgenes establecidos por la alta dirección. Para que se proceda la fabricación de los productos por los operarios quienes son los dueños de cada proceso, y cumplen sus tareas y actividades en las máquinas productivas de cada proceso en la fabricación, algunas actividades son más técnicas que otras en la programación, operatividad y mantenimiento de maquinaria. Los procesos deben ser supervisados desde el inicio hasta el final con filtros de calidad por el área de aseguramiento de calidad, la cual carece la empresa y es autogestionada por los operarios de cada proceso.

Por último los procesos de soporte o también conocidos como de apoyo, complementan a los procesos definidos anteriormente. Son de menor incidencia en la cadena valor, pero de igual importancia porque condiciona el desempeño de los procesos superiores y pueden determinar el éxito o el fracaso de la empresa. Entre las actividades y procesos relacionados tenemos; la logística de abastecimiento y despachos, la gestión financiera, la administración del capital humano y de los equipos informáticos, entre otros.

2.2 Situación Problemática

Tanto la globalización de mercados como el crecimiento de poder en el consumidor, aumenta la competencia entre fabricantes locales de capitales nacionales e internacionales, donde se prioriza cubrir la satisfacción del consumidor. Estas dos características obligan a las empresas a desarrollar estrategias enfocadas en innovación, tecnología, calidad y costos para ser competitivas. Ante ello la gerencia de Administración y Finanzas en coordinación con el área de costos, diseñó e implementó un sistema de información de control en los procesos de fabricación para generar información a través del llenado de las hojas de producción, formatos de no conformidad y formatos de reproceso. Con el objetivo de identificar e iniciar el cálculo de costo en reproceso, exceso

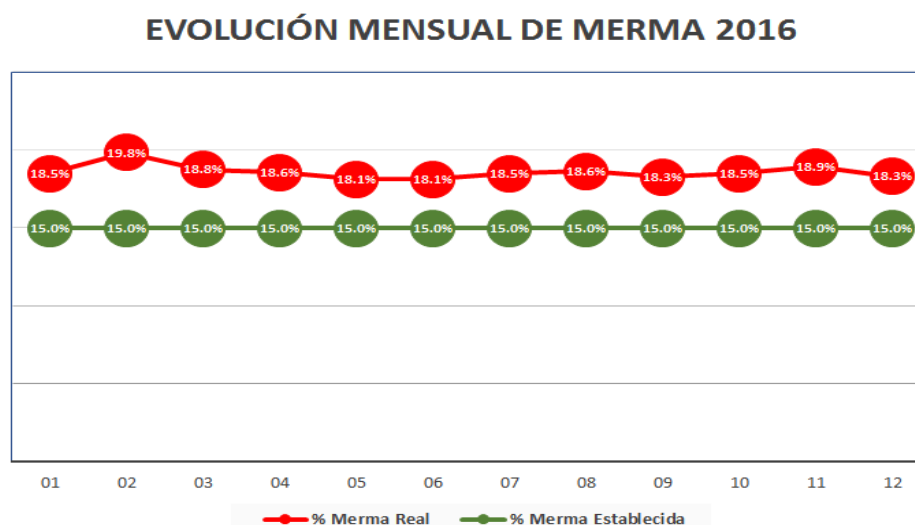
de merma y otros costos ocultos. Asimismo, se realiza reuniones con el personal de planta semanalmente para la revisión de los indicadores de eficiencia y evidenciar los problemas del proceso de fabricación como, por ejemplo; reproceso, recursos no aprovechados, ciclos elevados de producción, tiempos improductivos, entre otros. Para el desarrollo del trabajo se analizó la data del periodo 2016 ya que abarca todo un ciclo estacional con altas y bajas en producción y la ampliación de nuevos productos.

El indicador más resaltante es el alto porcentaje de merma que se encuentra por encima del 15% establecido como objetivo el cual tiene un margen de desviación de +/- 1% basado a la variedad de productos y referencia de las demás empresas del sector, evidenciándose una serie de diversos problemas en la calidad de la planta de producción de NEXPOL S.A.C. Por otro lado, se observa un alto indicador de devoluciones de material procesado que es posteriormente reprocesado, esta información es complementada con el análisis de la importancia de los costos de materia prima en el costo de fabricación, generando un impacto negativo en la rentabilidad de la empresa por la ineficiente utilización de los recursos.

Formula de Indicador: Porcentaje total de merma sobre los kilogramos procesado.

$$\% \text{ Merma Total} = (1 - (\text{Kg. Terminado} / \text{Kg. Procesado})) * 100$$

Figura 15 Evolución de merma 2016

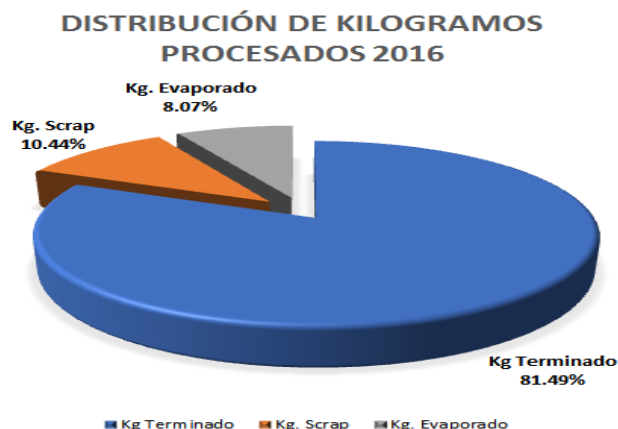


La figura 15, muestra los niveles de merma real mensual del periodo 2016, que se ubica por encima del nivel estándar de 15% establecido en la empresa

Formula de Indicador: Porcentaje total de merma evaporada sobre los kg. Procesado.

$$\% \text{ Merma Evaporada} = (1 - ((\text{Kg. Terminado} - \text{Kg. Scrap}) / \text{Kg. Procesado})) * 100$$

Figura 16 Distribución clase de merma de los kilogramos procesados

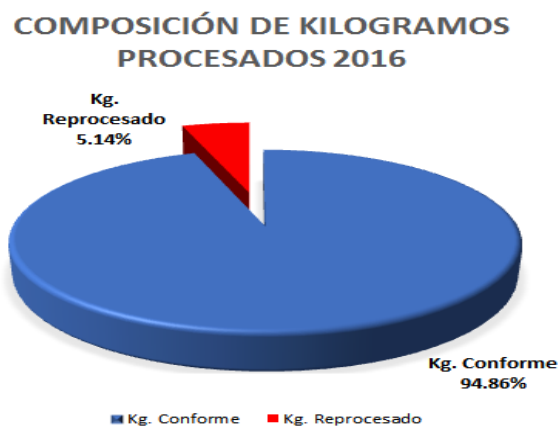


La figura 16, muestra la distribución de las clases de merma que está compuesta los kilogramos procesados en el periodo 2016, se observa una merma en conjunto de 18.51% que se desagrega en 10.44% de Scrap y el 8.07% restante es merma evaporada.

Formula de Indicador: Nivel de kilogramos reingresado de material sobrante de cortes.

$$\% \text{ Kg. Reprocesado} = (1 - (\text{Kg. Sobrante} / \text{Kg. Total Procesado})) * 100$$

Figura 17 Nivel de reproceso de materiales



La figura 17, muestra el porcentaje de kilogramos reprocesados en el periodo 2016, se observa un reingreso del material sobrante del 5.14% del total de kilogramos procesados.

Formula de Indicador: Costo de Transformación

$$\text{Costo de Transformación} = (\text{MOD} + \text{CIF})$$

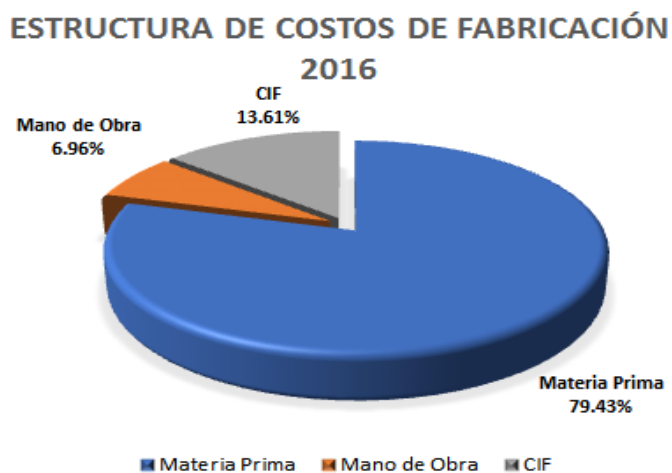
Formula de Indicador: Costo de Fabricación

$$\text{Costo de Fabricación} = (\text{Mat. Prima} + \text{MOD} + \text{CIF})$$

Formula de Indicador: Porcentaje de la materia prima sobre los costos de fabricación.

$$\% \text{Costo de Materia Prima} = (\text{Mat. Prima} / \text{Costo de Fabricación})$$

Figura 18 Estructura del costo de fabricación



La Figura 18, muestra la importancia de la materia prima respecto a los elementos del costo de fabricación en el año 2016, se puede apreciar que representa el 79.43% en el costo de fabricación.

Ante esta situación se plantea como problema principal: **¿Cómo reducir la merma en el proceso de fabricación de la empresa NEXPOL S.A.C.?**

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

- Establecer propuestas para la reducción de merma en los procesos de fabricación de la empresa NEXPOL S.A.C.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar el origen y los tipos de merma que padece el proceso de fabricación en la empresa.
- Analizar las causas y efectos de las fallas del proceso de fabricación en relación con la merma de la empresa.
- Determinar el costo del exceso de merma en relación con los elementos del costo de fabricación.
- Evaluar la viabilidad de la propuesta seleccionada para reducir la merma.

2.4 Justificación

El desarrollar propuestas para reducir la merma implica mejorar el cómo se hacen las cosas y a su vez mejorar la calidad del producto. Es común asociar que a mayor calidad mayor es el valor del producto o servicio, a pesar de que la calidad no tiene valor. La calidad es un conjunto de atributos o propiedades de un producto o servicio que le permite comparar y emitir un valor sobre su percepción.

Asimismo, los empresarios no tienen un conocimiento profundo sobre la importancia de la calidad en sus organizaciones y del nivel de competitividad que pueden lograr reduciendo los costos de la no calidad. Así como la importancia de la información proporcionada por los indicadores de eficiencia en el consumo de materiales en la toma de decisiones dentro de las políticas de la empresa.

La reducción de merma y sus costos permite disminuir los costos de fabricación y aumentar sus beneficios económicos; incrementar los márgenes de rentabilidad, elevar el número de ventas por la satisfacción de los clientes. Es por ello que se considera suficiente investigar los temas de merma y sus costos.

El presente trabajo de investigación “REDUCCIÓN DE LA MERMA EN LOS PROCESOS DE FABRICACION EN LA EMPRESA NEXPOL S.A.C. LIMA, 2017” que surge por la necesidad que tiene la empresa de generar mayor competitividad practicando la mejora

continúa en sus procesos de fabricación para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente.

Además, la empresa NEXPOL S.A.C. está interesada en identificar sus fallas y mejorar la calidad de sus productos, para ello está realizando un análisis de sus causas y efectos de los costos de no calidad. Por lo cual se busca evaluar las pérdidas generadas por la deficiente utilización de los recursos en los procesos de fabricación. Asimismo, optimizar los procedimientos y consumos de recursos para lograr una buena calidad en el producto final y el bienestar de la empresa e intereses de sus trabajadores. Por lo tanto, el presente trabajo se justifica porque se busca desarrollar competencias laborales de tipo intelectual con el conocimiento experto, investigación bibliográfica de Calidad, Costos y Costos de No Calidad.

2.5 Alcances y limitaciones

2.5.1 Alcance

El proyecto se desarrolla en el área de fabricación de todos los productos que son procesados hasta la línea de corte, tanto de material virgen como mezcla con reciclado desde la expansión hasta el embalaje.

2.5.2 Limitaciones

En el desarrollo de la investigación se presentan las siguientes limitaciones:

- Los registros de información en fabricación y de controles de calidad se encuentra parcialmente incompleta y errónea por parte de los operarios.
- Las actividades de control se cumplen parcialmente por los responsables, los indicadores se encuentran desactualizados y no son monitoreados.
- Las autorizaciones de reproceso y cambio de densidad no están siendo registradas y las registradas no tienen autorización de los responsables.

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Marco Teórico

3.1.1 Calidad

Calidad está definido por la Real Academia Española de la Lengua - R.A.E. como: “propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permite juzgar su valor.”

En el ámbito empresarial el último juez de la Calidad es el Cliente, quiere decir que un producto o servicio de Calidad es aquél que alcanza o excede las expectativas del cliente final.

La Calidad es una característica fundamental que hoy exige el cliente en todos los productos que adquiere.

Según el modelo de la norma ISO 9000:2005 “define calidad como el “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” entendiéndose por requisito como una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.” (Gutiérrez Pulido, 2010)

Esta definición fue la base que impulso un crecimiento de la importancia de la calidad en el mercado internacional, la norma ISO 9000 se diseñó para asegurar la calidad adecuada en el bien o servicio que se adquiere.

Otras definiciones de los gurús en calidad como CROSBY, DEMING y JURAN.

CROSBY (1988) “Calidad es conformidad con los requerimientos. Los requerimientos tienen que estar claramente establecidos para que no haya malentendidos; las mediciones deben ser tomadas continuamente para determinar conformidad con esos requerimientos; la no conformidad detectada es una ausencia de calidad”.

DEMING (1989) “Calidad es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser diseñado y fabricado para dar satisfacción a un precio que el cliente pagará; la calidad puede estar definida solamente en términos del agente”.

JURAN (1990) “La palabra calidad tiene múltiples significados. Dos de ellos son los más representativos.

1. La calidad consiste en aquellas características de producto que se basan en las necesidades del cliente y que por eso brindan satisfacción del producto.
2. Calidad consiste en libertad después de las deficiencias”.

En resumen, podemos decir que la calidad es satisfacer los requerimientos que necesita el cliente con mínimos errores y defectos. Este conjunto de autores ha permitido desarrollar diferentes filosofías de Calidad que evolucionaron para plasmarse en la Gestión de Calidad Total

Merma

De acuerdo con el Diccionario de la (Real Academia Española), la palabra merma tiene como significado, “porción de algo que se consume naturalmente o se sustrae o sisa”; es decir, bajar o disminuir algo integro o consumir una parte.

Toda actividad económica que maneja volúmenes de bienes realizables confronta mermas de sus existencias, en el proceso de su producción o comercialización; que impacta negativamente en los resultados de la empresa.

Según Ferrer “En tanto que las normas tributarias define al concepto de merma como pérdida Física en el volumen, peso o cantidad de las existencias, ocasionada por causas Inherentes a su naturaleza o al proceso productivo.” (2010).

Merma normal y merma anormal

La Merma Normal, es aquella que es fijada por la empresa de acuerdo con estudios técnicos del proceso de fabricación o perdida de propiedades en el almacenaje o transporte de las existencias, asimismo se toma como referencia la merma promedio de las empresas en la misma industria. Son consideradas como merma normal debido a que no se puede hacer mucho para evitarlas y dicho valor es considerado en el costo del producto elaborado.

La Merma Anormal son las que se producen en el proceso de fabricación y exceden los parámetros de la merma normal fijada por la empresa, estas pérdidas son asumidas como gasto del ejercicio e impactan económicamente en los resultados.

Calidad Total

La Calidad Total, tiene como ideal la satisfacción del cliente, obteniendo beneficios mutuos con los colaboradores de la empresa. Es decir, no basta fabricar un producto con el objetivo único de la satisfacción del cliente, sino que abarque la satisfacción de los trabajadores en las condiciones de trabajo y en la formación del personal.

“Kaoru Ishikawa, un autor reconocido de la gestión de la calidad, proporcionó la siguiente definición de calidad total, aplicable en aquellos años 90 al mundo del servicio: «Filosofía, cultura, estrategia o estilo de gerencia de una empresa según la cual todas las personas en la misma estudian, practican, participan y fomentan la mejora continua de la calidad»”. (Alcaide, 2015).

El concepto de la calidad total es una alusión a la mejora continua, con el objetivo de lograr la calidad óptima en la totalidad de las áreas.

Según la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas – AECA, la calidad total es una forma de gestión que incluye principios tales como:

- Calidad de producir al menor coste posible productos o servicios que satisfacen las necesidades de los clientes.
- Calidad que afecta simultáneamente a la empresa, logra la máxima motivación y satisfacción de los empleados.
- “Calidad es hacer bien el trabajo, sin fallos, desde el principio, empezando desde el diseño hasta el servicio postventa, pasando por todo el resto de las etapas del proceso de creación de valor, tales como: la producción, comercialización y administración.” (1995)

3.1.2 Costos en General

“Los contadores definen el costo como un sacrificio de recursos que se asigna para lograr un objetivo específico. Un costo (como los materiales directos o la publicidad) por lo general se mide como la cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes o servicios”. (Horngren, Datar, & Rajan, 2012)

Es decir, el costo se define como el valor monetario sacrificado para adquirir bienes o servicios con la finalidad de obtener beneficios presentes o futuros.

Cuando se piensa en costos invariablemente se piensa en identificar el costo de algo en particular, el cual se denomina Objeto de Costo. Según Horngren, Datar, & Rajan (2012) “objeto de costo, que es cualquier cosa para la cual se desea una medición de costos”. Por lo tanto, podemos decir que el objeto de costo es cualquier bien tangible o intangible, susceptible a ser costeado o tener valor.

El propósito de saber el costo de algo para los administradores es:

- Permite proporcionar información referente a costos para medir la utilidad de los productos o servicios.
- Brindar información para el control administrativo de las actividades y operaciones de la empresa.
- Proporciona información para la planeación y la toma de decisiones, que permitirá establecer estrategias para el desarrollo económico de la empresa.

Costos de Producción

Según Hargadon & Múnera, “define que en una empresa industrial podemos distinguir tres funciones básicas: producción, ventas y administración. Para llevar a cabo cada una de estas tres funciones, la empresa tiene que efectuar ciertos desembolsos por pago de salarios, arrendamientos, servicios públicos, materiales, etc. Estos egresos reciben el nombre respectivo de costos de producción, gastos de administración y gastos de ventas.” (1994)

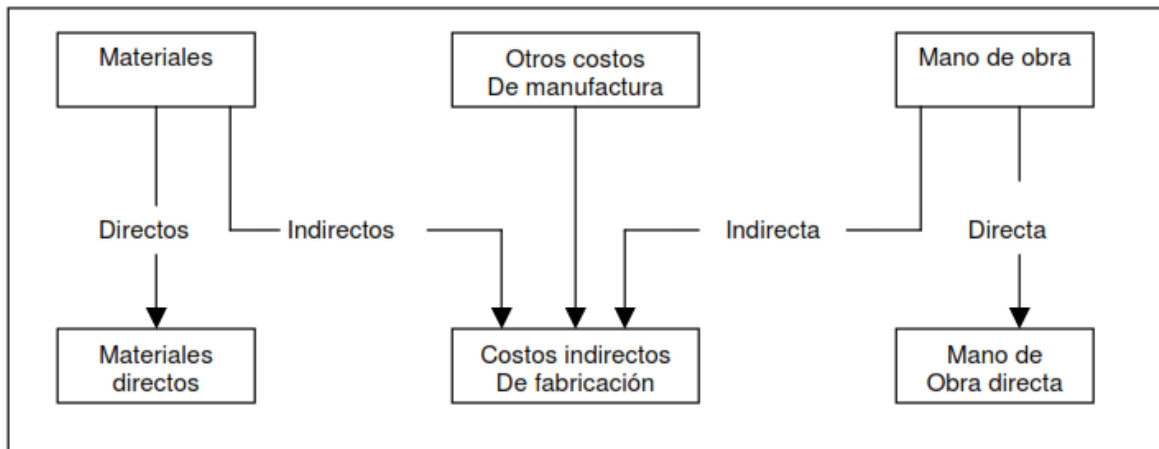
Las empresas en el momento de tomar la decisión de producir un producto o brindar un servicio asumen ciertos costos para ejecutarlos. Dichos costos estarán compuestos por la materia prima que consuma, la mano de obra que necesite, el alquiler de las instalaciones, los pagos de servicios básicos como agua, luz, teléfono, entre otros.

El costo de producción define las ganancias que la empresa puede tener o el precio del producto o servicio que desea brindar al público.

Elementos del costo de Producción

El costo de Producción en una empresa industrial está conformado por: Materiales directos, Mano de Obra directa y Costos indirectos de fabricación.

Figura 19 Elementos de un producto



Fuente: Contabilidad de costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales

- **Costos Materia Prima Directas (MPD)**, son los costos consumidos de materiales directos, son de gran importancia en la fabricación del objeto de costo. Los costos de materiales directos son valores significativos en referencia al costo total de producción.
- **Costo Mano de Obra directa (MOD)**, son los costos relacionados a las remuneraciones y beneficios sociales tales como: Essalud, seguro complementarios de trabajo de riesgo, gratificaciones, compensación por tiempo de servicios, entre otros, consumidos de toda la mano de obra de trabajadores que fabrican el objeto de costo, ya sea este a través de un esfuerzo físico y/o mental.
- **Costos Indirectos de Fabricación (CIF)**, son aquellos costos de planta que no se pueden identificar específicamente en el objeto de costo.

3.1.3 Costos de Calidad.

El mencionar “costos” en las organizaciones siempre es asociado de forma negativa en la fabricación del producto, sin embargo, el momento donde se entrega el producto final al cliente y que este cumpla las especificaciones requeridas de “calidad” es una incertidumbre para los empresarios, es por ello por lo que los Costos de Calidad cumplen un rol importante en minimizar la incertidumbre generada equilibrando costo y calidad.

Según Feigenbaum, “el costo de calidad consiste en identificar y cuantificar todos los costos derivados del esfuerzo de una compañía hacia la planeación de calidad, los costos de verificar que los parámetros de calidad estén siendo logrados, los costos de fallas en procesos y los rechazos de los clientes.” (1999)

Es decir, los costos de calidad son aquellos en los que la empresa incurre para prevenir y evaluar que el producto o servicio entregado al cliente presente condiciones óptimas. Asimismo, controlar todos los costos generados por las fallas y defectos del producto o servicio, ya sean detectados internamente en los procesos de fabricación como los detectados externamente por el cliente.

Por tanto, se entiende que los costos de calidad es el dinero destinado para obtener la calidad requerida, conseguir la calidad requerida es un trabajo de planificación de las actividades, medios y recursos que abarcan las áreas de fabricación y áreas de soporte de la organización tales como marketing, proyectos, diseño, compras, producción y asistencia técnica.

El objetivo principal de un sistema de costos de calidad es garantizar que la fabricación de un producto cumpla satisfacer las expectativas del cliente y la sociedad, con el mínimo costo y maximizando los beneficios a la organización.

Además, se puede decir que aplicar un sistema de costos de calidad es un poderoso instrumento para recolectar información y determinar toma de decisiones de tipo estratégico en la organización.

Beneficios de los Costos de Calidad

- Reducción de los Costos de Fabricación.
- Disminución de Scrap (sobras, perdidas, entrecortes, retazos)
- Disminución de tiempos de reproceso e incumplimiento de entrega.
- Mejora la Productividad.
- Mejora la planeación y programación de actividades.
- Aumentar la utilidad o beneficio de la organización.
- Genera satisfacción en los colaboradores hacer bien el trabajo desde el inicio.

Clasificación de los Costos de Calidad.

Los Costos de Calidad se agrupan en dos tipos:

- a. Los que se ejecutan para fabricar un producto con calidad llamado "Costos para asegurar la Calidad".
- b. Los que se generan por no hacer las cosas correctamente llamado "Costos de No Calidad".

a) Costos para asegurar la Calidad

Son aquellos que la empresa incurre para prevenir y controlar que el producto o servicio cumpla las especificaciones de calidad, esta a su vez se subdivide en costos de prevención y costos de evaluación.

Costos de Prevención

Comprende los costos que se ejecutan antes de empezar el proceso de fabricación con el objetivo de minimizar el costo de productos no conformes entre los costos de prevención más significativo tenemos:

- Costos de Planeación de Calidad, incluye los costos destinados al modelamiento, instructivos, formatos, para implementar un sistema de Calidad Total.
- Costos de Capacitación, incluye costos de los programas de capacitación que buscan implantar conciencia de la Calidad.
- Costos de desarrollo en Nuevos Productos, incluye los costos programas de muestras, ensayos, pruebas y simulación a nuevos productos.
- Costos de registro y análisis de la información relacionada con la Calidad, incluye costos que se incurren para mantener un sistema de información en línea, con el fin de analizar, evaluar mejoras y tomar acciones correctivas oportunas.

Costos de Evaluación

Comprende los costos que se ejecutan para evaluar si el producto o servicio ofrecido cumplen con los estándares requeridos, estos costos proceden sobre actividades de inspección, pruebas y evaluación, entre los que destacan:

- Costos de Proveedores, son los costos que se incurren para verificar la calidad de los materiales adquiridos a los proveedores.
- Costos de Inspección, son costos que se incurren para controlar la conformidad del producto a lo largo de la cadena productiva, incluyendo la inspección final, empaque y despacho al cliente.

b) Costos de No Calidad

Son aquellos desembolsos extras realizados por la acción de rehacer o reparar productos que se realizaron erróneamente desde una primera oportunidad. Estos a su vez se subdividen en costos por fallas internas y costos por fallas externas.

Costos de Fallas Internas

Son los costos generados por las actividades internas, representados en defectos y fallas del producto que son identificados antes de ser entregados al cliente. Este costo incluye el costo de los materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación, así como gastos indirectos relacionados a la actividad. Dentro de los costos que destacan tenemos:

- Costos de Reproceso, son aquellos costos ejecutados para corregir los defectos.
- Costos de productos no conformes, son los costos que agrupa la pérdida de Materiales, Mano de Obra y costos indirectos de fabricación de productos que no pueden ser reprocesados.
- Costos por tiempos Ociosos, son los costos generados por tener la máquina o instalaciones paradas por defectos.

Costos de Fallas Externas

Son aquellos costos que se detectan después que el producto se ha enviado a los clientes, quienes detectan que no cumplen con las especificaciones requeridas. Entre ellos existen:

- Costos por Devolución de Productos, son los costos incurridos por la recepción y reposición de productos no conformes devueltos por el cliente.
- Costos por Reclamaciones, son los costos para atender las quejas y reclamos del cliente por un producto no conforme o servicio no atendido correctamente.

- Costos de Garantía, son los costos incurridos por el servicio de reparación o cambio de productos defectuosos de acuerdo con lo pactado en los contratos de garantía.
- Costos por Rebajas, son los costos generados cuando el cliente acepta quedarse con el producto defectuoso o fallado y en lugar de devolverlo acepta que se le haga un descuento del precio.

3.1.4 Métodos de Gestión de Calidad

Un modelo de gestión de calidad es un referente permanente y un instrumento eficaz en el proceso de toda organización de mejorar los productos o servicios que ofrece.

Existen diferentes métodos de gestión de calidad que de ser adaptados a la empresa deben cumplir con principios básicos tales como:

- “La dirección de la empresa debe estar muy integrada y activa en el método de mejora de calidad, ya que son los encargados de difundir la Política de Calidad de la empresa.” (Dale & Cooper, 1992)
- El equipo de trabajo debe pasar un proceso de selección y ser bien capacitados en sistemas de calidad en las actividades de gestión, ejecución y control.
- La dirección debe propiciar un ambiente de trabajo óptimo, para la involucración de todos los colaboradores de la empresa.
- Además, es conveniente autoevaluar y definir conceptos básicos de la empresa como: ¿Qué productos o servicios se quieren ofrecer a los clientes? ¿Quiénes son nuestros clientes? ¿Objetivos de la empresa a corto, mediano y largo plazo? ¿Qué situación nos encontramos y a donde queremos llegar? Entre otros.

Definidos estos criterios básicos la empresa permitirá podrá optar por un método de calidad más apropiado, desde el más simple al más complejo en implementar entre ellos tenemos: Las 5S, Mantenimiento productivo total (TPM), Método PDCA, Metodología AMEF, Kaizen, Seis Sigma, entre otros.

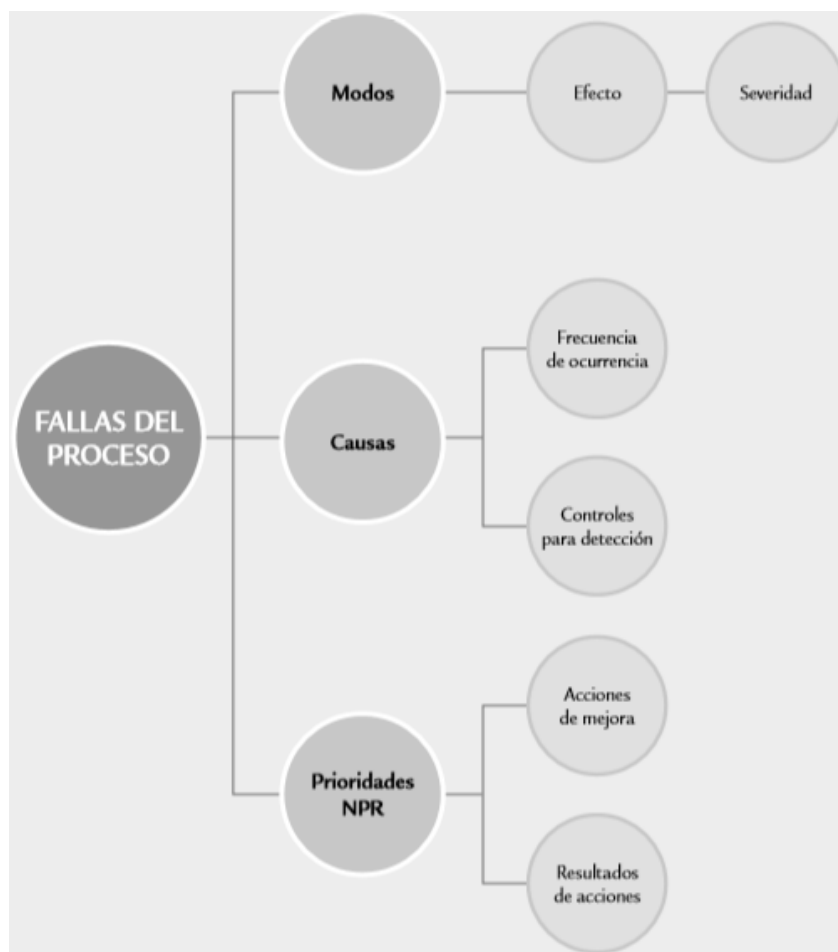
Metodología AMEF (Análisis de Modo Efecto y de las Fallas)

La metodología del análisis de modo efecto y de las fallas (AMEF, FMEA Failure Mode and Effects Analysis) permite identificar las fallas y efectos potenciales existentes en un producto o proceso de fabricación con la finalidad de eliminar o reducir el riesgo que

afecte la calidad del producto. Por medio del Análisis y documentación desde la probabilidad de ocurrencia de fallas en los recursos (materia prima, mano de obra, maquinaria, procedimiento y entorno), estableciendo formas de detección en fallas y evaluación de su efecto que provoca en el producto o en el proceso de fabricación.

Según Gutiérrez & De la Vara define “AMEF, El análisis de modo y efecto de las fallas permite identificar, características y evaluar el riesgo de las fallas potenciales de un proceso o producto.” (2013)

Figura 20 Esquema general de actividades para realizar un AMEF



Fuente: Control estadístico de calidad y seis sigma.

Tipo de Aplicación AMEF

- **Productos:** Su aplicación sirve como herramienta para detectar las posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de evitar los efectos potenciales en el producto.

- **Procesos:** Su aplicación en los procesos sirve como herramienta para detectar posibles fallas en las actividades de un proceso, aumentando las probabilidades de evitar los efectos potenciales en el proceso.
- **Sistemas:** Su aplicación a sistemas sirve como herramienta para detectar posibles fallas en la programación del software, aumentando las probabilidades de evitar los efectos potenciales en la ejecución del sistema.
- **Otros:** Esta poderosa metodología puede aplicarse a cualquier actividad o tarea en general con el objetivo de identificar y categorizar mediante el análisis de impacto de sus efectos, y con el fin de definir sus causas y prevenir fallas.

Objetivos

Los Objetivos del AMEF son básicamente:

- Analizar los fallos que puedan ocurrir y sus consecuencias en el producto o proceso.
- Identificar el modo de falla y jerarquizar de acuerdo con su grado de severidad que afecte el producto o proceso.
- Identificar las causas potenciales y la frecuencia de ocurrencia de falla en el producto o proceso.
- Establecer controles para detectar fallas y preventivos contra fallos que afecten el producto o proceso.
- Satisfacción del cliente mediante las acciones de mejora de fallas del producto o proceso.

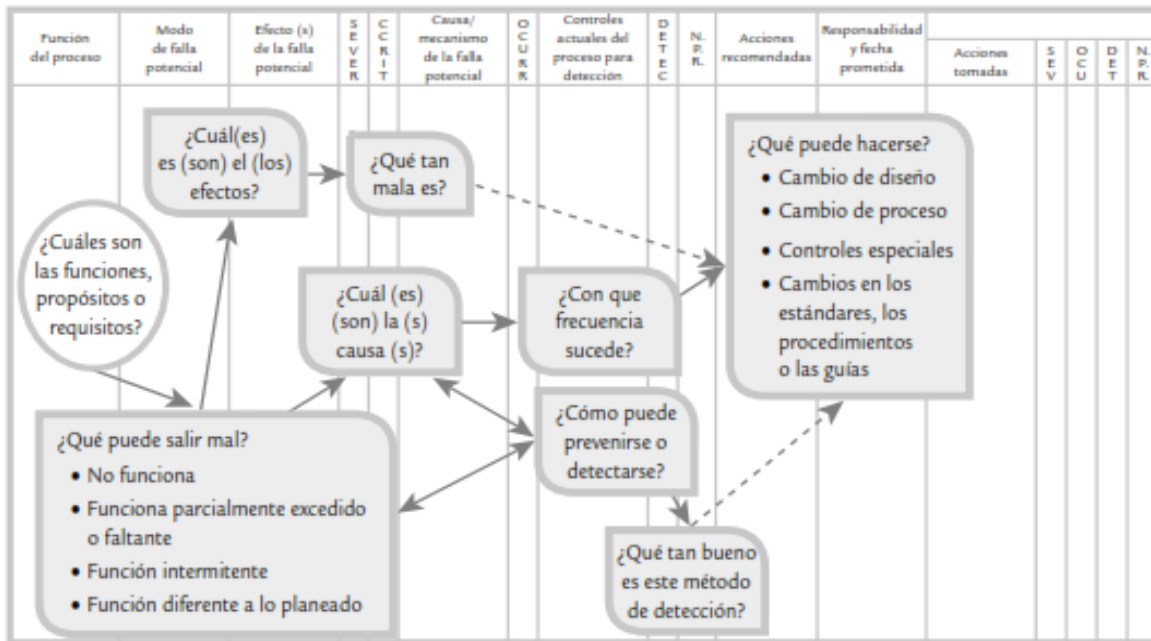
Principales Actividades

En la figura 21 se muestra el formato AMEF donde se debe anotar la información de las principales actividades entre ellas tenemos:

- **Función del proceso:** descripción del proceso analizado, anotando las principales etapas del proceso y su función correspondiente.
- **Modo potencial de falla:** es la forma de que el proceso puede fallar en su ejecución.
- **Efecto(s) de la falla potencial:** Es el efecto negativo que puede darse en el mismo proceso, sobre una operación posterior o sobre el cliente final.
- **Severidad (SEV):** “La severidad de los efectos se evalúa en una escala del 1 al 10 y representa la gravedad de la falla para el siguiente proceso o para el cliente cuando

esta ocurra. Es un dato técnico que debe ser consultados por todos los involucrados para estimar el grado de severidad.” Ver ejemplo en la tabla 1.

Figura 21 Secuencia del Proceso para realizar AMEF



Fuente: Control estadístico de calidad y seis sigma.

- Causas / mecanismo de la falla potencial: Son todas las causas posibles para cada modo potencial de falla. Es preciso verificar que la causa sea lo más completa posible, para ellos puede aplicarse el diagrama de Ishikawa.
- Ocurrencia (OCU): La frecuencia con la que se espera ocurra la falla en consecuencia de las causas potenciales identificadas. Se estima en una escala de 1 a 10. De existir registros de información estadística adecuada, estos deben ser utilizados para asignar un número a la frecuencia de ocurrencia de falla. Ver ejemplo en la tabla 2.
- a. Controles actuales del proceso para detección: La lista de controles que cuenta actualmente el proceso deben estar “dirigidos a:
 - Prevenir que ocurra la causa-mecanismo de la falla o controles que reduzcan la tasa de falla.
 - Detectar la ocurrencia de la causa-mecanismo de la falla, de tal forma que sea posible generar acciones correctivas.

iii. Detectar la ocurrencia del modo de falla resultante.” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013)

b. Detección (DET): Con una escala del 1 al 10 estima la probabilidad de que los controles del tipo i y ii, listados anteriormente detecten la falla una vez ocurrida, antes de que el producto salga hacia el proceso posterior o que salga del área productiva. Ver ejemplo en tabla 3.

Tabla 1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla

Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el producto (efecto para el cliente)	Puntuación	Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el proceso (efecto para manufactura/ ensamble)
Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso.	10	Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.
	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto).	8	Trastorno o afectación mayor	El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción o del embarque.
	Degradación de la función primaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño).	7	Trastorno o afectación significativa	Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores.
Pérdida o degradación de función secundaria	Pérdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables).	6	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
	Degradación de función secundaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño de las funciones de confort o comodidad)	5		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%).	4	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por muchos clientes (50%).	3		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%).	2	Trastorno o afectación menor	Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador.
Ningún efecto	Ningún efecto perceptible para el cliente.	1	Ningún efecto	Ningún efecto perceptible

Fuente: Control estadístico de calidad y seis sigma

Tabla 2 Criterios para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.

Posibilidad de falla	Criterio: ocurrencia de las causas (incidentes por piezas/producto)	Puntuación
Muy alta	≥ 100 por cada mil piezas ≥ 1 de cada 10	10
Alta	50 por cada mil piezas 1 en cada 20	9
	20 por cada mil piezas 1 en cada 50	8
	10 por cada mil piezas 1 en cada 100	7
Moderada	2 por cada mil piezas 1 en cada 500	6
	0.5 por cada mil piezas 1 en cada 2000	5
	0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10000	4
Baja	0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100000	3
	<0.001 por cada mil piezas 1 en cada 1000000	2
Muy baja	Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo	1

Fuente: Control estadístico de calidad y seis sigma.

Tabla 3 Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.

Oportunidad de detección	Criterio: posibilidad de detección por los controles del proceso	Puntuación	Posibilidad de detección
Ninguna oportunidad de detección	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.	10	Casi imposible
No es probable detectar en cualquier etapa	El modo de falla y/o la causa(error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorías aleatorias).	9	Muy remota
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído.	8	Remota
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	7	Muy Baja
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	6	Baja
Detección del problema en la fuente	El modo de falla o la causa del error se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes y notifican al operador (luz, sonidos, etc.). Se realizan mediciones al arranque y la primer pieza se verifica (sólo para causas relacionadas con el arranque).	5	Moderada
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente.	4	Moderadamente alta
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente.	3	Alta
Detección del error y/o prevención del problema	Se detecta la causa(error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepantes.	2	Muy Alta
No se aplica detección, se previene el error	Se previene la causa(error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.	1	Casi segura

Fuente: Control estadístico de calidad y seis sigma.

3.1.5 Herramientas de calidad y mejora

Constituyen un conjunto de técnicas estadísticas seleccionadas y sencillas que no requieren de un conocimiento experto, para ser aplicadas en los procesos de equipo de calidad.

El control y la reducción de la merma debe ser complementada por una serie de herramientas que buscare las causas que las provoca, medidas para reducir, eliminarlas y controlar la merma.

Para el analizar las herramientas de calidad y mejora lo hemos clasificado en tres grupos:

- a. Herramientas de mejora
- b. Herramientas de medición y control
- c. Herramientas de análisis y resolución de problemas.

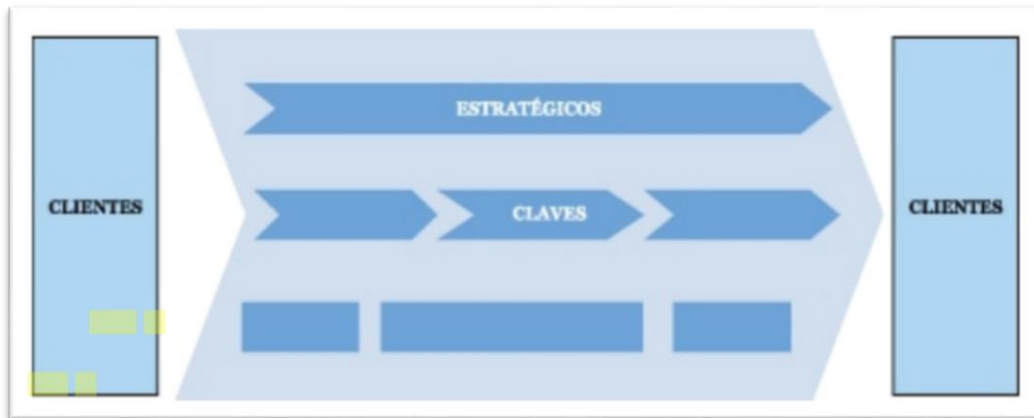
a. Herramientas de mejora

Mapa de Procesos

Es una herramienta que permite visualizar fácilmente cuáles son y cómo se relacionan los procesos de una organización, también permite identificar las fortalezas y debilidades que posee su estructura. A través de la tarea de definir y mapear procesos, se logran soluciones a problemas habituales que surgen en las organizaciones como los siguientes:

- Funcionamiento complejo.
- Costos elevados.
- Existencia de los denominados cuellos de botella.
- Falta de integración de procesos.
- Duplicidad de actividades.
- Tareas que se están realizando y que aportan poco valor a la organización.

Figura 22 Mapa de proceso



Fuente: Gestión por procesos de negocios.

b. Herramienta de medición y control

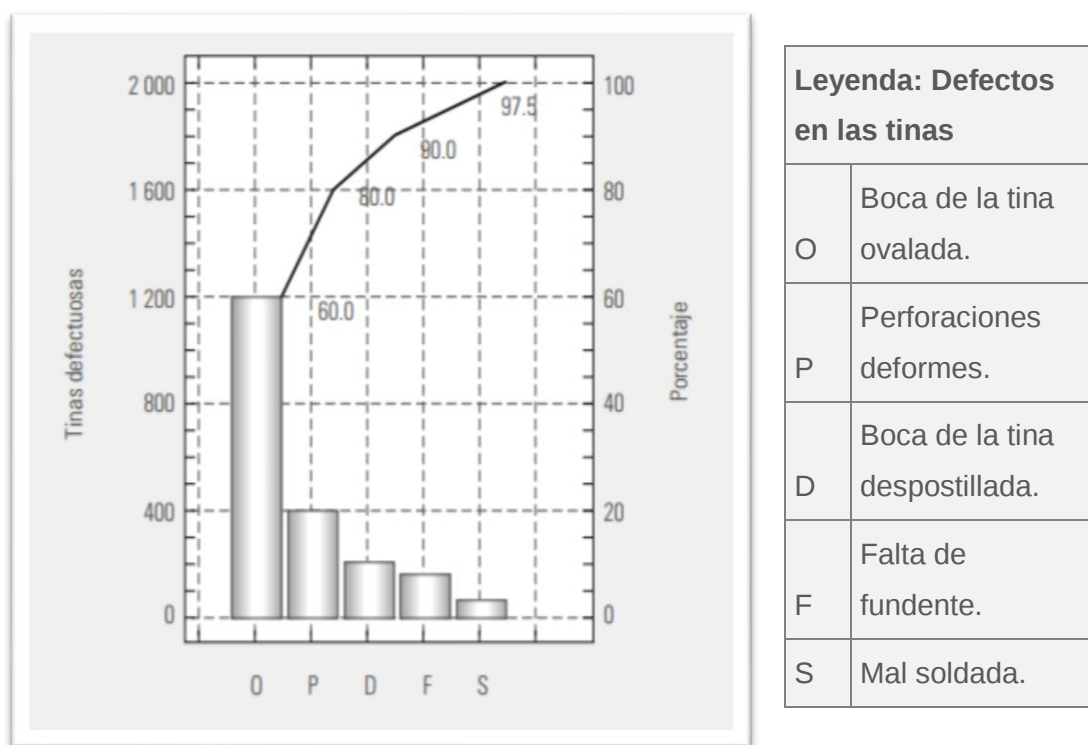
Diagrama de Pareto DP

El método gráfico Diagrama de Pareto conocido también como “ley 80-20” define a través del gráfico de barras que un menor número de elementos (20%) generan mayor efecto que el (80%) restante. Define que del total de problemas en las organizaciones solo son algunos los más importantes, por consiguiente, nos da la prioridad de seleccionar el problema que es más conveniente atacar. El análisis de Pareto es aplicable a diversos tipos de problemas; calidad, eficiencia, ahorro, etc.

Según Gutiérrez “El diagrama de Pareto es una herramienta importante en la implementación de proyectos de mejora en procesos, así mismo permite evaluar objetivamente las mejoras logradas del proyecto.” (2010)

La aplicación del Diagrama de Pareto permite el análisis estadístico de información para la toma de decisiones en la organización.

Figura 23 Diagrama de Pareto



Fuente: Calidad total y productividad

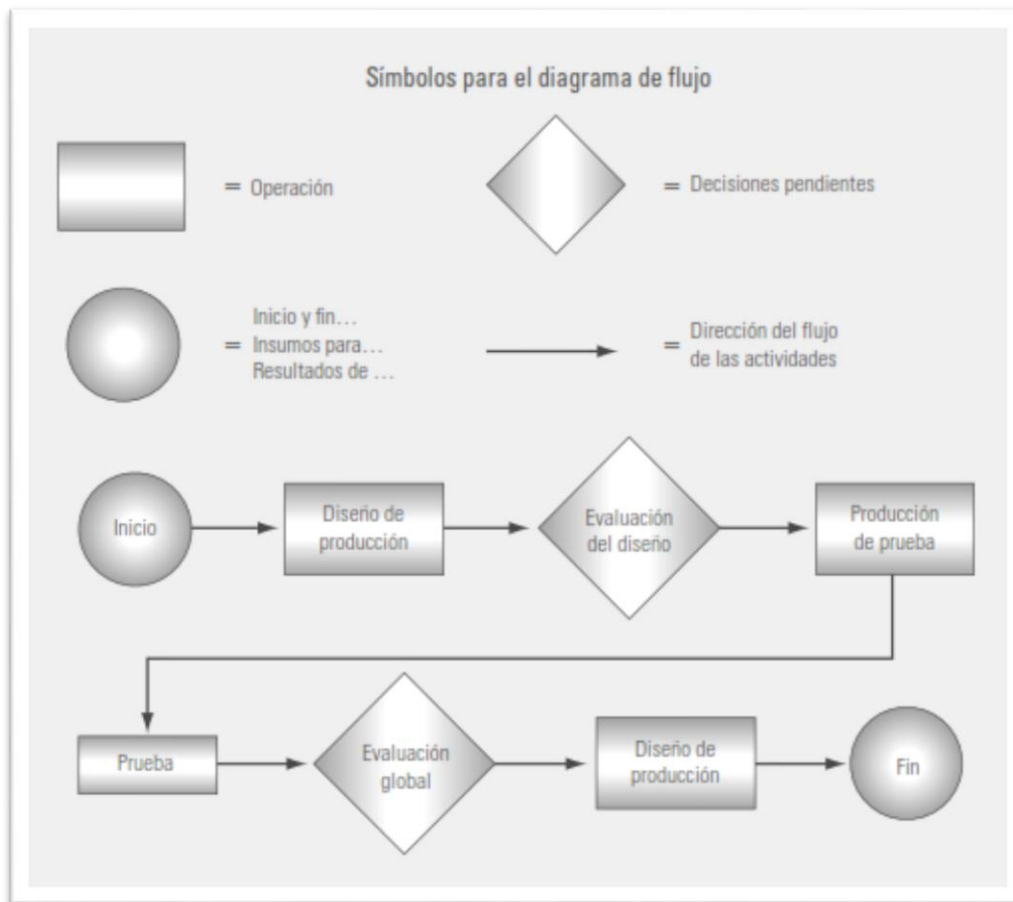
c. Herramienta de análisis y resolución de problemas

Diagrama de flujo del proceso

Un diagrama de flujo es la presentación gráfica de un proceso. El esquema del proceso es representado en símbolos diferentes que contienen una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos del flujo del proceso están conectados entre sí con flechas que indican la secuencia del flujo del proceso. Es una herramienta necesaria en la mejora de procesos. Debido a que permite una fácil lectura gráfica de algo, la relación de las actividades de un proceso además permite el análisis de problemas.

La figura 24 presenta un diagrama de flujo del proceso de diseño de un producto. Donde se muestran los símbolos utilizados en su elaboración: el rectángulo se identifica una actividad o tarea, por otro lado, el rombo identifica el punto de decisión.

Figura 24 Diagrama de flujo



Fuente: Calidad total y productividad

Diagrama Causa – Efecto

El método gráfico Diagrama Causa – Efecto conocido también como “Diagrama de Ishikawa” o “Diagrama de espina de pescado”, sirve para organizar y analizar la relación entre el problema y sus posibles causas.

Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa: Método de las 6M, Método del flujo de proceso, Método de estratificación o enumeración de causas.

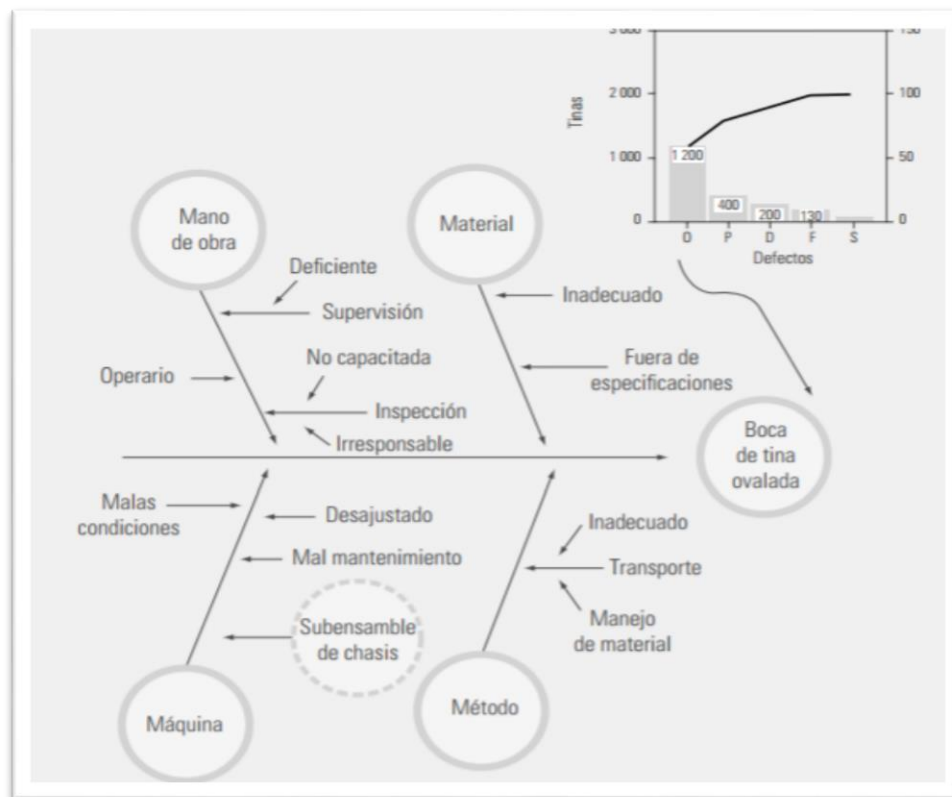
Método de las 6M

Es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M):

- Métodos de trabajo
- Mano de obra

- Materiales
- Maquinaria
- Medición
- Medio ambiente.

Figura 25 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Calidad total y productividad

Capítulo 4: Metodología del proyecto

Durante el desarrollo del presente trabajo se contó con la participación de profesionales experimentados del área de producción y del área planeamiento y control de la producción de la empresa, quienes participaron en el proyecto aportando su experiencia y conocimiento práctico en la elaboración y análisis de indicadores, mejora continua y productividad, por otro lado el área de costos participó asesorando en cuantificar los costos operativos además se consultó referencia bibliográfica relacionada a los temas de costos, mermas, calidad y costos de no calidad con la cual se desarrolla los conceptos de este trabajo.

4.1 Identificación del proyecto

Existe una gran oportunidad de ahorro en relación con la reducción del desperdicio y reproceso de los materiales en la planta de fabricación de poliestireno expandido. Según indicadores presentados en el planteamiento del problema donde se demostró un alto porcentaje de merma y reproceso de materiales.

Para el desarrollo de este proyecto se requiere un modelo que permita identificar las fallas potenciales en el proceso de fabricación del producto, para desarrollar acciones a partir del análisis, la forma de detección y el efecto que provoca, con el objetivo de optimizar la calidad del producto, reduciendo los costos de calidad por fallas, logrando minimizar costos e incrementar los márgenes de ganancia.

Participantes

a. Patrocinador o Sponsor del Proyecto

Se identifica como principal patrocinador la Gerencia General, quien va a financiar y respaldar la ejecución del proyecto. Financiar se refiere a la autorización de uso de dinero para requerimientos del proyecto, por ejemplo; útiles de oficina, formatos, herramientas para medición de calidad, etc. Por otro lado, el respaldo es hacia el proyecto, generando mayor responsabilidad de todas las áreas involucradas y mantener la identidad del proyecto.

b. Usuario o Cliente del Proyecto

El principal usuario o cliente interno es la Jefatura de Producción, quien utilizará el producto del proyecto. Por lo tanto, donde se influirá directamente el producto del proyecto son los procesos de fabricación.

c. Director del Proyecto

El director del proyecto va a estar a cargo del Gerente de Administración y Finanzas. Quien es el líder y el encargado de cubrir los costos y recursos que se necesitarán. Además, se encarga de planificar las actividades, supervisar y tomar decisiones necesarias cuando se presente problemas, asimismo delegar responsabilidades a cada empleado del equipo de trabajo.

d. Equipo del proyecto

La formación del equipo se basa en relación con las capacidades, funciones y responsabilidades de los empleados. Así mismo la selección se encuentra estrechamente relacionado con la situación problemática, por ello el equipo está conformado de la siguiente manera:

- **Coordinador del Proyecto**, asignado al Coordinador de costos quien es responsable de recolectar la información de costos y elaborar reportes mensuales de costos de calidad. El coordinador está a cargo de aclarar y definir las metas del proyecto. Además, se encarga de generar sinergias en el equipo. Aunque no sea el líder, se encarga de delegar, promoviendo la toma de decisiones y encargándose de crear un ambiente agradable de trabajo.
- **Analistas del proyecto**, asignados al Supervisor de Planta, Encargado de Almacén y Analista de PCP. Los analistas consolidaran la información de fabricación a través de técnicas y herramientas para el análisis de información.
- **Miembros del Equipo**, asignados al operario de máquina moldeadora, 01 operario de corte, 01 operario de embalaje y 01 operario de despacho.

4.2 Planificación del proyecto

Este proyecto se desarrolló en 5 fases en el transcurso de ocho meses en el siguiente orden:

- Identificar el origen de merma en los procesos de fabricación en cuanto a las actividades del operario y máquina.

- Definir las fallas que generan exceso de merma en el proceso de fabricación.
- Medir los tipos de mermas del proceso de fabricación.
- Calcular y proyectar los costos por tipo de merma en cuanto a los elementos de costo: Materia prima directa, Mano de obra directa y Costos Indirectos de Fabricación.
- Análisis de causas en la problemática de exceso de merma.

4.2.1 Identificar el origen de merma en los procesos de fabricación en cuanto a las actividades en máquina y del operario.

En esta etapa se realiza un estudio sobre los procesos de fabricación en relación a las actividades manuales o en máquina, a partir de esa caracterización se puede identificar los procesos donde se originan las mermas.

Actividades

- Realización del diagrama del flujo de fabricación, identificando las actividades en máquina y de personal operativo.

Métodos

- Observación directa en la planta NEXPOL S.A.C. para identificar el flujo de producción.
- Revisión de la documentación de registros productivos.
- Entrevista con los operarios de las actividades realizadas.

4.2.2 Definir las fallas que generan exceso de merma en el proceso de fabricación.

En esta etapa se estudia las variables que generan un alto porcentaje de merma.

Actividades

- Realización de la Matriz AMEF, definiendo las fallas que generan exceso de merma.

Métodos

- Análisis estadístico de la información productiva.
- Observación directa en las actividades manuales en el proceso de fabricación.
- Observación directa en las actividades de máquina en el proceso de fabricación.
- Entrevista con los operarios de las dificultades en materiales y operatividad.
- Entrevista con el jefe de producción de diseño, capacidad y limitaciones operativas.

4.2.3 Medir los tipos de mermas del proceso de fabricación.

Es la etapa donde se estudia la importancia de cada tipo de merma en relación con el porcentaje de participación del exceso de merma, además establece parámetros para control y evolución en el tiempo.

Actividades

- Elaboración e interpretación del diagrama de Pareto por tipo de Merma, en relación con su participación en el exceso de merma.

Métodos

- Aplicación de estadística básica para calcular los parámetros de merma.
- Se elaboró un formato para registro de depuración de piezas falladas con estandarización de motivos.
- Se diseñó un formato para registro y autorización de reproceso.

4.2.4 Calcular y proyectar los costos por exceso de merma en cuanto a los elementos de costo: Materia prima directa, Mano de obra directa y Costos Indirectos de Fabricación.

Esta etapa busca cuantificar el exceso de merma en cuanto a los elementos de costos identificables.

Actividades

- Realizar tablas de cálculo de costos aplicada los tipos de merma.

Métodos

- Análisis histórico de la estructura de costos de fabricación.
- Verificación de precios estándares de elementos de costos.
- Proyección de volúmenes de fabricación en mediano plazo.
- Análisis de participación del mercado y plan de ventas proyectados.

4.2.5 Análisis de causas en la problemática de exceso de merma.

La etapa busca consolidar las causas potenciales del exceso de merma, previamente definidas, asimismo busca visualizar alternativas de solución al origen de las mismas.

Actividades

- Realizar gráfico del análisis de la situación actual por medio del diagrama de Ishikawa, organizada por ramas y causas de la merma.

Métodos

- Verificación de competencias y habilidades de los trabajadores por proceso de la planta NEXPOL S.A.C. para conocer sus niveles de capacidad intelectual.
- Se realizó un análisis de revisión documental de procedimientos, instructivos y manuales de los operarios por proceso.
- Revisión documental y entrevista con el jefe de producción quien coordina los mantenimientos, para conocer el tipo de tecnología utilizado.
- Revisión de documentación técnica de la materia prima y entrevista con el encargado de almacén respecto a las anotaciones tomadas sobre su rendimiento por origen, marca y lotes de materia prima.

Capítulo 5: Análisis crítico y resultado

5.1 Análisis critico

A través de la técnica de observación se evidenció la falta de un área de control de calidad para los procesos fabricación y que los controles existentes se cumplen parcialmente por los operarios. Además, parte de la información analizada de los reportes de producción es desactualizada, incompleta o contiene información errónea registrada por los operarios, la falta de un sistema de información y el bajo conocimiento de los operarios en reportar la producción vuelve compleja la supervisión de los responsables en procesar la información para la elaboración de indicadores de eficiencia productiva y control de merma.

Por otro lado, la planificación de capacidad productiva y distribución de planta presenta errores de diseño en el origen para algunos procesos de fabricación debido a que su construcción y equipamiento de maquinaria tenía como objetivo principal el abastecimiento de la empresa vinculada Nexos Comerciales S.A.C. Asimismo, la planificación de fabricación de productos para pedidos o stock es limitada porque se centraliza en el Jefe de producción por lo que se evidencia un exceso de reproceso y tiempos improductivos por la constante graduación de máquinas generando programar sobretiempos con los operarios, los indicadores de capacidad productiva se encuentran en un 65% de eficiencia.

Ante el aumento del volumen de producción, la fabricación de nuevos productos, las restricciones por diseño de maquinaria, la alta rotación de operarios, la falta de buenas prácticas de calidad ocasiona un clima propicio para producir fallas en la fabricación que es representada en excesos de merma.

5.1.1 Identificar el origen de merma en los procesos de fabricación en cuanto a las actividades en máquina y del operario.

El actual proceso de fabricación en NEXPOL S.A.C. está compuesta de la siguiente manera: Cuenta con actividades manuales; en preparación de máquina, actividades de configuración en la máquina, actividades de abastecimiento y tránsito del siguiente proceso y actividades de control del proceso. Existe un alto porcentaje de automatización en los procesos de transformación donde el recurso humano utilizado desarrolla más un esfuerzo mental que físico, salvo a las actividades relacionadas con el proceso de

embalaje o empaquetado de productos donde son de manera manual en forma ordenada y secuencial de acuerdo con un formato preestablecido y los programas de despacho. Una vez cumplido con todas las actividades anteriores los productos son recogidos por el personal de despacho y son llevados al almacén de producto terminado.

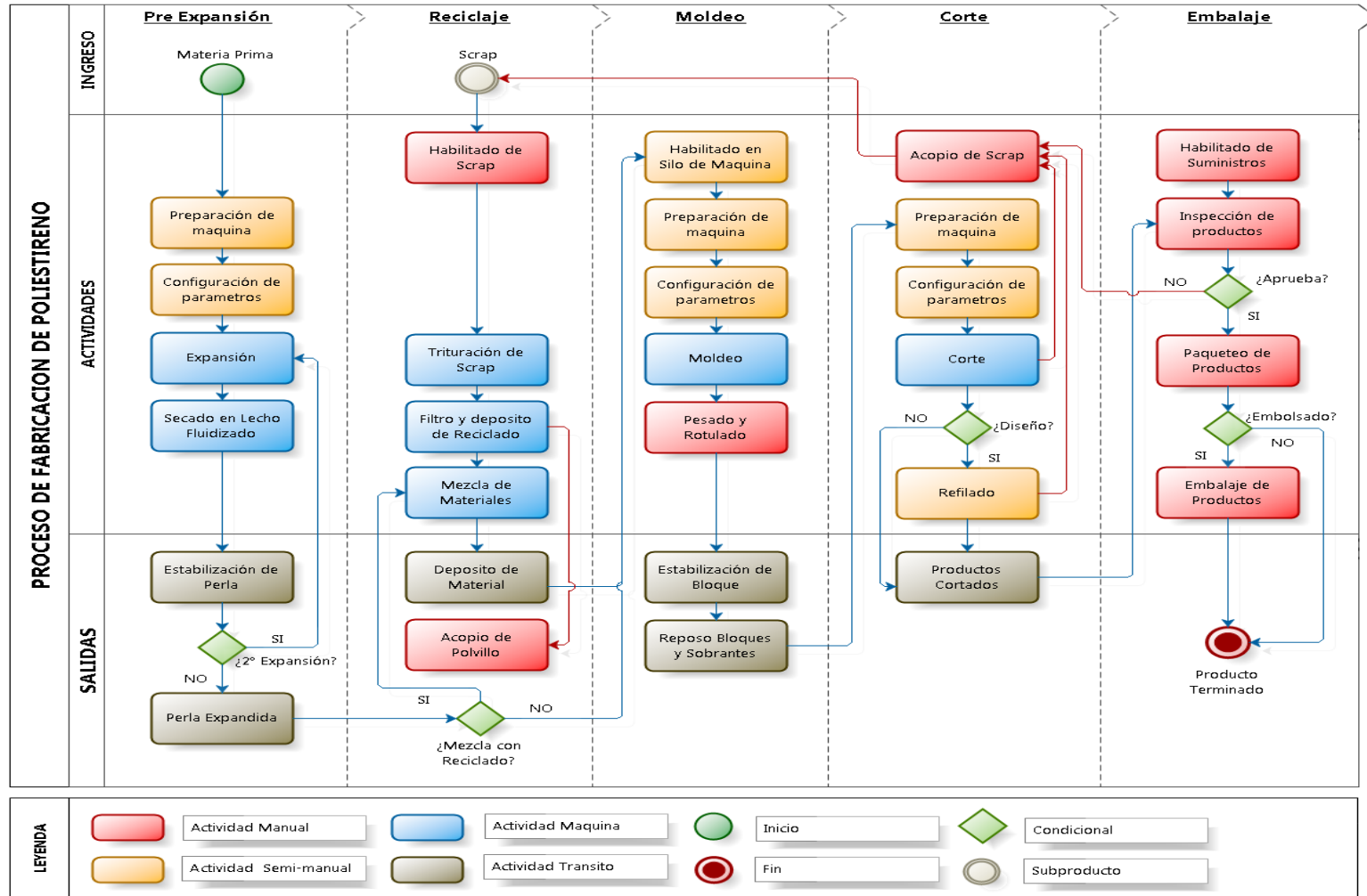
En resumen, el producto antes de ingresar a fabricación es configurado según su ficha técnica para atravesar las actividades en un grupo de subprocesos que inicia desde el ingreso de la materia prima en la pre expansión, atravesando por el moldeo de bloques, corte de bloques y embalaje de producto terminado para ser almacenados y despachados de acuerdo con la cantidad requerida a los clientes. En esta fase se busca realizar un estudio más minucioso del origen de merma en el proceso de fabricación para reconocer las variables que deben ser medidas y controladas.

En la figura 21 se observa las actividades del proceso de fabricación de poliestireno expandido. De la cual enlistaremos las actividades claves de ingresos y salidas generadas por las mismas.

Actividades de Ingreso

- Cargar sacos de EPS por tipo y lote en balanza de pre expansión.
- Habilitar vapor a temperatura y presión requerida.
- Precalentamiento de cilindro de pre expansión.
- Configuración de parámetros de máquina pre expansión.
- Tomar muestras de densidad expandida.
- Control de tiempos en estabilización de perla.
- Scrap de reproceso libre de contaminantes.
- Homogenizar el material reciclado a moler.
- Configuración en porcentaje de mezcla entre material virgen y reciclado.
- Limpieza de silo de máquina moldeadora.
- Precalentamiento de interior de moldeadora de bloques.
- Configuración de parámetros de máquina moldeadora de bloques.

Figura 26 Diagrama de Flujo del proceso de fabricación de poliestireno expandido



Fuente: Elaboración Propia

- Inspección de las dimensiones, pesado y rotulado de bloque.
- Control de tiempos en estabilización de bloque.
- Calibración de espacios entre alambres de nicron en cortadora.
- Configuración de parámetros en máquina cortadora de bloques.
- Inspección de dimensiones y acabado de productos cortados.
- Tipo y longitud de manga de plástico de embalaje.
- Inspección y depuración de productos fallados.
- Inspección de dimensiones de paquetes de productos terminados.

Salidas Generadas

- Densidad de material expandido en proporción adecuada.
- Material expandido reposado bajo en humedad.
- Material Reciclado libre de contaminantes.
- Forma regular en dimensiones de bloque.
- Bloques totalmente cocinados.
- Densidad de bloques en proporción adecuada.
- Espesor de productos cortados adecuados.
- Paquete libre de productos fallados.
- Medida de paquetes adecuados.

Como se puede observar en el mapa de procesos hay varios puntos críticos de control.

5.1.2 Definir las fallas que generan exceso de merma en el proceso de fabricación.

Para esta fase se optó en preparar el AMEF ver tabla 7 con el fin de analizar las posibles fallas y sus efectos en el producto final con la ayuda del personal de fabricación. Se establecieron reuniones con el equipo de proyecto en las que participaron el analista de PCP, el supervisor de producción y 3 operarios destacados de las actividades de moldeo, corte y embalaje, así como también se invitó al jefe de producción para discutir acerca de los problemas existentes dentro del proceso de fabricación que ocasionan el exceso de merma, en base a esa información se realizó el AMEF. Luego se llenó las tablas tomando

en cuenta la valoración utilizada de 1 a 10 ver tablas 4, 5 y 6. Las tablas fueron realizadas tomando como base la tabla teórica y el proceso que se realiza en la empresa.

Tabla 4 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla

VALOR	SEVERIDAD	CRITERIO
10	Peligroso	Totalmente insatisfecho en el consumo de recursos.
9	Peligroso	
8	Muy Alto	Muy insatisfecho en el consumo de recursos.
7	Alto	Insatisfecho en el consumo de recursos.
6	Moderado	Algo inconforme en el consumo de recursos.
5	Bajo	Algo insatisfecho en el consumo de recursos.
4	Muy Bajo	
3	Poco	Algo molesto en el efecto del consumo de recursos.
2	Muy Poco	No molesto en el efecto del consumo de recursos.
1	No	Sin efecto en el consumo de recursos.

Tabla 5 Criterios para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.

VALOR	OCURRIENCIA	CRITERIO
10	1 en 2	Muy Alta, falla inevitable en el consumo de recursos.
9	1 en 3	
8	1 en 8	Alta, fallas a menudo en el consumo de recursos.
7	1 en 30	
6	1 en 80	Moderada, fallas ocasionales en el consumo de recursos.
5	1 en 400	
4	1 en 2000	
3	1 en 15000	Poca, fallas aisladas en el consumo de recursos.
2	1 en 150000	Muy poca, algunos fallos puntuales en el consumo de recursos.
1	1 en 1500000	Remota, es improbable que suceda un fallo en el consumo de recursos.

Tabla 6 Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.

VALOR	OCURRIENCIA	CRITERIO
10	Absoluta incertidumbre	El defecto no se detecta fácilmente en el proceso.
9	Muy remota	No es fácil detectar el defecto con verificaciones indirectas o al azar.
8	Remota	Es difícilmente identificable el error.
7	Muy Bajo	Es poco identificable el error.
6	Bajo	Es probable detectar el error, el defecto es medianamente identificable.
5	Moderada	Es probable detectar el error, el defecto es fácilmente identificable.
4	Moderada Alta	Es probable detectar el error, el defecto es una característica obvia.
3	Alta	Es muy probable detectar el error, el defecto es una característica obvia.
2	Muy Cierta	Es casi seguro detectar el error, el defecto es una característica obvia.
1	Casi Cierto	Es seguro detectar el error, el defecto es una característica obvia

Tabla 7 AMEF - Planta de Fabricación de Nexpol S.A.C.

PARTE DEL PROCESO	MODO DE FALLA	EFFECTO EN LA FALLA	SEV	CAUSAS POTENCIALES	OCU	CONTROLES	DET	RPN	ACCIONES RECOMENDADA
Molde de bloques	Inadecuada dimensión del molde de maquina adaptado.	(-) Exceso de longitud de bloque. (-) Bloque parcialmente crudo. (-) Deformidad en los extremos de bloque.	9	(-) Diseño molde de maquina ineficiente. (-) Restricción en medida y sellado de CALSA adaptada.	10	(-) Mantenimiento Preventivo.	3	270	(-) Disminuir la adaptación de CALSA.
Configuración de parámetros de Moldeadora	Inadecuada Calibración de parámetros por tipo de producto.	(-) Bloque crudo y/o parcialmente crudo. (-) Deformidad en los extremos del bloque.	7	(-) Calibración errónea de los parámetros. (-) Falta de mantenimiento en sensores de calibración. (-) Falta manual de configuración.	6	(-) Tabla de control de parámetros. (-) Control en densidad y dimensión de bloque. (-) Registro de calibración de parámetros.	6	252	(-) Capacitación del personal. (-) Revisar la desviación en densidad y medidas. (-) Análisis de la configuración de parámetros históricos.
Reproceso en Corte de sobrantes	Inadecuada programación de reproceso de corte o cambio en densidad	(-) Exceso en volumen de Scrap por reproceso de corte. (-) Scrap más pesado por cambio en densidad.	7	(-) Inadecuada Programación en bloques y corte. (-) Inadecuado control en stock de bloques y productos terminados.	6	(-) Establecer metodología en Corte de bloques y sobrantes. (-) Control de Stock de seguridad.	6	252	(-) Optimizar el programa corte de bloques y sobrantes.
Habilitado de productos terminados	Inadecuada zona de tránsito de productos terminados	(-) Depuración de productos dañados por quebraduras, rotura, marcas y otros.	6	(-) Falta de Orden, sobrexposición y mal apilamiento de productos terminados.	7	(-) Señalizar la zona de tránsito de productos terminados.	6	252	(-) Inspección en la zona de tránsito de productos terminados.
Requerimiento de Materia Prima	Estandarización de las propiedades químicas y mecánicas de la materia prima.	(-) Des configuración de los parámetros de calibración (-) Deformidad en los extremos de bloques (-) Bloque crudo y/o parcialmente crudo.	7	(-) Variación en el % del agente Expansor (Pentano) por lote. (-) No existe análisis de las mezclas entre materias primas.	6	(-) Ficha técnica de materiales por tipo producto, fabricante, origen y lote. (-) Tabla de mezcla entre materias primas.	6	252	(-) Realizar pruebas y medición de ajuste a la ficha técnica de materiales. (-) Analizar las desviaciones de las propiedades en los materiales.
Configuración de parámetros en Pre-Expansora	Inadecuada Calibración de parámetros por tipo de producto.	(-) Exceso en densidad genera bloques más pesados. (-) Déficit en densidad genera deformidad en los extremos del bloque.	6	(-) Calibración errónea de los parámetros. (-) Falta de mantenimiento en sensores de calibración. (-) Falta manual de configuración	6	(-) Tabla de control de parámetros. (-) Toma muestras de densidad por carga. (-) Registro de calibración de parámetros.	6	216	(-) Capacitación del personal. (-) Revisar la desviación en densidad y medidas. (-) Análisis de la configuración de parámetros históricos
Tiempo de estabilización de Bloques	Inadecuado tiempo de almacenaje y distribución de bloques.	(-) Bloques húmedos en el proceso de corte. (-) Bloques dañados en el habilitado a corte.	6	(-) Inadecuada ventilación y temperatura en zona de reposo. (-) Mala gestión de stock. (-) Inadecuada selección y traslado de bloques.	6	(-) Formato de control de temperatura y distribución en la zona de reposo. (-) Tabla de tiempos en reposo de bloques. (-) Establecer un proceso de almacenaje y distribución de bloques.	6	216	(-) Monitorear el control y distribución de zonas de reposo. (-) Revisar el registro de tiempos en reposo . (-) Instalación de ventiladores. (-) Implementar un sistema mecánico de distribución de bloques.

PARTE DEL PROCESO	MODO DE FALLA	EFFECTO EN LA FALLA	SEV	CAUSAS POTENCIALES	OCU	CONTROLES	DET	RPN	ACCIONES RECOMENDADA
Procesamiento de Material Reciclado	Contaminación de material reciclado.	(-) Depuración de productos terminados contaminados.	5	(-) Mala clasificación y almacenaje del Scrap. (-) Scrap contaminado. (-) Limpieza en máquinas y equipos de reciclado.	7	(-) Establecer proceso de acopio y almacenaje de Scrap. (-) Mantenimiento Preventivo.	6	210	(-) Capacitación en clasificar y almacenar de Scrap. (-) Monitorear el cumplimiento de mantenimiento preventivo.
Preparación de maquina en Moldeadora	Inadecuada preparación de maquina moldeadora.	(-) Deformidad en los extremos del Bloque.	7	(-) Precalentamiento inadecuado de máquina. (-) Alimentación en presión y temperatura de vapor insuficiente.	6	(-) Tabla control de preparación de máquina. (-) Mantenimiento Preventivo.	5	210	(-) Establecer Check List en la preparación de máquina. (-) Monitorear el cumplimiento del mantenimiento preventivo.
Configuración de parámetros de Cortadora	Inadecuada Configuración de parámetros de cortadora.	(-) Depuración de Productos cortados deformes. (-) Depuración de Productos cortados fuera de medidas.	7	(-) Inadecuada regulación de espacios entre nicrones. (-) Calibración errónea de los parámetros. (-) No existe manual en la calibración de parámetros.	6	(-) Tabla de control de parámetros por producto. (-) Toma muestras de dimensiones en producto cortado.	5	210	(-) Capacitación del personal. (-) Revisar las variaciones en dimensiones por tipo de producto.
Habilitado de productos cortados	Inadecuada manipulación de productos cortados	(-) Depuración de productos cortados dañados en el traslado.	6	(-) Inadecuada descarga de máquina. (-) Inadecuado traslado de productos cortados.	6	(-) Establecer un proceso de descarga y traslado de productos cortados.	5	180	(-) Implementar equipos para movilizar los productos al siguiente proceso.
Empaquetado de piezas Cortadas	Inadecuada manipulación de productos embalados	(-) Depuración de productos terminados dañados por quebraduras, rotura, marcas y otros.	6	(-) Inadecuada carga de productos cortados en mesa de embalaje. (-) Inadecuado embalaje de productos terminados.	6	(-) Establecer un proceso de embalaje de productos terminados. (-) Tabla de embalaje por tipo de paquete.	5	180	(-) Capacitación del personal. (-) Establecer Check List de suministros (-) Inspeccionar los embalajes de paquetes.
Preparación de maquina en Pre-Expansora	Inadecuada preparación de maquina pre-expansora.	(-) Variedad de tamaños en perlas expandida, genera mayor consumo de perlas y peso en bloque.	6	(-) Precalentamiento inadecuado de máquina. (-) Alimentación en presión y temperatura de vapor insuficiente.	6	(-) Tabla control de preparación de máquina. (-) Mantenimiento Preventivo.	5	180	(-) Establecer Check List en la preparación de máquina. (-) Monitorear el cumplimiento de Mantenimiento Preventivo.
Estabilización de Perla Expandida	Inadecuada tiempo de estabilización y secado de perlas.	(-) Alto % de humedad en la perla expandida, genera bloques crudos o parcialmente crudos.	5	(-) Inadecuada Ventilación y temperatura ambiente en silos. (-) Restricciones de capacidad en almacenamiento.	6	(-) Formato de control de temperatura, ventilación y mantenimiento en silos. (-) Registro de tiempos en reposo de perla expandida.	6	180	(-) Monitorear el control y mantenimiento de silos. (-) Revisar el registro de tiempos en reposo de silos. (-) Instalación de ventiladores. (-) Aumentar la capacidad de reposo.

5.1.3 Medir los tipos de mermas del proceso de fabricación.

Diagrama de Pareto

Se realizó un Diagrama de Pareto donde se registró los principales tipos de merma en la línea de fabricación de poliestireno expandido del periodo 2016 dando como resultado la siguiente figura 27.

Figura 27 Pareto 80-20 tipos de merma NEXPOL S.A.C. 2016

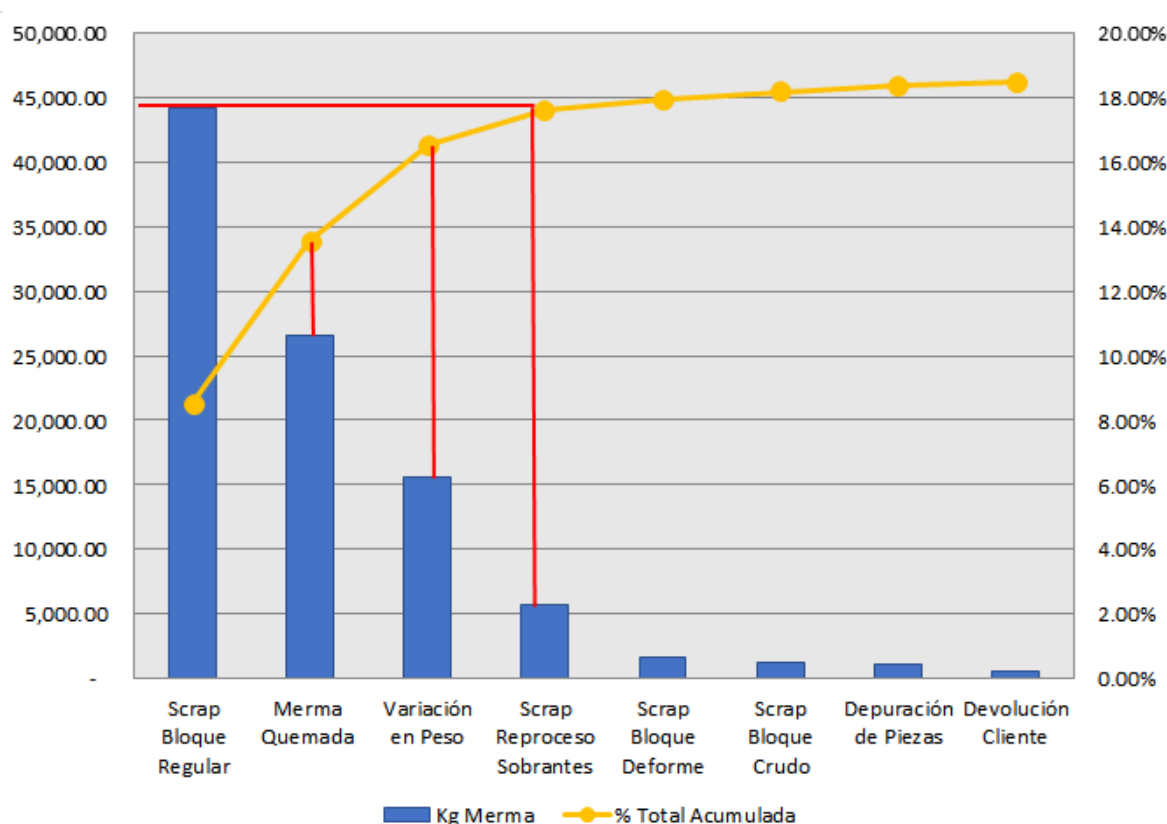


Tabla 8 Tipo de merma en kilogramos y porcentajes.

Conceptos	Scrap Bloque Regular	Merma Quemada	Variación en Peso	Scrap Reproceso Sobrantes	Scrap Bloque Deforme	Scrap Bloque Crudo	Depuración de Piezas	Devolución Cliente	Total
Kg Merma	44,259.79	26,520.71	15,542.10	5,624.40	1,632.91	1,244.19	1,089.51	555.26	96,468.85
% Merma	8.49%	5.09%	2.98%	1.08%	0.31%	0.24%	0.21%	0.11%	18.51%
% Participación	45.88%	27.49%	16.11%	5.83%	1.69%	1.29%	1.13%	0.58%	100.00%

Se puede observar que el 73.37% de merma su origen responde al diseño de máquina y características del producto. El 16.11% corresponde a propiedades químicas y mecánicas del material y el 10.52% restante pertenece a las fallas del proceso de fabricación.

Toma muestral de variación de peso y dimensiones

Se observó una merma por variación de peso entre proceso por ello se hizo un muestreo de los pesos y medidas de los diferentes formatos de bloques para identificar el porcentaje de variación, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 9

Tabla 9 Muestras de Peso de bloques por dimensiones y densidad por lotes.

BLOQUE DE 2.55 X 1.24 X 1.03							
Tipo de Muestras	Densidad Ingreso	Peso Programado	Largo	Ancho	Espesor	Peso Terminado	Variación Peso
M1 (LTP-215-D10V)	10.23	33.3177	2.5430	1.2290	1.0190	32.19	3.38%
M2 (LTP-233-D15V)	14.87	48.4295	2.5410	1.2150	1.0220	46.84	3.28%
M3 (LTP-236-D18V)	17.73	57.7441	2.5440	1.2230	1.0130	55.89	3.21%
Promedio Bloque	14.28	46.4971	2.5427	1.2223	1.0180	44.97	3.28%
BLOQUE DE 3.08 X 1.24 X 1.03							
Tipo de Muestras	Densidad Ingreso	Peso Programado	Largo	Ancho	Espesor	Peso Terminado	Variación Peso
M1 (LTP-203-D15V)	14.72	57.9052	3.0750	1.2190	1.0180	56.05	3.20%
M2 (LTP-336-D18V)	17.68	69.5492	3.0689	1.2220	1.0210	67.26	3.29%
M3 (LTP-337-D20V)	18.52	72.8535	3.0705	1.2189	1.0150	70.63	3.05%
Promedio Bloque	16.97	66.7693	3.0715	1.2200	1.0180	64.65	3.18%
BLOQUE DE 4.08 X 1.24 X 1.03							
Tipo de Muestras	Densidad Ingreso	Peso Programado	Largo	Ancho	Espesor	Peso Terminado	Variación Peso
M1 (LTP-285-D10V)	10.15	52.8914	4.0720	1.2290	1.0210	50.88	3.80%
M2 (LTP-311-D18V)	17.52	91.2963	4.0680	1.2150	1.0180	88.28	3.30%
M3 (LTP-319-D20V)	19.45	101.3535	4.0650	1.2230	1.0140	98.48	2.84%
Promedio Bloque	15.71	81.8471	4.0683	1.2223	1.0177	79.21	3.22%

Tabla 10 Resultado promedio de la variación porcentual en densidad.

Dimensiones	Peso Procesado	% Distribución	% Variación	Promedio
Bloque de 2.55 mt. Largo	221,910.77	43%	3.28%	1.40%
Bloque de 3.08 mt. Largo	27,228.91	5%	3.18%	0.17%
Bloque de 4.08 mt. Largo	272,118.05	52%	3.22%	1.68%
Total	521,257.73	100%		3.24%

Se observa que la variación de peso y dimensiones se acentúa en los bloques de formato pequeño, el % de variación de peso está relacionado a la variación de medidas obteniendo como resultado un promedio de variación de 3.24%.

Cálculo teórico de merma por corte de bloque y sobrantes

Para el cálculo de merma se requiere graficar y cuantificar las piezas a obtener al cortar un bloque o sobrante ver en figura 28. Posteriormente se calcula el peso teórico de cada pieza multiplicando sus dimensiones con la densidad del producto, el producto del número de piezas por el peso de cada pieza da como resultado el peso terminado. La diferencia del peso ingresado en bloque y el peso terminado en productos es el peso de merma.

- **Cálculo merma por corte de bloque**

Para el cálculo teórico de merma se utilizó la medida de productos con mayor rotación de cada tipo de bloque, obteniendo la merma promedio de corte por cada bloque, ver tabla 11. Asimismo, con la distribución de producción se obtiene un promedio total de 16.61% en merma de corte tabla 12.

Figura 28 Modelo Corte de planchas en bloque

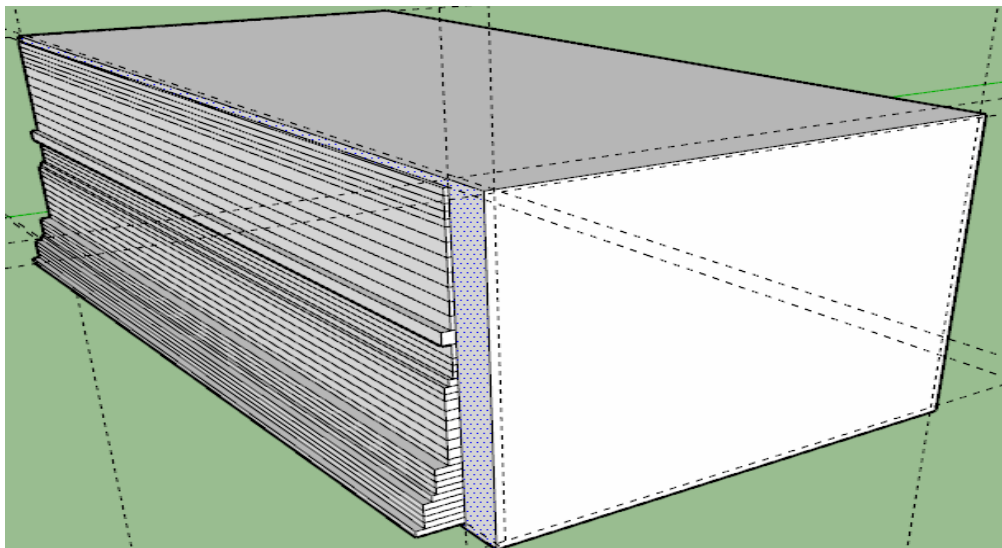


Tabla 11 Cálculo de productos cortados por bloque y merma de corte.

	BLOQUE DE 2.55 X 1.24 X 1.03					BLOQUE DE 3.08 X 1.24 X 1.03					BLOQUE DE 4.08 X 1.24 X 1.03				
Peso de Bloque a procesar.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	2.5427	1.2223	1.0180	10	31.64	3.0715	1.2200	1.0180	10	38.15	4.0683	1.2223	1.0177	10	50.61
Peso de Piezas de mayor rotación.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	2.4	1.2	0.0254	10	0.73	3	1.2	0.0254	10	0.91	0.3	1.2	0.15	10	0.54
Calculo N° de Piezas por Corte.	Largo	Ancho	Espesor	Cantidad		Largo	Ancho	Espesor	Cantidad		Largo	Ancho	Espesor	Cantidad	
	1	1	36	36		1	1	36	36		13	1	6	78	
Calculo de Peso de Piezas cortadas.	Unidades	Peso Pieza	Peso Total			Unidades	Peso Pieza	Peso Total			Unidades	Peso Pieza	Peso Total		
	36	0.73	26.33			36	0.91	32.92			78	0.54	42.12		
Calculo % de Merma Total.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma		Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma		Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma	
	31.64	26.33	5.30	16.77%		38.15	32.92	5.23	13.70%		50.61	42.12	8.49	16.77%	
Calculo Peso de Merma Quemada por alambre de Nicrom.	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso
	2.54	1.22	0.0025	37	2.87	3.07	1.22	0.0025	37	3.47	4.07	1.22	0.0025	7	0.87
	1.02	1.22	0.0025	2	0.06	3.07	1.02	0.0025	2	0.16	1.02	1.22	0.0025	14	0.44
	2.54	1.02	0.0025	2	0.13	1.02	1.22	0.0025	2	0.06	4.07	1.02	0.0025	2	0.21
Calculo % de Merma Quemada.	Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma			Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma			Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma		
	31.64	3.07	9.69%			38.15	3.68	9.66%			50.61	1.51	2.99%		
Calculo % de Merma Scrap.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap
	31.64	26.33	3.07	2.24	7.07%	38.15	32.92	3.68	1.54	4.04%	50.61	42.12	1.51	6.97	13.78%

Tabla 12 Resumen de merma teorica promedia por tipo de bloque.

Dimensiones	Peso Procesado	% Distribución	% Merma	% Quemado	% Scrap
Bloque de 2.55 mt. Largo	221,910.77	43%	16.77%	9.69%	7.07%
Bloque de 3.08 mt. Largo	27,228.91	5%	13.70%	9.66%	4.04%
Bloque de 4.08 mt. Largo	272,118.05	52%	16.77%	2.99%	13.78%
Total	521,257.73	100%	16.61%	6.19%	10.42%

- **Cálculo merma por corte de sobrantes**

Para el cálculo teórico se utilizó la medida de sobrantes que más se reprocesan y los productos que se obtienen para cada tipo de sobrante, obteniendo la merma de corte por cada sobrante, ver tablas 13 y 14. Asimismo, con la distribución de producción se obtiene un promedio total de 26.86% en merma de corte tabla 15.

Tabla 13 Cálculo de productos y merma por corte de sobrante largo.

	SOBRANTE (Alternativa 1)					SOBRANTE (Alternativa 2)				
Peso de Sobrante a procesar.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	4.0700	1.2400	0.1600	10	8.07	4.0700	1.2400	0.1600	10	8.07
Peso de Piezas de mayor rotación.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	2	0.505	0.15	10	1.52	2.4	1.2	0.0254	10	0.73
Calculo N° de Piezas por Corte.	Largo	Ancho	Espesor	Cantidad		Largo	Ancho	Espesor	Cantidad	
	2	2	1	4		1	1	5	5	
Calculo de Peso de Piezas cortadas.	Unidades	Peso Pieza	Peso Total			Unidades	Peso Pieza	Peso Total		
	4	1.52	6.06			5	0.73	3.66		
Calculo % de Merma Total.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma		Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma	
	8.07	6.06	2.01	24.95%		8.07	3.66	4.42	54.70%	
Calculo Peso de Merma Quemada por alambre de Nicrom.	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso
	4.07	1.24	0.0025	2	0.25	4.07	1.24	0.0025	6	0.76
	0.16	1.24	0.0025	3	0.01	0.16	1.24	0.0025	2	0.01
	4.07	0.16	0.0025	3	0.05	4.07	0.16	0.0025	2	0.03
Calculo % de Merma Quemada.	Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma			Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma		
	8.07	0.32	3.91%			8.07	0.80	9.90%		
Calculo % de Merma Scrap.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap
	8.07	6.06	0.32	1.70	21.04%	8.07	3.66	0.80	3.62	44.80%

Tabla 14 Cálculo de productos y merma por corte de sobrante ancho.

	SOBRANTE (Alternativa 1)					SOBRANTE (Alternativa 2)				
Peso de Sobrante a procesar.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	1.6300	1.2400	1.0300	10	20.82	1.6300	1.2400	1.0300	10	20.82
Peso de Piezas de mayor rotación.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	0.3	1.2	0.15	10	0.54	0.8	1.2	0.0254	10	0.24
Calculo N° de Piezas por Corte.	Largo	Ancho	Espesor	Cantidad		Largo	Ancho	Espesor	Cantidad	
	5	1	6	30		2	1	36	72	
Calculo de Peso de Piezas cortadas.	Unidades	Peso Pieza	Peso Total			Unidades	Peso Pieza	Peso Total		
	30	0.54	16.20			72	0.24	17.56		
Calculo % de Merma Total.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma		Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma	
	20.82	16.20	4.62	22.18%		20.82	17.56	3.26	15.67%	
Calculo Peso de Merma Quemada por alambre de Nicrom.	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso
	1.63	1.24	0.0025	7	0.35	1.63	1.24	0.0025	37	1.87
	1.03	1.24	0.0025	2	0.06	1.03	1.24	0.0025	2	0.06
	1.63	1.03	0.0025	6	0.25	1.63	1.03	0.0025	3	0.13
Calculo % de Merma Quemada.	Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma			Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma		
	20.82	0.67	3.22%			20.82	2.06	9.89%		
Calculo % de Merma Scrap.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap
	20.82	16.20	0.67	3.95	18.97%	20.82	17.56	2.06	1.20	5.78%

Tabla 15 Resumen de merma teorica promedia por tipo de sobrante.

Dimensiones	Peso Procesado	% Distribución	% Merma	% Quemado	% Scrap
Sobrante de 1.60 mt. Largo	10,713.15	40%	20.23%	5.22%	15.01%
Sobrante de 4.08 mt. Largo	13,391.43	50%	33.88%	5.71%	28.17%
Sobrante de Varios Largos	2,678.29	10%	18.30%	6.99%	11.31%
Total	26,782.87	100%	26.86%	5.64%	21.22%

- **Cálculo merma por corte**

Con el cálculo de merma por corte de bloques y sobrantes en conjunto y el indicador de reproceso 5.14% de la figura 16, se distribuye los porcentajes de merma obteniéndose 17.14% de merma promedio de corte, ver tabla 16.

Tabla 16 Promedio de merma teórica por corte de bloque y sobrantes.

Tipo Procesado	Peso Procesado	% Distribución	% Merma	% Quemado	% Scrap
Bloque	494,474.86	95%	16.61%	6.19%	10.42%
Sobrante	26,782.87	5%	26.86%	5.64%	21.22%
Total	521,257.73	100%	17.14%	6.16%	10.97%

5.1.4 Calcular y proyectar los costos por exceso de merma en cuanto a los elementos de costo: Materia prima directa, Mano de obra directa y Costos Indirectos de Fabricación.

- **Cálculo costo de fabricación**

Para el cálculo del costo de fabricación se toma los kilogramos procesados y el valorizado de los consumos de materia prima, mano de obra y otros costos indirectos. Asimismo, el periodo 2016 se procesó 521,257.73 Kg. Con un costo de materia prima de US\$ 1.56, el 7% del material utilizado es reciclado con valor 0. El costo unitario de kilogramos procesados real es US\$ 1.85, ver detalle en tabla 17.

Tabla 17 Costos de fabricación por elemento del total kilogramo procesado Nexpol S.A.C. 2016.

Concepto	% Part.	Importe S/.	Importe US\$	C/U S/. de Kg. Procesado	C/U US\$ de Kg. Procesado
Materia Prima	79.43%	2,487,061.22	765,249.61	4.77	1.47
Mano de Obra	6.96%	218,074.84	67,099.95	0.42	0.13
CIF	13.61%	426,151.67	131,123.59	0.82	0.25
Total	100%	3,131,287.73	963,473.15	6.01	1.85

- **Cálculo del exceso porcentual de merma por tipo**

Se obtiene de la diferencia entre porcentaje de merma real y merma objetiva. Para los parámetros de la merma objetivo, se utilizó el dato desarrollado por ingeniería y producción tomando en cuenta algunas restricciones por tipo de producto, materia prima y diseño de máquinas. Como resultado tenemos un 3% de exceso de merma detallada por tipo como la tabla 18.

Tabla 18 Cálculo de exceso de merma porcentual.

Tipo de Merma	%Merma Real	% Merma Objetivo	% Merma Exceso
Scrap Bloque Regular	8.49%	7.00%	1.49%
Merma Quemada	5.09%	4.99%	0.10%
Variación en Peso	2.98%	2.98%	0.00%
Scrap Reproceso Sobrantes	1.08%	0.28%	0.80%
Scrap Bloque Deforme	0.31%	0.08%	0.23%
Scrap Bloque Crudo	0.24%	0.09%	0.15%
Depuración de Piezas	0.21%	0.08%	0.13%
Devolución Cliente	0.11%	0.01%	0.10%
Total	18.51%	15.51%	3.00%

- **Cálculo de Costos por exceso de merma en cuanto a los elementos de costo.**

En base a los costos unitario (tabla 17) y el porcentaje de exceso de merma (tabla 18) se obtiene por multiplicación el costo por exceso de merma. Obteniéndose como resultado total US\$ 28,904.19 para el periodo 2016, ver detalle por elemento de costo, tabla 19.

Tabla 19 Costos por exceso de merma por tipo en cuanto a los elementos de costo.

Tipo de Merma	% Merma Exceso	Kg. Merma exceso	Importe Valorizado US\$			Sub Total C/U US\$ 1.85
			C/U US\$ 1.47 - MP	C/U US\$ 0.13 - MOD	C/U US\$ 0.25 - CIF	
Scrap Bloque Regular	1.49%	7,766.74	11,402.22	999.79	1,953.74	14,355.75
Merma Quemada	0.10%	521.26	765.25	67.10	131.12	963.47
Variación en Peso	0.00%	-	-	-	-	-
Scrap Reproceso Sobrantes	0.80%	4,170.06	6,122.00	536.80	1,048.99	7,707.79
Scrap Bloque Deforme	0.23%	1,198.89	1,760.07	154.33	301.58	2,215.99
Scrap Bloque Crudo	0.15%	781.89	1,147.87	100.65	196.69	1,445.21
Depuración de Piezas	0.13%	677.64	994.82	87.23	170.46	1,252.52
Devolución Cliente	0.10%	521.26	765.25	67.10	131.12	963.47
Total	3.00%	15,637.73	22,957.49	2,013.00	3,933.71	28,904.19

- **Proyección de kilogramos a procesar en base a ventas proyectadas y el porcentaje actual de merma.**

Con el objetivo de proyectar los kilogramos de merma en los próximos periodos se revisa el plan de crecimiento en ventas en corto y mediano plazo, además se utiliza el porcentaje de merma real actual (tabla 18).

Tabla 20 Proyeccion de kilogramos a procesar 2018-2022.

Proyección	Kilogramos 2017	Kilogramos 2018	Kilogramos 2019	Kilogramos 2020	Kilogramos 2021	Kilogramos 2022
Kilogramos Ventas	555,555.56	638,888.89	734,722.22	808,194.44	889,013.89	933,464.58
% Merma actual	126,191.35	145,120.06	166,888.06	183,576.87	201,934.56	212,031.29
Kilogramos Procesados	681,746.91	784,008.94	901,610.29	991,771.31	1,090,948.45	1,145,495.87
% Crecimiento		15%	15%	10%	10%	5%

- **Proyección de costos por exceso de merma por tipo.**

En base a los niveles de kilogramos a procesar (tabla 20) y los costos unitarios de fabricación (tabla 17) se proyecta el costo del exceso de merma en los próximos periodos. Se observa de seguir la problemática de exceso en merma va a generar un mayor impacto económico en la empresa.

Causas ocasionadas por “Máquina”.

- Medidas del molde es inadecuado en máquina moldeadora: Se refiere a un exceso de largo para el formato de bloque pequeño que provoca exceso de merma en el corte de productos.
- Adaptación de calza en máquina moldeadora: La adaptación de la calza tienen efectos de falla en distribución de vapor; generando bloques deformes.
- Falla en los sensores de temperatura y presión de la máquina moldeadora para configurar la inyección de vapor y programación de tiempos: una inadecuada temperatura puede provocar mayor o menor sellado entre perlas de bloques, es decir un cambio produce bloques crudos o muy cocidos deformes.

Causas ocasionadas por “Mano de Obra”.

- Falta calefacción de mantenimiento previo al arranque: Cuando las máquinas dejan de trabajar es necesario colocar a una temperatura de mantenimiento, esto hace que el EPS esté listo para fluir; si la calefacción es apagada provocaría degradación del material, mostrando en el producto final deformación o falta de cocción.
- Cambio de proporción de materiales en las mezclas: Una alteración en el porcentaje de la receta de EPS y scrap altera las propiedades del bloque; por lo que el material se puede alterar en el proceso de moldeo provocando variación en dimensiones.
- Cambio de parámetros de las máquinas de manera inadecuada: Los parámetros deben ser cambiados con criterio y siempre midiendo el resultado o la variación provocada en el producto.

Causas ocasionadas por “Materiales”.

- Scrap contaminado con polvo, plásticos y otros objetos extraños: El EPS en combinación con este scrap contaminado causa depuración por contaminación en el producto final.
- Alimentación de material EPS de otro fabricante o lotes sin previa evaluación: La EPS tienen diferentes propiedades de expansión por lo que las propiedades del producto final se ven afectadas.

Causas ocasionadas por “Métodos”.

- Mal preparativo para el arranque de la máquina moldeadora: Es importante que la máquina moldeadora haya estado en calefacción de mantenimiento previo al arranque; así como también la realización de una inspección previa para poder comprobar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico y la limpieza y orden en la máquina y alimentación de otros equipos.
- Falta de limpieza periódica de la zona de tránsito de embalaje: La zona de tránsito está ubicado en un lugar de alto tránsito peatonal y materiales afectando la integridad del producto final.

Causas ocasionadas por “Medio Ambiente”.

- Polución del scrap molido: El scrap molido puede contaminar a otro material si la zona no se encuentra ordenada; este scrap contamina al otro material debido que puede tener diferentes propiedades que el otro.
- Variación de temperatura ambiental: Puede provocar cambio en el reposo y liberación de gases causado la retención de humedad, dañando las dimensiones del proceso de corte.

El control de los parámetros de proceso es fundamental ya que esta puede detectar alguna desviación que este ocasionando productos no conformes.

5.2 Planteamiento de propuestas

Cuantificado la oportunidad en reducir los costos por exceso de merma y complementado con los resultados de la información recopilada se determinó necesidades en infraestructura, mano de obra y recursos materiales. A continuación, se presenta propuestas para reducir la merma en el proceso de fabricación:

5.2.1 Adquirir una máquina moldeadora de formato pequeña

Características

- Debe contar con el ajuste de 10 cm al largo del diseño actual.
- Graduable para ofrecer mayor variedad de productos.
- Horizontal para mayor distribución de vapor.
- Capacidad de producción de densidades bajas.

Plazo

- Tiempo de Fabricación 2.5 meses.
- Tiempo de Tránsito de importación 2 meses.
- Instalación en planta 1 mes.
- Puesta en marcha 0.5 mes.

5.2.2 Cambiar Materia Prima con mayor estabilidad química y mecánica.

Características

- Contenga menor agente expansor “pentano”.
- Acceso para la importación y compra local.
- Catálogo de 3 tipos de fabricantes nuevos.

Plazo

- Tiempo de Tránsito de importación 2 meses.
- Pruebas en planta 1 mes por cada tipo EPS.

5.2.3 Capacitación del personal

Características

- Capacitación en configuración de máquinas.
- Capacitación y desarrollo en conjunto de instructivos.
- Capacitación en conceptos de calidad
- Capacitación en salud y seguridad industrial.

Plazo

- Tiempo estimado de implementación y evaluación de 6 a 12 meses.

5.2.4 Programa de mantenimiento preventivo de máquinas y equipos más continuo.

Características

- Limpieza y mantenimiento mecánico semanal.
- Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos.

- Calibración de sensores de medición.

Plazo

- Tiempo estimado de planeamiento e implementación de 4 a 6 meses.

Las propuestas deben estar alineadas con el origen del exceso de merma y sus causas, para ello las propuestas nacen de iniciativa conjunta del personal involucrado y se estima un efecto potencial sobre la problemática, ver detalle en tabla 22. Del cual sobresale la inversión en máquina con una reducción potencial de 1.94%. Sustentado en la reducción de merma por el diseño y el número de reprocesos.

Tabla 22 Reducción porcentual del exceso de merma por alternativa.

Tipo de Merma	% Merma Exceso	Inversión en Máquina	Cambio de Material	Capacitación del Personal	Mantenimiento de Equipos
Scrap Bloque Regular	1.49%	-1.34%	0.00%	0.00%	0.00%
Merma Quemada	0.10%	0.00%	0.00%	-0.10%	-0.10%
Variación en Peso	0.00%	0.00%	-0.70%	0.00%	0.00%
Scrap Reproceso Sobrantes	0.80%	-0.40%	0.00%	-0.30%	0.00%
Scrap Bloque Deforme	0.23%	-0.13%	-0.10%	-0.12%	-0.10%
Scrap Bloque Crudo	0.15%	-0.07%	-0.10%	-0.08%	-0.08%
Depuración de Piezas	0.13%	0.00%	-0.05%	-0.07%	-0.05%
Devolución Cliente	0.10%	0.00%	-0.05%	-0.05%	-0.03%
Total	3.00%	-1.94%	-1.00%	-0.72%	-0.36%

Capítulo 6: Justificación de propuesta escogida

El fundamento principal de la propuesta elegida responde a que una máquina diseñada para bloques de formato pequeño, del tipo que representan el 43% de la producción disminuiría la merma en 3.15%. Para obtener el resultado se calcula la merma con la nueva dimensión de bloque dando como indicador 13.62% en merma por corte de bloques pequeños, ver tabla 23, en comparación a la tabla 11 donde el indicador de merma por corte del bloque en formato pequeño es 16.77%.

Tabla 23 Cálculo de productos y merma por corte de bloque pequeño.

BLOQUE DE 2.45 X 1.24 X 1.03					
Peso de Bloque a procesar.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	2.4500	1.2223	1.0180	10	30.49
Peso de Piezas de mayor rotación.	Largo	Ancho	Espesor	Densidad	Peso
	2.4	1.2	0.0254	10	0.73
Calculo N° de Piezas por Corte.	Largo	Ancho	Espesor	Cantidad	
	1	1	36	36	
Calculo de Peso de Piezas cortadas.	Unidades	Peso Pieza	Peso Total		
	36	0.73	26.33		
Calculo % de Merma Total.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	% Merma	
	30.49	26.33	4.15	13.62%	
Calculo Peso de Merma Quemada por alambre de Nicrom.	Largo	Ancho	Diam.Nicr.	N° Nicrom	Peso
	2.45	1.22	0.0025	37	2.77
	1.02	1.22	0.0025	2	0.06
	2.45	1.02	0.0025	2	0.12
Calculo % de Merma Quemada.	Peso Bloque	Peso Nicrom	% Merma		
	30.49	2.96	9.70%		
Calculo % de Merma Scrap.	Peso Bloque	Peso Piezas	Peso Merma	Peso Scrap	% Scrap
	30.49	26.33	2.96	1.19	3.92%

Por último, es importante resaltar el impacto de la reducción en merma por corte de bloques pequeños sobre la merma total de todos los formatos de bloques donde se obtuvo una reducción de merma de 1.34%, el cálculo se realizó por la diferencia de la merma teórica actual por tipo de bloque 16.61%, ver tabla 12, y la merma teórica potencial por tipo de bloque con la máquina moldeadora nueva 15.27%, ver tabla 24.

Tabla 24 Resumen de merma teórica promedia por tipo de bloque.

Dimensiones	Peso Procesado	% Distribucion	% Merma	% Quemado	% Scrap
Bloque de 2.45 mt. Largo	221,910.77	43%	13.62%	9.70%	3.92%
Bloque de 3.08 mt. Largo	27,228.91	5%	13.70%	9.66%	4.04%
Bloque de 4.08 mt. Altura	272,118.05	52%	16.77%	2.99%	13.78%
Total	521,257.73	100%	15.27%	6.19%	9.07%

Otro factor tomado en cuenta para la selección de la propuesta es la evaluación del impacto económico de cada una de las alternativas en la reducción de merma, sin considerar los gastos del desarrollo y su tiempo de implementación correspondiente para cada alternativa ni las restricciones de plazo e inversión.

El potencial ahorro promedio anual proyectado, la alternativa de inversión en máquina sobresale de las demás con un ahorro anual entre US\$ 28,040.72 (2018) y US\$ 40,969.59 (2022), el importe se calculó en dos partes, en primer lugar, en base a los kilogramos a procesar proyectado del 2018-2022, ver tabla 20, por el del porcentaje de merma de reducción de cada alternativa en la tabla 22 obteniendo los kilogramos de merma a reducir por periodo. En segundo lugar, para el calcular la valorización de la reducción de kilogramos de merma para cada propuesta se multiplica los kilogramos de merma a reducir por cada alternativa por el costo de kilogramo actual \$1.85, ver tabla 16.

Tabla 25 Ahorro anual potencial proyectado por propuesta

Alternativa de reducción	% Merma Reducción	Importe US\$ 2018	Importe US\$ 2019	Importe US\$ 2020	Importe US\$ 2021	Importe US\$ 2022
Inversión en Maquina	-1.94%	-28,040.72	-32,246.82	-35,471.51	-39,018.66	-40,969.59
Cambio de Material	-1.00%	-7,840.09	-16,665.02	-18,331.53	-20,164.68	-21,172.91
Capacitación del Personal	-0.72%	-5,644.86	-11,998.82	-13,198.70	-14,518.57	-15,244.50
Mantenimiento de Equipos	-0.36%	-2,822.43	-5,999.41	-6,599.35	-7,259.28	-7,622.25

Capítulo 7: Estructura de la propuesta

7.1 Datos de inversión

- Maquinaria : 10 años de vida útil
- Origen : China
- Valor : US\$ 58,500
- Instalación : US\$ 6,000
- Mantenimiento : US\$ 1,500 anual
- Depreciación : 5 años
- Valor Comercial : US\$ 20,000 (al 5° año)
- Financiamiento : Préstamo a 3 años
- TEA : 7%
- COK : 6.5%
- Impuesto a la renta : 29.5%

Cálculo cronograma de pago préstamo

Se necesita un desembolso para adquisición e instalación de maquinaria de US\$ 76,100.00. A través del financiamiento bancario se obtiene como cuota anual de préstamo el importe de US\$ 29,001.84.

Tabla 26 Simulación de financiamiento de propuesta

Periodo	Saldo Inicial	Valor Cuota	INTERES	CAPITAL
1	\$ 76,110.00	\$ 29,001.84	\$ 5,327.70	\$ 23,674.14
2	\$ 52,435.86	\$ 29,001.84	\$ 3,670.51	\$ 25,331.33
3	\$ 27,104.53	\$ 29,001.84	\$ 1,897.32	\$ 27,104.53
	\$ -	\$ 87,005.53	\$ 10,895.53	\$ 76,110.00

7.2 Viabilidad de inversión

Cálculo de flujo de caja de la inversión

Se realiza el flujo de la inversión para determinar la viabilidad económica de la propuesta escogida, ver tabla 27, de donde se calculó el Valor Actual Neto Financiero (VANF), la tasa de Interés de Retorno (TIR) y el periodo de retorno de la inversión. El COK es referencial a una alternativa de rentabilidad de los inversionistas.

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 27 Flujo de Caja de propuesta

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ingresos Ahorro (MP + MO + CIF)		\$ 28,040.72	\$ 32,246.82	\$ 35,471.51	\$ 39,018.66	\$ 40,969.59
Gastos por Mantenimiento		\$ -1,500.00	\$ -1,500.00	\$ -1,500.00	\$ -1,500.00	\$ -1,500.00
Depreciación		\$ -12,900.00	\$ -12,900.00	\$ -12,900.00	\$ -12,900.00	\$ -12,900.00
EBIT		\$ 13,640.72	\$ 17,846.82	\$ 21,071.51	\$ 24,618.66	\$ 26,569.59
IR		\$ -4,024.01	\$ 5,264.81	\$ 6,216.09	\$ 7,262.50	\$ 7,838.03
DEPRECIACION		\$ 12,900.00	\$ 12,900.00	\$ 12,900.00	\$ 12,900.00	\$ 12,900.00
FC Economico		\$ 22,516.70	\$ 36,011.64	\$ 40,187.60	\$ 44,781.16	\$ 47,307.62
Inversión	\$ -64,500.00					\$ 14,100.00
IGV	\$ -11,610.00					\$ 3,600.00
FC Libre Disponibilidad	\$ -76,110.00	\$ 22,516.70	\$ 36,011.64	\$ 40,187.60	\$ 44,781.16	\$ 65,007.62
Financiamiento	\$ 76,110.00					
Servicios Financieros		\$ -29,001.84	\$ -29,001.84	\$ -29,001.84		
Escudo Fiscal		\$ 8,555.54	\$ 8,555.54	\$ 8,555.54		
FC Financiero	\$ 76,110.00	\$ -20,446.30	\$ -20,446.30	\$ -20,446.30	\$ -	\$ -
FC Neto Inversionista	\$ -	\$ 2,070.41	\$ 15,565.34	\$ 19,741.30	\$ 44,781.16	\$ 65,007.62

VANF : US\$ 114,267.43

TIR : 18.14%

Tiempo de retorno de la inversión 3.86, 3 años y 10 meses.

Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

Las propuestas para reducir la merma son medidas que favorece el uso más eficiente de los recursos en el proceso de fabricación de NEXPOL S.A.C. aportando en incrementar la productividad y competitividad. Generando beneficios y sostenibilidad económica en la empresa.

El desarrollo del presente trabajo evidencio un déficit estudio de mercado, el equipamiento de la planta de producción, en el proceso de Moldeo está diseñado principalmente para satisfacer la necesidad de la empresa NEXOS COMERCIALES S.A.C. y algunos productos estándar de los demás clientes como principal origen del exceso de merma. Asimismo, según análisis muchas de las causas encontradas se deben a falta de procedimientos y capacitación del personal operario.

El cálculo monetario en los elementos de costo del exceso de merma es significativo teniendo impacto negativo en los resultados económicos de la empresa disminuyendo los márgenes de contribución por la ineficiencia en consumos de materia prima, mano de obra y otros costos indirectos de fabricación. Por otro lado, un mayor costo afecta los precios de comercialización perdiendo competitividad en el mercado.

Por último, se ha comprobado la viabilidad económica de la propuesta seleccionada en reducir merma con inversión de maquinaria diseñada a las necesidades de la empresa y mercado. Tras el análisis de datos obtenidos el retorno de la inversión es al tercer año y 10 meses un ahorro de dinero en los restantes meses de los 5 años proyectados.

8.2 Recomendaciones

Se recomienda a corto plazo la implementación de las propuestas relacionadas a la mejora de los procedimientos y capacitación del personal operario. A través de metodologías de gestión de la calidad como las 5S y el TPM (Mantenimiento Productivo Total) que son fáciles de aplicar y más baratas en inversión. Las ventajas de un personal capacitado y motivado son enormes sobre todo en ahorro de costos y eficiencia productiva.

Por otro lado, se observa que ninguna empresa de la competencia cuenta con certificación en la Norma ISO 9001 de calidad, siendo esta una oportunidad a mediano plazo de contar con un sistema integral ayudará a gestionar y controlar de manera continua la calidad en todos los procesos.

Asimismo, se recomienda que la empresa debe mantener contacto estrecho con los clientes, de tal forma entender a perfección sus necesidades para lograr una retroalimentación constante para actualizar la información del mercado y poder reaccionar mucho más rápido a los cambios, tomar decisiones para reducir el riesgo o maximizar las oportunidades antes que la competencia.

Por otro lado, se debe mantener la idea de que en la elaboración de los informes sobre los costos de merma debería de colaborar varios departamentos, ya que con sólo los datos contables será difícil descubrir muchos de los costos por exceso de merma, que normalmente permanecen ocultos. Si no es con la ayuda de expertos de otros departamentos, tales como: producción, calidad, ventas, compras, etc. El departamento de contabilidad no tendrá suficiente información para realizar buenos informes sobre el cálculo y control de los costos de merma.

Por último, es importante resaltar que todo proceso de desarrollo e implementación de propuestas para mejorar la eficiencia de producción debe estar soportado por la alta dirección haciendo comprender que las consecuencias positivas o negativas afectan a todos. El hacer bien las cosas desde el inicio es una filosofía basada en minimizar las fallas debe ser parte de una política de calidad respaldada por la alta dirección para que todos se involucren y sigan una sola meta.

Bibliografía

- Alcaide, J. C. (2015). *Los 100 errores de la experiencia de cliente*. Madrid: ESIC Editorial.
- Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas. (1995). *Costes de Calidad. Principios de Contabilidad de Gestión*. Madrid.
- Crosby, P. B. (1988). *La organización permanece exitosa*. Mexico: McGraw-Hill.
- Dale, B. G., & Cooper, C. L. (1992). *Total Quality and human resources*. Oxford: Ed. Balckwell.
- Deming, W. E. (1989). *La Calidad, Productividad y Competitividad, a la salida de la crisis*. Madrid: Díaz de Santos.
- Feigenbaum, A. V. (1999). *The new quality for the twenty-first century*. The TQM.
- Ferrer Quea, A. (2010). Merzas y desmedro - Criterios Contables y Tributarios. *Actualidad Empresarial, Primera quincena de Octubre*(216), 5-7.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad* (Tercera edición ed.). Mexico: McGraw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (Tercera edición ed.). Mexico: McGraw Hill.
- Hargadon, B., & Munera, A. (1994). *Contabilidad de Costos*. Editorial Norma.
- Hornigren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2012). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial* (Decimocuarta ed.). Mexico: Pearson Education Inc.
- Juran, J. M. (1990). *Juran y la planificación de la calidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Real Academia Española. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*, 23.^a edición. Recuperado el 14 de Diciembre de 2017, de <http://dle.rae.es>