

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS



TESIS:

**“APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA REDUCIR LA MERMA
GENERADA EN UNA EMPRESA QUE FABRICA CONDUCTORES
ELÉCTRICOS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

ELABORADO POR:

NAJARRO PAREDES, FREDDY

ORCID: 0009-0005-8701-6009

ASESOR:

DR. ZARATE OTAROLA, LEONIDAS BENITO

ORCID: 0000-0003-0961-2196

LIMA - PERU

2024

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis abuelos que estan en el cielo; quienes estan guiandome para tomar mis decisiones con mucha sabiduria.

Tambien se lo dedico a mis padres ya que sin su apoyo incondicional yo no habria podido iniciar esta aventura academica.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco al Dr. Benito Zarate por su valiosas correcciones y aportaciones a mi trabajo de tesis; en segundo lugar, agradezco al Ing. Bruno Mendoza quien autorizo para que se me brinde toda la data necesaria para desarrollar y culminar mi trabajo de investigación.

RESUMEN

La empresa Elcope se dedica a la fabricación de conductores electricos, esta organización presenta hace muchos años un exceso de merma que se genera en sus procesos productivos; Actualmente, la demanda de cables ha aumentado en los ultimos años y por consiguiente se incremento el porcentaje de merma permitido. Por lo expuesto, la presente tesis tiene por objetivo la implementacion de un sistema de mejora continua.

En primer lugar se analizara los datos de merma obtenida en los años 2020, 2021 y primer trimestre del 2022, para reducir este exceso hasta como minimo el limite permitido mediante la aplicación de las herramientas de Lean manufacturing.

Los valores luego de la aplicación de las herramienta, fue 4.6% a finales del 2022 logrando reducir la merma de plasticos, el cual equivale en un ahorro de S/. 115,733 en dicho periodo. Finalmente, se concluye los resultados que obtenidos luego de esta implementacion nos indica que ha sido eficiente porque ha logrado reducir los valores de porcentaje por debajo de lo permitido por la organización.

ABSTRACT

The company Elcope is dedicated to the manufacture of electrical conductors, this organization presents many years ago an excess of waste that is generated in their production processes; Currently, the demand for cables has increased in recent years and therefore increased the percentage of waste allowed. Therefore, the objective of this thesis is the implementation of a continuous improvement system.

First of all, we will analyze the shrinkage data obtained in 2020, 2021 and the first quarter of 2022, in order to reduce this excess to at least the allowed limit through the application of Lean manufacturing tools.

The values after the application of the tools 4.6% at the end of 2022 managed to reduce the waste of plastics, which is equivalent to a saving of 115,733 soles in that period. finally, we conclude the results obtained after this implementation indicates that it has been efficient because it has managed to reduce the percentage values below the allowed by the organization.

Key words: Lean Manufacturing, VSM, 5S, SMED, waste, process.

PROLOGO

La empresa Elcope S.A.C. es una empresa fabricante de conductores eléctricos, tiene 30 años de fundación y satisfaciendo las necesidades del mercado peruano, buscando mejorar su competitividad a través de los procesos de mejoramiento continuo.

El principal problema de la empresa es la generación de mermas de plástico producidas en los diferentes procesos de la fabricación de conductores eléctricos, por ello se plantean diferentes metodologías con la finalidad de implementarlas para disminuir este residuo. Se planteó aplicar Lean Manufacturing para reducir la merma generada

Se evaluaron la producción y generación durante los años 2020, 2021 y 2022, siendo el último año, el tiempo en el cual se implementó Lean Manufacturing mediante las herramientas VSM, 5S y SMED.

Este estudio destaca la importancia de integrar los principios de Lean Manufacturing en las organizaciones para aumentar la productividad y mejorar las condiciones de trabajo simultáneamente. Por lo tanto, mediante la identificación de oportunidades de mejora utilizando la herramienta VSM, este trabajo tiene como objetivo implementar un modelo de intervención innovador y sistemático, que permita la aplicación integrada de Single-Minute Exchange of Dies – SMED

Se plantearon los objetivos de conocer la influencia del Planeamiento de la producción, de los procesos, del Just in time y del SMED en la merma generada en la empresa fabricante de conductores eléctricos.

Es notorio los buenos resultados mediante el uso de Lean Manufacturing, que se obtuvieron en el 2022 logrando reducir la merma de plasticos, lo que equivale un ahorro de 115,733 soles en dicho periodo. Se concluye que los resultados obtenidos luego de la implementacion indica que ha sido eficiente porque ha logrado reducir los indicadores de porcentaje de desecho, debajo de lo permitido por la organización.

INDICE

“APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA REDUCIR LA MERMA GENERADA EN UNA EMPRESA QUE FABRICA CONDUCTORES ELÉCTRICOS”

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
PROLOGO	VI
INDICE.....	VIII
LISTA DE TABLAS	XIII
LISTA DE FIGURAS	XVI
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 Breve Historia.....	1
1.1.2 Identificación y Descripción de la Empresa	2
1.2 DIAGNOSTICO FUNCIONAL	2
1.2.1 Organización.....	2
1.2.2 Principios Empresariales.....	4
1.2.3 Portafolio de Productos.....	4
1.2.4 Principales Clientes	6
1.2.5 Procesos Productivos y Tecnología.....	6

1.2.6	Maquinarias y Equipos	11
1.2.7	Recursos Humanos	12
1.2.8	Mapa de Procesos	13
1.2.9	Cadena de Valor de Porter	13
1.2.10	Cinco Fuerzas de Porter.....	14
1.2.11	Equipo Implementador.....	14
1.3	PROBLEMÁTICA.....	15
1.4	OBJETIVOS	15
1.4.1	Objetivo General	15
1.4.2	Objetivos Específicos	15
1.5	HIPÓTESIS	16
1.5.1	Hipótesis General	16
1.5.2	Hipótesis Especificas	16
1.6	METODOLOGÍA	16
1.6.1	Tipo de Investigación.....	16
1.6.2	Tipo de Diseño de la Investigación	16
1.6.3	Nivel de Investigación	16
1.6.4	Métodos de Investigación	16
1.6.5	Población.....	17
1.6.6	Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos	17
1.7	INDICADORES.....	17
 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO		18
2.1	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	18
2.2	TEORIA Y METODOLOGÍA DE REFERENCIA.....	30
2.2.1	Definición de Lean Manufacturing	30
2.2.2	Desperdicios o Muda.....	30
2.2.3	Principios de Lean Manufacturing	32
2.2.4	Value Stream Mapping - VSM	33
2.2.5	Procesos Fundamentales del TPM - Pilares	35
2.2.6	Las 5S.....	37
2.2.7	Overall Equipment Effectiveness - OEE	40
2.2.8	Single Minute Exchange of Die - SMED.....	41
2.2.9	Just In Time - JIT	42
2.2.10	Gestión Visual y Audible - ANDON	43

2.2.11 Merma de Plástico.....	44
CAPITULO III: ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	46
3.1 DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO	46
3.1.1 Análisis FODA	46
3.1.2 Matriz FODA.....	51
3.1.3 Objetivos Estratégicos	53
3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	53
3.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL.....	55
3.4 CAUSAS Y EFECTOS – ISHIKAWA	56
3.5 PROBLEMA CENTRAL	56
3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	56
3.7 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	57
3.7.1 Evaluación Cualitativa	57
3.7.2 Evaluación Cuantitativa.....	59
3.8 TOMA DE DECISIÓN	60
3.9 PLAN DE ESTRATEGIAS A CP, MP Y LP	60
3.9.1 Estrategias de Corto Plazo – CP.....	60
3.9.2 Estrategias de Mediano Plazo – MP	61
3.9.3 Estrategias de Largo Plazo – LP.....	61
CAPITULO IV: DESARROLLO DE METODOLOGÍA	62
4.1 PLANIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62
4.1.1 Equipo Implementador	62
4.1.2 Cronograma de Actividades	62
4.1.3 Implementación del VSM	64
4.1.4 Determinar la Familia de Productos	64
4.1.5 Cálculo de las Métricas e Indicadores del Proceso	65
4.1.6 VSM del Estado Actual	68
4.1.7 Definir e Implementar Planes de Acción	71
4.1.8 VSM del Estado Futuro	71
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S.....	74
4.2.1 Inicio de Campaña	74
4.2.2 Clasificación – 1S	76
4.2.3 Ordenamiento – 2S	78

4.2.4 Limpieza – 3S.....	79
4.2.5 Estandarización – 4S.....	81
4.2.6 Concientización – 5S.....	82
4.2.7 Cierre de Campaña	83
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE SMED.....	86
4.3.1 Etapa 1: Desglose de Operaciones	87
4.3.2 Etapa 2: Diferenciar las Operaciones Internas de las Externas	87
4.3.3 Etapa 3: Transformar las Operaciones Internas en Externas	88
4.3.4 Etapa 4: Reducir las Operaciones Internas	89
4.3.5 Etapa 5: Reducir las Operaciones Externas	89
4.4 MEJORA DE REDUCCIÓN DE SOBREDIMENSIONAMIENTO	91
4.5 IMPLEMENTACIÓN DEL CÁLCULO DE LONGITUD PARA AHORRAR MATERIAL DE PLÁSTICO	93
4.5.1 Diámetro de Cables para la Fase de Aislamiento.....	93
4.5.2 Cálculo de Longitud para de Cambio de Color	95
4.5.3 Elaboración de Hoja Automática para el Forrado de Cable	96
4.6 REDUCCIÓN DE PRODUCTO POR REPROCESAR.....	97
4.7 CÁLCULO DEL STOCK DE SEGURIDAD – SS	98
4.8 CÁLCULO INICIAL DEL OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS – OEE.....	99
4.8.1 Disponibilidad.....	99
4.8.2 Tasa de Rendimiento.....	99
4.8.3 Tasa de Calidad.....	100
4.9 CÁLCULO FINAL DEL OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS – OEE	100
4.9.1 Disponibilidad.....	100
4.9.2 Tasa de Rendimiento.....	100
4.9.3 Tasa de Calidad.....	101
CAPITULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO.....	102
5.1 COSTO DE LA INVERSIÓN	102
5.1.1 Costo en Implementación en VSM	102
5.1.2 Costo en Implementación en 5S.....	102
5.1.3 Costo en Implementación del SMED	103
5.1.4 Costo de Capacitación Anual de VSM, 5S y SMED	104
5.2 BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN	104
5.2.1 Ahorro por Mano de Obra Directa	105

5.2.2 Ahorro por Disminución por Desperdicio de Materia Prima	106
5.2.3 Ahorro por Disminución de Producto por Reprocesar	108
5.3 RESUMEN DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS	108
5.4 CÁLCULO DE INDICADORES FINANCIEROS	109
5.4.1 Cálculo de la Amortización	111
5.4.2 Cálculo del Costo de Oportunidad de Capital - COK	112
5.4.3 Cálculo del Costo Promedio Ponderado de Capital - WACC	112
5.4.4 Evaluación Económica del VAN, TIR, B/C y PIR	112
5.4.5 Evaluación Financiera del VAN, TIR, B/C y PIR.....	114
CAPITULO VI: EVALUACIÓN DE RESULTADOS	117
6.1 RESULTADOS DEL VSM.....	117
6.2 RESULTADOS METODOLOGIA 5S	118
6.3 RESULTADOS DEL SMED.....	119
6.4 RESULTADO DEL SOBREDIMENSIONAMIENTO ACEPTABLE - USAJE.....	119
6.5 RESULTADO DE REDUCCIÓN DE MATERIAL DE PLÁSTICO	120
6.6 ANÁLISIS DEL SISTEMA PROPUESTO	121
6.6.1 Comparación de Indicadores.....	121
CONCLUSIONES	127
RECOMENDACIONES	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ÍNDICE DE ANEXOS	134

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA N°1</u> : Principales clientes según la venta del 2021	6
<u>TABLA N°2</u> : Maquinarias y equipos	12
<u>TABLA N°3</u> : Resumen de personal 2022.....	12
<u>TABLA N°4</u> : Costo de merma en el 2020 y 2021.....	15
<u>TABLA N°5</u> : Selección de familia de productos.....	34
<u>TABLA N°6</u> : Matriz de Confrontación de Factores Internos	47
<u>TABLA N°7</u> : Matriz de Evaluación de Factores Internos – MEFI	47
<u>TABLA N°8</u> : Matriz de Confrontación de Factores Externos	49
<u>TABLA N°9</u> : Matriz de Evaluación de Factores Externos – MEFE	50
<u>TABLA N°10</u> : Matriz Interna – Externa	51
<u>TABLA N°11</u> : Matriz FODA.....	52
<u>TABLA N°12</u> : Objetivos Estratégicos.....	53
<u>TABLA N°13</u> : Reporte de producción del área de extrusión 2020	53
<u>TABLA N°14</u> : Reporte de producción del área de extrusión 2021	54
<u>TABLA N°15</u> : Herramienta “5W + 1H”	55
<u>TABLA N°16</u> : Matriz de evaluación cualitativa de las alternativas.....	58
<u>TABLA N°17</u> : Matriz de confrontación de factores.....	59
<u>TABLA N°18</u> : Matriz de evaluación de las alternativas	59
<u>TABLA N°19</u> : Equipo implementador	62
<u>TABLA N°20</u> : Cronograma de Actividades	63
<u>TABLA N°21</u> : Familia de productos.....	64
<u>TABLA N°22</u> : Resumen de cálculo de métricas e indicadores - 2021.....	68
<u>TABLA N°23</u> : Tipo de desperdicios	69
<u>TABLA N°24</u> : Plan de acción	71
<u>TABLA N°25</u> : Resumen de cálculo de métricas e indicadores – 2022.....	72
<u>TABLA N°26</u> : Cronograma de actividades de las 5S en el año 2022	75

<u>TABLA N°27</u> : Lista de objetos innecesarios con tarjetas rojas	77
<u>TABLA N°28</u> : Formato de conformidad de limpieza general de extrusión	80
<u>TABLA N°29</u> : Formato de auditoria en los procesos	82
<u>TABLA N°30</u> : Resultado de los ganadores de la primera auditoria	84
<u>TABLA N°31</u> : Resumen del tiempo de limpieza por área de las 5S	86
<u>TABLA N°32</u> : Extrusoras de acuerdo al diámetro del tornillo sinfín	86
<u>TABLA N°33</u> : Operaciones y tiempos de preparación de maquina	87
<u>TABLA N°34</u> : Preparación de maquina inicial	88
<u>TABLA N°35</u> : Transformar las operaciones internas en externas	88
<u>TABLA N°36</u> : Eliminación de operaciones internas	89
<u>TABLA N°37</u> : Eliminación de operaciones Externas	90
<u>TABLA N°38</u> : Preparación de maquina final	90
<u>TABLA N°39</u> : Control de usaje de la primera semana de agosto del 2022	91
<u>TABLA N°40</u> : Resumen general de usaje desde abril hasta septiembre	92
<u>TABLA N°41</u> : Diámetros menores y mayores para cables [mm ²]	94
<u>TABLA N°42</u> : Diámetros menores y mayores para cables [AWG]	94
<u>TABLA N°43</u> : Calculo de longitud para cables [mm ²]	95
<u>TABLA N°44</u> : Calculo de longitud para cables [AWG]	95
<u>TABLA N°45</u> : Hoja para el forrado de cualquier conductor eléctrico	96
<u>TABLA N°46</u> : Cantidad de productos por reprocesar del 2021	97
<u>TABLA N°47</u> : Cantidad de productos por reprocesar del 2022	98
<u>TABLA N°48</u> : Stock de seguridad 2021 y 2022	99
<u>TABLA N°49</u> : Inversión para la implementación de VSM	102
<u>TABLA N°50</u> : Costos para implementar las "5S"	103
<u>TABLA N°51</u> : Inversión para la implementación de SMED	104
<u>TABLA N°52</u> : Resumen de capacitación anual	104
<u>TABLA N°53</u> : Ahorro generado por mano de obra – 3S	105
<u>TABLA N°54</u> : Ahorro generado por SMED	106
<u>TABLA N°55</u> : Ahorro por reducción de Stock de seguridad	106
<u>TABLA N°56</u> : Ahorro generado por sobredimensionamiento	107
<u>TABLA N°57</u> : Ahorro de material de plástico por reutilizar	108
<u>TABLA N°58</u> : Ahorro de material por producto no conforme	108
<u>TABLA N°59</u> : Resumen de costos y beneficios	109
<u>TABLA N°60</u> : Costos incurridos en el primer año	110
<u>TABLA N°61</u> : Costos anuales estimados en la implementación	110

<u>TABLA N°62</u> : Ahorro mensual y anual	110
<u>TABLA N°63</u> : Resumen de datos iniciales	111
<u>TABLA N°64</u> : Calculo de amortización	111
<u>TABLA N°65</u> : Cálculo del COK	112
<u>TABLA N°66</u> : Cálculo del WACC	112
<u>TABLA N°67</u> : Flujo de caja económico.....	113
<u>TABLA N°68</u> : Análisis de Costo – Beneficio económico	114
<u>TABLA N°69</u> : Cálculo del PRI económico	114
<u>TABLA N°70</u> : Flujo de caja financiero	115
<u>TABLA N°71</u> : Análisis de Costo – Beneficio financiero.....	115
<u>TABLA N°72</u> : Cálculo del PRI financiero.....	116
<u>TABLA N°73</u> : Resultado de auditoria 5S – antes y después	118
<u>TABLA N°74</u> : Preparación de máquina de las 6 líneas de producción	119
<u>TABLA N°75</u> : Ahorro generado por usaje	120
<u>TABLA N°76</u> : Ahorro generado por trituradora	120
<u>TABLA N°77</u> : Informe de producción del área de extrusión 2022	121
<u>TABLA N°78</u> : Resumen de indicadores 2021 y 2022 (estimado).....	122
<u>TABLA N°79</u> : Informe de producción real del área de extrusión 2022	123
<u>TABLA N°80</u> : Resumen de indicadores 2021, 2021 (estimado) y 2022(real)	124
<u>TABLA N°81</u> : Comparación de indicadores.....	125

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA N°1</u> : Organigrama funcional de la empresa	3
<u>FIGURA N°2</u> : Diagrama de flujo de los procesos productos	7
<u>FIGURA N°3</u> : Horno eléctrico de fundición.....	8
<u>FIGURA N°4</u> : Bunchadora modelo 1250	9
<u>FIGURA N°5</u> : Línea de extrusión.....	10
<u>FIGURA N°6</u> : Horno de empaquetado	10
<u>FIGURA N°7</u> : Almacén de productos terminados	11
<u>FIGURA N°8</u> : Mapa de procesos.....	13
<u>FIGURA N°9</u> : Cadena de valor de Porter.....	13
<u>FIGURA N°10</u> : Las 5 Fuerzas de Porter	14
<u>FIGURA N°11</u> : Objetos innecesarios con tarjeta roja.....	37
<u>FIGURA N°12</u> : Tablero con herramientas	38
<u>FIGURA N°13</u> : Personal realizando limpieza en su área de trabajo	38
<u>FIGURA N°14</u> : Formato para la estandarización en limpieza.....	39
<u>FIGURA N°15</u> : Laboratorio en perfectas condiciones	39
<u>FIGURA N°16</u> : Tiempo de cambio en la producción	42
<u>FIGURA N°17</u> : Enfoque tradicional / enfoque JIT	43
<u>FIGURA N°18</u> : Merma de plástico	45
<u>FIGURA N°19</u> : Merma de plástico 2020 (%)	54
<u>FIGURA N°20</u> : Merma de plástico 2021 (%)	55
<u>FIGURA N°21</u> : Diagrama de Ishikawa	56
<u>FIGURA N°22</u> : Diagrama de Pareto	65
<u>FIGURA N°23</u> : Value Stream Mapping - VSM actual.....	70
<u>FIGURA N°24</u> : Value Stream Mapping - VSM futuro	73
<u>FIGURA N°25</u> : Coordinando con los jefes de área	74

<u>FIGURA N°26</u> : Entrega de polos al personal	74
<u>FIGURA N°27</u> : Capacitación de los operarios de producción.....	76
<u>FIGURA N°28</u> : Periódico mural con los volantes de cada "S"	76
<u>FIGURA N°29</u> : Tarjeta roja para guarda objetos.....	78
<u>FIGURA N°30</u> : Área ordenada de corte y empaque.....	79
<u>FIGURA N°31</u> : Área ordenada de corte y empaque.....	79
<u>FIGURA N°32</u> : Área ordenada de corte y empaque.....	80
<u>FIGURA N°33</u> : Diagrama de flujo de limpieza de extrusora.....	81
<u>FIGURA N°34</u> : Ganadores de la oficina de producción	84
<u>FIGURA N°35</u> : Ganadores de Control de calidad y recuperado de cobre	85
<u>FIGURA N°36</u> : Diagrama tipo radar de las 5S	85
<u>FIGURA N°37</u> : Ahorro de usaje por cada mes en soles.....	92
<u>FIGURA N°38</u> : Moldes nuevos tipo macho	92
<u>FIGURA N°39</u> : Moldes nuevos tipo hembra	93
<u>FIGURA N°40</u> : Porcentaje de producto no conforme del 2021	97
<u>FIGURA N°41</u> : Porcentaje de producto no conforme del 2022	98
<u>FIGURA N°42</u> : Tiempo de ciclo - 2021	117
<u>FIGURA N°43</u> : Tiempo de ciclo - 2022	118
<u>FIGURA N°44</u> : Disminución de producto para reprocesar del 2021 y 2022.....	121
<u>FIGURA N°45</u> : Merma de plástico 2022 estimado (%).....	122
<u>FIGURA N°46</u> : Merma de plástico 2022 real (%)	123

CAPITULO I: **INTRODUCCIÓN**

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 Breve Historia

El Ingeniero Bruno Mendoza Marsano fundador de Electro conductores Peruanos S.A.C - Elcope, tomo la decision de emprender para ser empresario y apostar por su negocio propio en un terreno propio de 10,000 m²; ubicado en el distrito de Pachacamac, cronologicamente se listan los siguientes eventos historicos:

1985: Se inicia con una fabrica de embutidos

1987: Continua con la fabricacion de prendas de vestir y fracasa por la importacion de productos chinos.

1991: Se aventuro en el mundo de los conductores electricos comprando una pequeña trefiladora y posteriormente una extrusora.

1994: La empresa se encontro en un crecimiento desacelerado; por tal motivo, el ingeniero Mendoza decide vender el 49% de la empresa al empresario Javier Arribas.

2000: Elcope adquiere su propio horno de colada continua

2010: Se incrementa la capacidad de procesamiento llegando a las 20 tn/mes de cobre

2015: Se adquieren maquinaria importada como trefiladoras, binadoras y extrusoras

2021: Se aumenta la capacidad de produccion a 80 tn/mes de cobre.

1.1.2 Identificación y Descripción de la Empresa

Electro conductores Peruanos S.A.C. - Elcope, es una empresa nacional en la fabricación de conductores eléctricos con más de 30 años en el mercado, es una empresa de capital peruano, especializada en la fabricación y comercialización de conductores eléctricos. Ha logrado capitalizar dicha experiencia y conocimiento a través de los años para garantizar la confiabilidad, eficiencia y calidad de sus productos.

Su pensamiento estratégico de crecimiento está basado en el concepto de mejora continua que les permite estar a la vanguardia de las necesidades, exigencias y expectativas de sus clientes, lo que se convierten en aliados seguros y confiables.

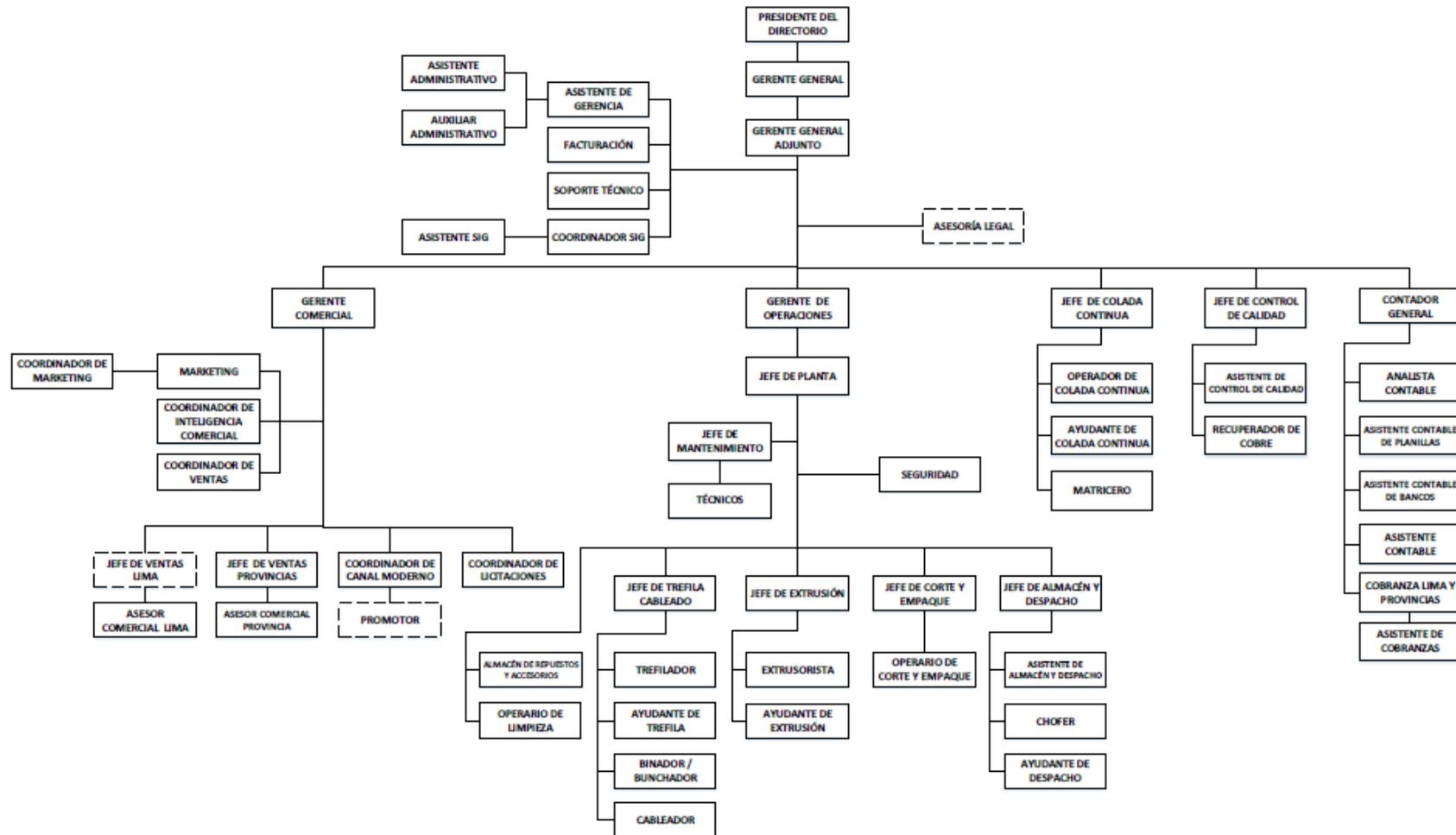
Sus productos se comercializan a nivel nacional e internacional, contando con una planta propia, ubicada estratégicamente en el distrito de Pachacamac, la misma que está equipada con maquinaria de última tecnología, que les permite mantener un control de calidad preciso durante todo el proceso de fabricación del cable. También cuentan con un laboratorio de ensayos propio, de pruebas físicas y eléctricas para garantizar la calidad de sus productos.

1.2 DIAGNOSTICO FUNCIONAL

1.2.1 Organización

El organigrama funcional de la empresa se basa en la división por áreas funcionales, existiendo dos básicas, la gerencia de operaciones y la gerencia de ventas; es decir, áreas donde se procesan y fabrican los productos; y la encargada de la comercialización y la distribución de los productos. Tal como se muestra en la Figura N°1.

FIGURA N°1 : Organigrama funcional de la empresa



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.2 Principios Empresariales

1.2.2.1 Misión

“Diseñar, fabricar y comercializar conductores eléctricos con la mejor calidad, utilizando eficientemente los recursos y la mano de obra calificada, teniendo presente la satisfacción de nuestros clientes y del mercado en general”.

1.2.2.2 Visión

“Ser al 2030 la empresa líder en la fabricación de conductores eléctricos a nivel nacional con la mejor calidad y tecnología innovadora, satisfaciendo las exigencias de nuestros clientes, con la calidad en el diseño, costos competitivos y buscando una mayor participación en los mercados internacionales”.

1.2.2.3 Valores Empresariales

Nuestra cultura organizacional nos conlleva a trabajar con valores

- **Pasión:**
Es el deseo de hacer las cosas bien a pesar de algunas dificultades
- **Responsabilidad:**
Es dar cumplimiento a las tareas de forma oportuna
- **Integridad:**
Hacer las cosas bien aun sabiendo que no está siendo observado
- **Adaptabilidad:**
Capacidad de acoplarse fácilmente a cambios constantes

1.2.3 Portafolio de Productos

La organización satisfaciendo las necesidades del mercado y de los clientes especiales, cuentan con un portafolio de productos que incluye una gran variedad de cables con la más alta calidad para los diferentes sectores del mercado. Su línea de fabricación se dividen en: productos para la construcción e infraestructura, comunicación y telecomunicaciones y aplicaciones industriales.

1.2.3.1 Construcción e Infraestructura

En esta familia de productos se cuentan con la línea más completa de cables para el sector construcción e infraestructura. Su competencia técnica y la calidad de sus productos, les permiten cumplir con todas las normas técnicas de calidad que el mercado exige. De esta manera, ofrecen productos de alto rendimiento, seguros y confiables.

- Cable tipo Soldar
- Cable tipo SET
- Cable tipo SGT
- Cable tipo Sumergible
- Cable tipo XHHW
- Cable Catódico
- Cable tipo NYY

1.2.3.2 Comunicación y Telecomunicaciones

En esta familia de cables para comunicación y telecomunicaciones, disponen de la más alta tecnología en el diseño y fabricación de cables, cumpliendo con las normas técnicas que el mercado exige. Sus cables mantienen un comportamiento óptimo y seguro.

- Cable tipo CCT-B / CCT-S
- Cable tipo CFM - A / - C
- Cable o Alambre tipo FPL-OH
- Cable tipo RG / Coaxial - OH
- Cable tipo TTI - Multipares
- Cable tipo XPT
- Cable tipo UTP Cat. 5E

1.2.3.3 Aplicaciones Industriales

En esta familia de productos para el sector industrial, ofrecen una gran variedad de cables diseñados para satisfacer la demanda nacional de aplicaciones industriales, cumpliendo con las normas técnicas que exigen los diferentes diseños y clientes.

- Cable tipo Desnudo

- Cable o Alambroón tipo TW
- Cable o Alambre tipo THW
- Cable tipo TWT
- Cable tipo CPT
- Cable tipo GPT

1.2.4 Principales Clientes

Anualmente el área SGI se encarga de seleccionar a los 20 mejores clientes a base de las ventas realizadas en cada periodo, con el fin de realizar una encuesta de satisfacción del cliente por lineamiento el sistema de gestión de calidad – ISO 9001. Tal como se observa en la Tabla N°1.

TABLA N°1 : Principales clientes según la venta del 2021

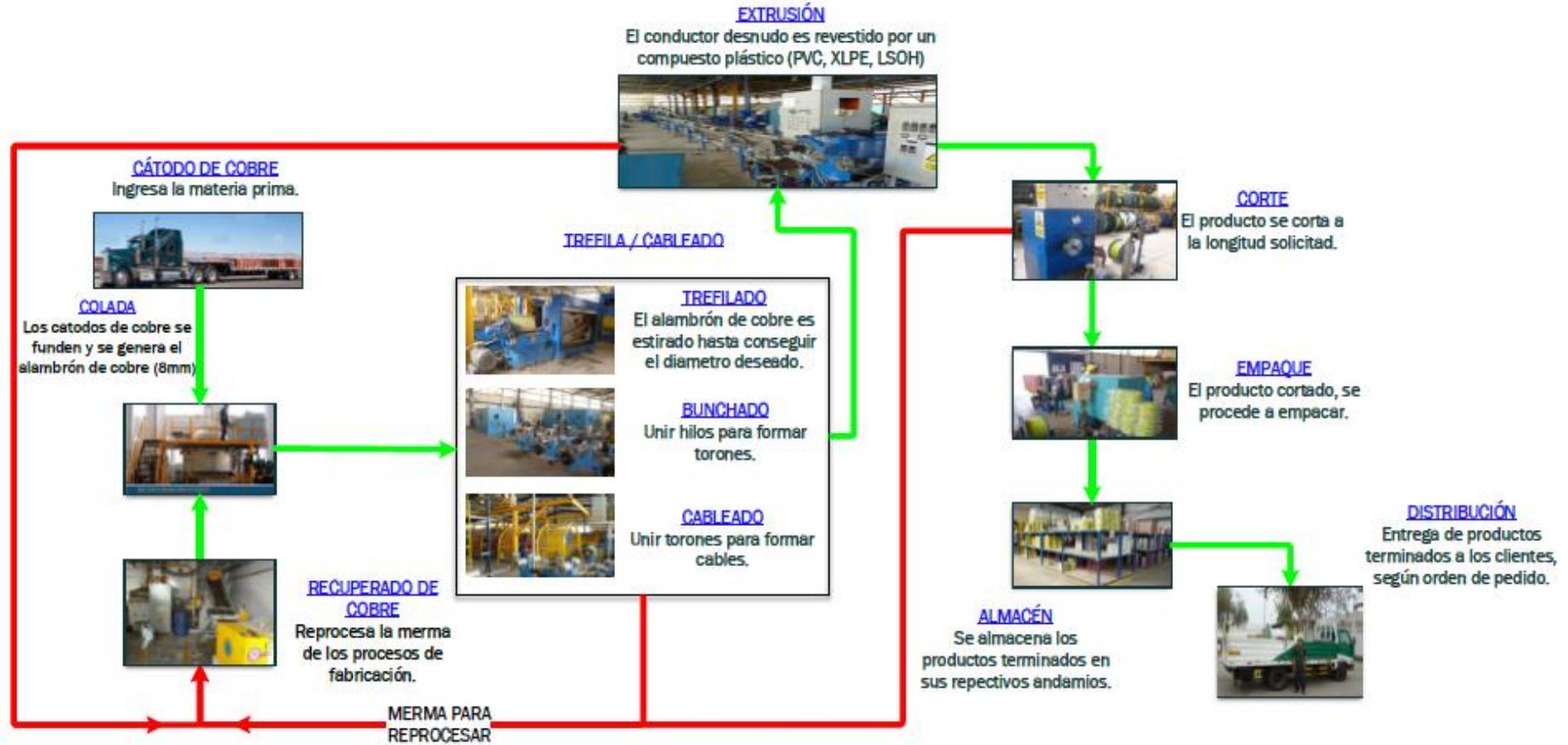
ITEM	DESCRIPCIÓN	VENTAS (\$)
1	Siemens S.A.C.	1,238,642
2	Tiendas del Mejoramiento del Hogar S.A.	884,192
3	TSK Electronica y Electricidad S.A.	724,899
4	Consortio Salud Loreto	590,375
5	Deikon E.I.R.L.	378,356
6	Suministros y Servicios Electricos Selva S.R.L.	342,946
7	Infraestructuras Electricas S.A.C.	302,408
8	Banco de Credito del Peru	301,536
9	Motores Diesel Andinos S.A.	296,795
10	Famesa Explosivos S.A.C.	259,976
11	Industrial Controls S.A.C.	256,176
12	Indutex S.A.C.	255,824
13	Anixter Peru S.A.C.	243,880
14	Indura Peru S.A.	236,360
15	Electro Arteaga S.R.L	235,462
16	Prisontec S.A.C.	233,612
17	Globaltec S.A.C.	231,965
18	ABB Power Grids Peru S.A.	188,011
19	Tecnología Hoyos S.R.L	176,288
20	Exsa S.A.	170,160

Fuente y elaboración: Empresa

1.2.5 Procesos Productivos y Tecnología

El proceso de fabricación de los conductores eléctricos sigue el siguiente diagrama de flujo con línea de color verde; donde, se inicia con el horno de colada continua, luego el alambroón de 8 mm, pasa al área de trefila para disminuir el diámetro, para luego cablear los hilos obtenido y formar el cable desnudo, posteriormente es revestido en el área de extrusión, etc. Mostrado en la Figura N°2.

FIGURA N°2: Diagrama de flujo de los procesos productos



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.5.1 Área de Colada Continua

Este proceso consiste en fundir los cátodos de cobre y luego convertirlos en alambroón de cobre de 8 mm, luego es verificado su desempeño en el área de trefilado. El proceso de fundición por colada continua se inicia cuando se introducen los cátodos de cobre en el horno, al fundirse los cátodos se inserta una barra de cobre, a través de los tubos enfriadores hacia el horno de retención. Luego una barra es insertada y el metal fundido se solidifica sobre la punta, la barra de cobre es jalada hacia la zona superior con pasos continuos de la máquina de tracción controlada con un PLC.

Cuando el alambroón de 8 mm pasa por la máquina de tracción, la punta de arranque es cortada y a partir de ese momento el proceso es automático. El producto final es denominado alambroón de 8 mm, que es enrollado en bobinas con un peso máximo de cuatro toneladas. Mostrado en la Figura N°3.

FIGURA N°3: Horno eléctrico de fundición



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.5.2 Área de Trefilado y Cableado

El trefilado es el proceso de estirado del alambre en frío a través de una serie de matrices conocidas como dados, que tienen la forma cónica que disminuye su diámetro.

Esto se genera a través de una serie determinada de pasos sucesivos, mediante hileras de carbono de tungsteno. La reducción del diámetro de la sección le otorga al material una característica que favorece su calidad y sus características mecánicas.

Inicialmente el proceso es mecánico, se debe poseer un proceso adicional de recocido donde el alambre que sale del último dado de trefilación, se debe someter a un calentamiento para recuperar sus propiedades físicas.

El recocido se realiza aplicando temperatura o efectuando un corto circuito sobre el alambre para alcanzar la temperatura ideal, que garantice que el material recupere sus propiedades mecánicas. Mostrado en la Figura N°4.

FIGURA N°4: Bunchadora modelo 1250



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.5.3 Área de Extrusión

El proceso de extrusión consiste en pasar bajo presión en forma continua, un material termoplástico a través de un orificio, para que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio. En la extrusión de termoplásticos el proceso no es simple, porque durante el mismo, el polímero se funde dentro de un cilindro y posteriormente, es enfriado. Este proceso de extrusión tiene por finalidad, generar protección y aislamiento a los cables eléctricos.

En el proceso de extrusión, se reciben los productos del área de cableado, alambre, cable, cuerda y otros similares, para ser aislados y/o enchaquetados según la necesidad del conductor. El material de aislamiento consistirá en un compuesto peletizado que puede ser: cloruro de polivinilo - PVC, libre de halógenos - LSOH/LSHF, compuesto termoestable de polietileno reticulado - XLPE, compuesto termoestable libre de halógenos y termoplástico polietileno lineal. Tal como se visualia en la Figura N°5.

FIGURA N°5: Línea 1 de extrusión



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.5.4 Área de Corte y Empaque

Este proceso de corte y empaque es el último que se lleva a cabo en la producción de cables eléctricos, mediante el cual se toma el carrete o rollo madre de los cables aislados en el proceso de extrusión y es transformado en bobinas o rollos, los cuales posteriormente va a ser procesados en las máquinas de corte o empacadoras para que se pueda elaborar su empaque final.

Estas bobinas y rollos individuales son cortados de acuerdo con las especificaciones del cliente o al departamento de ingeniería. Luego se traslada al almacén de productos terminados. Mostrado en la Figura N°6.

FIGURA N°6: Horno de empaquetado



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.5.5 Área de Almacén y Despacho

Todo el material producido encaretado y empacado en el área de corte es transferido al almacén de productos terminados. Este está estructurado y planificado para llevar a cabo funciones de almacenamiento tales como: recepción, custodia, conservación, control y expedición de mercancías. Todas estas actividades u operaciones están clasificadas en cuatro procesos operativos:

- ✓ Proceso de recepción de mercancía
- ✓ Proceso de ubicación
- ✓ Preparación o picking
- ✓ Proceso de expedición o despacho

El despacho de mercancías representa el último contacto del producto con el almacén. Es aquí cuando se realiza una verificación documental final. De esta manera se evitan errores y se garantiza que el cliente recibe lo que ha pedido. Tal como se observa en la Figura N°7.

FIGURA N°7: Almacén de productos terminados



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.6 Maquinarias y Equipos

La mayoría de la maquinarias y equipos de la empresa, por tecnología y costos son procedentes de China, y adquiridas con un año de anticipación. Tal como se muestra en la Tabla N°2.

TABLA N°2 : Maquinarias y equipos

ÁREA	CANTIDAD	MAQUINARIAS Y EQUIPOS	
Colada Continua	1	Horno de fundición	M
	1	Balanza de 5 t.	E
Trefilado	1	Trefiladora gruesa	M
	3	Trefiladora intermedia	M
	1	Trefiladora multihilo	M
	3	Trefiladora fina	M
Cableado	4	Cableadora	M
	8	Bunchadora	M
Extrusión	6	Extrusoras	M
	4	Maquina picadillo	M
	6	Impresoras	E
Corte y Empaque	5	Enrolladoras	M
	5	Encarretadores	M
	2	Trensadoras	M
	3	Empacadora	M
	1	Balanza de 3 t.	E
	2	Estocas	E
Almacén y Despacho	3	Unidades de transporte	M
	2	Montacargas 3t y 5t	E
	2	Estocas	E
Administrativa	30	Computadoras	E

Fuente y elaboración: Empresa

1.2.7 Recursos Humanos

Debido al crecimiento de los últimos años, se ha incrementado la necesidad de reclutar más personal calificado en las diferentes áreas, se adjunta resumen en la Tabla N°3 actualizado a diciembre del 2022.

TABLA N°3 : Resumen de personal 2022

PERSONAL	CANTIDAD
Gerencia	2
Marketing	2
Administrativos	6
Asesor comercial	10
Jefes de área	8
SGI	2
Técnicos	10
Operarios	75
Vigilantes	5
Total	120

Fuente y elaboración: Empresa

1.2.8 Mapa de Procesos

El mapa de procesos es importante porque muestra la relación y el despliegue de todos los procesos de la organización, estratégicos, operativos y de apoyo. Tal como se visualiza en la Figura N°8.

FIGURA N°8: Mapa de procesos



Fuente y elaboración: Empresa

1.2.9 Cadena de Valor de Porter

Describe la cadena de valor de las actividades primarias y como se genera valor, también se visualiza la interacción que ejercen las actividades de soporte sobre cada una de las actividades. Mostrado en la Figura N°9.

FIGURA N°9: Cadena de valor de Porter



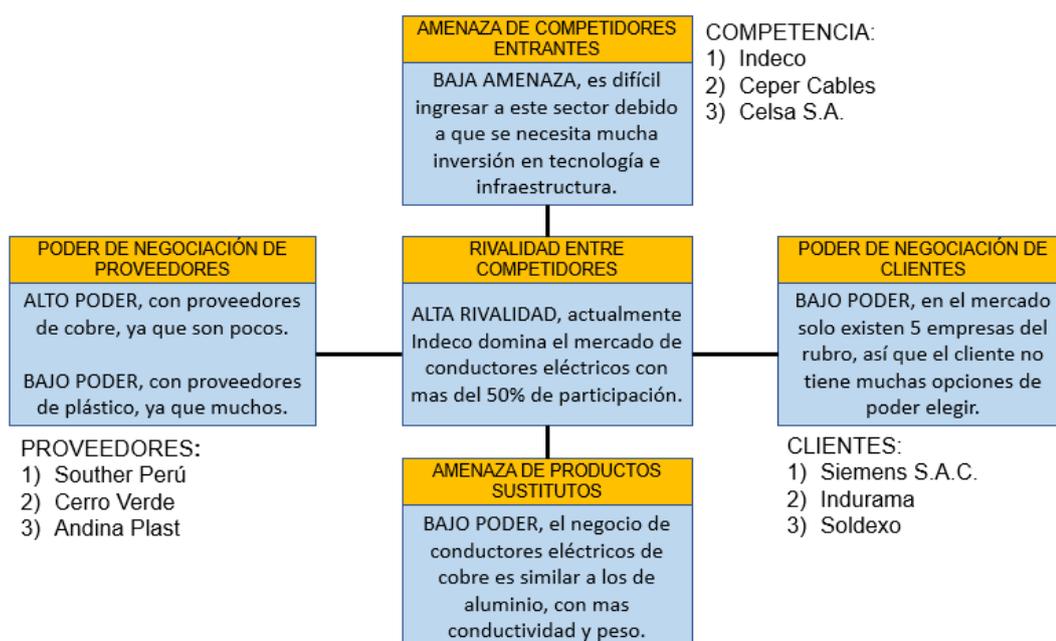
Fuente y elaboración: Empresa

1.2.10 Cinco Fuerzas de Porter

Michael Porter cambio de manera radical el enfoque hacia la industria y el análisis competitivo, luego de amplios estudios llego a la conclusión que el potencial de ganancias de una industria está determinado en gran medida por su intensidad generada por la rivalidad competitiva en su industria.

Esta rivalidad se puede explicar y detallar en términos de las 5 fuerzas de Porter. El cual se visualiza en la Figura N°10.

FIGURA N°10: Las 5 Fuerzas de Porter



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

1.2.11 Equipo Implementador

El equipo implementador, se encarga de la elaboración del planeamiento estratégico, usualmente es el gerente general quien selecciona a este personal de confianza y lo lidera, está integrado por, el gerente general adjunto, gerente comercial, gerente de operaciones, jefe de planta, jefe de colada continua, jefe de control de calidad, contador general y coordinador SGI,

1.3 PROBLEMÁTICA

Debido al incremento de la demanda del mercado nacional de conductores eléctricos de los últimos años, la empresa ha tenido que incrementar su capacidad de producción; sin embargo, también ha aumentado el porcentaje de merma de plástico, tal como se puede verificar en las Tabla N°4, lo que traducido a costos significa material y dinero desperdiciado, adicionando que esta merma genera mayor contaminación ambiental.

TABLA N°4 : Costo de merma en el 2020 y 2021

N°	INDICADORES DE PROCESOS	AÑO 2020 Real	AÑO 2021 Real
1	Merma de plástico (tn)	34.1	38.5
2	Costo de plástico (S/ /tn)	6,800	6,800
3	Costo de merma de plástico (S/)	S/ 231,540	S/ 261,868
4	Máximo permitido - 4% (tn)	28.0	33.6
5	Exceso de merma (tn)	6.1	4.9
6	Costo de exceso de merma (S/)	S/ 41,140	S/ 33,388

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Conocer la influencia de la aplicación Lean Manufacturing para reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conocer la influencia de la aplicación del planeamiento de la producción para reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.
- Conocer la influencia de la aplicación de los procesos para reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.
- Conocer la influencia de la aplicación del Just in time y del SMED en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis General

La aplicación Lean Manufacturing influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- La aplicación del planeamiento de la producción influye en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.
- La aplicación de los procesos influye en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.
- La aplicación del Just in Time y el SMED influyen en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.

1.6 METODOLOGÍA

1.6.1 Tipo de Investigación

La investigación es de: tipo aplicada, porque sus resultados son utilizados inmediatamente en la solución del problema de merma de plástico.

1.6.2 Tipo de Diseño de la Investigación

El diseño empleado en la presente investigación es: no experimental, porque no habrá manipulación de las variables para determinar la eficacia en la reducción de la merma.

1.6.3 Nivel de Investigación

Es Explicativo, porque determinan la causa de la merma y explica por qué ocurre la merma de plástico, descriptivo, histórico y correlacional.

1.6.4 Métodos de Investigación

1.6.4.1 Métodos cualitativos:

Observación no estructurada aplicada en los procesos; se visitarán las instalaciones de la empresa para registrar los procesos de fabricación de conductores eléctricos. Así, se podrá definir el flujo de los procesos e identificar los puntos críticos. Los cuales se encuentran dirigido a los operarios

y a los jefes de operaciones.

1.6.4.2 Métodos cuantitativos:

Se usará datos de los diferentes procesos productivos que afecten al objetivo de la presente tesis, luego se procesará y se utilizará la información para definir las diferentes actividades de mejora de la calidad.

1.6.5 Población

La población de los conductores eléctricos a estudiar está determinada por la cantidad de cables fabricados diariamente desde el mes de abril hasta diciembre del 2022. De esta manera se podrá determinar la merma generada en cada producto y realizar las mejoras del sistema de control.

1.6.6 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

Debido a que se está realizando una investigación No Experimental, se utilizara un formato de recopilación de datos, donde se registrara y analizara los datos para generar información.

El formato de recolección de datos de la presente investigación es:

- Formato de auditoría, se busca recopilar datos
- Formato de colección

1.7 **INDICADORES**

Los indicadores iniciales de los procesos productivos a considerar en esta investigación son:

- Demanda mensual
- Disponibilidad de maquina
- Errores de procesos
- Mantenimiento programado
- Flujo continuo
- Inventario de seguridad
- Merma de revestimiento
- Merma de aislamiento
- Merma de cobre

CAPITULO II: **MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

- 2.1.1 ARTÍCULO: “PROPUESTA DE UN MODELO SMED ERGONÓMICO INNOVADOR EN UNA UNIDAD INDUSTRIAL DE RESORTES DE ACERO AUTOMOTRIZ”, MARIA ALFONSO & ANA TERESA GABRIEL & RADU GODINA, 2022, REVISTA ELSEVIER, LIMA – PERU.

Debido al proceso de la globalización, la alta competencia y las exigencias de un mercado en constante dinamismo, las empresas se esfuerzan por adoptar medidas para incrementar su productividad, entre las que se destaca el Lean Manufacturing. Si bien este conjunto de estrategias permite optimizar la producción mediante la reducción de desperdicios, la revisión de la literatura mostró que, en varias organizaciones, la implementación de Lean no refleja impactos positivos en la productividad. Con frecuencia se relaciona con la naturaleza superficial del enfoque: se aplican las herramientas y los métodos, pero comúnmente se descuidan las repercusiones en los trabajadores.

En respuesta, las empresas buscan implementar políticas de gestión de riesgos para evaluar los factores de riesgo de lesiones para los operadores durante la ejecución de tareas. Este estudio destaca la importancia de integrar los principios de Lean Manufacturing y Ergonomía en las organizaciones para aumentar la productividad y mejorar las condiciones de trabajo simultáneamente. Por lo tanto, mediante la identificación de oportunidades de mejora utilizando la herramienta VSM, este trabajo tiene como objetivo

implementar un modelo de intervención innovador y sistemático, que permite la aplicación integrada de Single-Minute Exchange of Dies – SMED, y el análisis ergonómico en una fábrica metalúrgica. Para ello, se propone el innovador Modelo Ergonómico SMED - ESMED, que consta de seis pasos, que en este estudio se centran en las operaciones de configuración de una máquina de moldeo y al incluir Rapid Upper Limb Assessment - RULA, Rapid Entire Body Assessment - REBA, índice de tensión laboral - JSI, métodos de indicadores clave - KIM y métodos del modelo de Shoaf. Con base en los resultados obtenidos, es posible evidenciar la utilidad y efectividad del modelo propuesto en este escenario, destacando la reducción del 55% en el tiempo de preparación y la extrema atenuación del nivel de riesgo de Trastornos Musculoesqueléticos Relacionados con el Trabajo - WMSDs en los trabajadores.

2.1.2 ARTÍCULO: “EVALUACIÓN DE LAS SINERGIAS ENTRE LEAN MANUFACTURING E INDUSTRIAS 4.0”, JORDI FORTUNY SANTOS & PATXI RUIZ DE ARBULO LÓPEZ & ITZIAR LUJÁN BLANCO & PIN KOU CHEN, 2020, REVISTA DIRECCIÓN Y ORGANIZACIÓN, BILBAO – ESPAÑA.

Lean Manufacturing ha sido durante años un paradigma exitoso que conduce a las empresas a la excelencia operativa. Sin embargo, los cambios en el mercado que requieren una personalización en masa barata parecen estar más allá del alcance de la fabricación ajustada, que se basa en más estables horarios. Mientras tanto, la Industria 4.0 aparece como uno de los enfoques más prometedores para enfrentar los desafíos futuros en la fabricación. Entornos a través de la automatización y el intercambio de datos gracias a los sistemas ciber físicos y al Internet de las Cosas. La relación entre la manufactura esbelta y la Industria 4.0 atrae a académicos de administración y la cantidad de contribuciones que pueden encontrarse en la literatura está aumentando rápidamente. Sin embargo, la falta de implementaciones reales conduce a trabajos conceptuales basados en resultados hipotéticos sobre una serie de aspectos.

El objetivo de este trabajo de investigación es explorar y evaluar, a través de una revisión sistemática de la literatura hasta septiembre de 2019, trabajo previo centrado en la relación y los vínculos entre la manufactura esbelta y la Industria 4.0, con el fin de comprender si la manufactura esbelta y la Industria 4.0 se pueden integrar para lograr sinergias entre los dos enfoques. Además, una bibliometría se realiza el estudio.

Aunque se consideran posibles diferentes escenarios, la mayoría se relaciona con herramientas lean mejoradas con información en tiempo real. La mayoría presenta una evolución consistente. La manufactura esbelta ofrece procesos estables donde la automatización y la digitalización se puede implementar con éxito. De lo contrario, las nuevas tecnologías no podrán aprovechar al máximo los procesos mal gestionados. El papel de los empleados no se ha abordado en la literatura revisada.

2.1.3 ARTÍCULO: “MEJORA EN EL PROCESO DE CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA USANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA Y OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICA”, JUAN CARLOS LUQUE HUANCA & JONATAN EDWARD ROJAS POLO, 2021, REVISTA LACCEI, LIMA – PERU.

El sector textil y de confecciones peruanas viene compitiendo con empresas de Asia y Centroamérica, las cuales han ganado mercado peruano con sus productos que tienen menor precio. Esta pérdida de mercado es el resultado de la falta de productividad y competitividad en la cadena productiva peruana. La manufactura esbelta involucra diversas herramientas para el incremento de productividad que han dado resultados exitosos en múltiples organizaciones.

La manufactura esbelta es reconocida por su aplicación a sistemas de producción y los resultados que obtiene tras su correcta implementación. El objetivo de la presente investigación fue incrementar la productividad de una pequeña empresa ubicada en la ciudad de Juliaca dedicada a la confección de ropa deportiva mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta y optimización matemática.

El procedimiento de diagnóstico de la situación actual comprende la elaboración del mapeo de flujo de valor, establecimiento de principales

indicadores, identificación de actividades que agregan y no agregan valor e identificación de procesos cuello de botella. Ante los principales problemas, se encontró la causa – raíz preguntando 5 veces por qué; luego se identificó las herramientas de solución a los problemas. Entre las herramientas aplicadas se tiene las 5S's, estandarización y programación de operaciones.

Finalmente, los resultados de la implementación de las herramientas mencionadas dieron una mejora en la reducción del tiempo de proceso de corte o cuello de botella, de 50 minutos. Esta reducción se traduce en incremento de la capacidad de producción de 4 unidades por día es decir el 12% de capacidad.

2.1.4 ARTÍCULO: “LEAN MANUFACTURING: 5S Y TPM, HERRAMIENTAS DE MEJORA DE LA CALIDAD, CASO EMPRESA METALMECÁNICA EN CARTAGENA”, MARTHA SOFÍA CARRIO LANDAZÁBAL, 2018, REVISTA SIGNOS VOL. 11, CARTAGENA – COLOMBIA.

Todo proceso de mejora continua debe promover que las condiciones de trabajo se presenten de manera que las pérdidas de operatividad, los retrasos o cualquier falla se reduzcan paulatinamente, de modo que el aprovechamiento de los recursos esté lo más cercano al óptimo.

Por ello se ha trazado como objetivo principal en este estudio establecer una propuesta de implementación de Lean Manufacturing por medio del uso de herramientas de producción esbelta y de confiabilidad de procesos, de modo que se promueva la búsqueda del beneficio mutuo en el aprovechamiento de oportunidades de mejora y optimización de recursos y procesos.

Para tal hecho, se hicieron mediciones del sistema actual versus el propuesto o mejorado de manera que se facilitara la operación, el manejo de las rutinas de trabajo, el ambiente físico de las instalaciones y se elevara la motivación de todos en la empresa. Este tipo de investigación se presenta de manera descriptiva diseñado a base de las herramientas Lean Manufacturing como las 5S y herramientas de mantenimiento en confiabilidad a través de sus conceptos y del uso del software Weibull ++6.

2.1.5 ARTÍCULO: “APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA VALUE STREAM MAPPING A UNA EMPRESA EMBALADORA DE PRODUCTOS DE VIDRIO”, ANDRÉS MAURICIO PAREDES RODRIGUEZ, 2017, REVISTA GRUPO DE LÚDICAS APLICADAS A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS, CALI – COLOMBIA.

En el entorno empresarial las herramientas de Lean Manufacturing tiene mayor aplicación como metodologías amigables para cualquier tipo de empresa, en este artículo se utilizará el Value Stream Mapping en una empresa que se dedica a embaladora de productos de vidrio, con el objetivo de identificar las oportunidades de mejora y además eliminar aquellas actividades que no generan valor agregado al producto final.

Al finalizar esta investigación se pudo lograr conocer la importancia de la relación que existe entre los subprocesos que influye directamente en el sistema de producción, en el presente documento ya se están ejecutando las acciones definidas en el plan propuesto para mejorar los procesos de fabricación de la compañía, para ahorrar los recursos de esta.

2.1.6 LIBRO: “LEAN MANUFACTURING PASO A PASO”, LUIS VICENTE SOCCONINI PÉREZ GÓMEZ, 2019, EDITORIAL MARGE BOOKS, 1RA EDICIÓN, BARCELONA - ESPAÑA.

Este libro es práctico, ameno y didáctico para quienes se inician en la cultura Lean. El lenguaje utilizado en las técnicas y herramientas permite comprender el sistema de gestión Lean Six Sigma con facilidad y, además, establece una metodología adaptable a cualquier proceso de mejora.

Desde el conocimiento detallado de los procesos, Lean Manufacturing incentiva la innovación, la disciplina y la búsqueda continua de la excelencia, mediante herramientas que mejoran la efectividad de los equipos, los tiempos de entrega y, en conjunto, la capacidad y competitividad de las empresas.

Paso a paso, es un libro que permite descubrir y aplicar técnicas de control de materiales y de producción que incrementan la calidad, mejoran la comunicación y el acceso a la información y aportan reducciones significativas de energía.

El sistema Lean Manufacturing ofrece una metodología para la manufactura y la administración de las organizaciones enfocada a la mejora continua, en línea con las necesidades de eficiencia y optimización de los recursos de las empresas.

2.1.7 LIBRO: “LEAN MANUFACTURING HERRAMIENTAS PARA PRODUCIR”, MANUEL RAJADELL CARRERAS, 2021, EDITORIAL DIAZ DE SANTOS, 2DA EDICIÓN, MADRID - ESPAÑA.

Este libro pretende mostrar la manera de "hacer más y más con menos y menos de forma diferente". El objetivo en una organización no es la reducción de los costos, sino la disminución del despilfarro y en el mejor de los casos su eliminación, es decir toda aquella actividad que no aporte valor añadido, lo que implica de forma directa la reducción de los costes y la mejora de la cuenta de resultados. El pensamiento Lean Manufacturing integra una serie de herramientas para llevar a cabo este propósito.

Las empresas necesitan incorporar la excelencia en la función de producción para ser más competitivas en un mundo globalizado. La necesaria formación en esta área de conocimiento permitirá avanzar en esta dirección de vital importancia, y las herramientas lean pueden ejercer una notable contribución en este objetivo. En este libro se exponen dichas herramientas de una manera amena y cohesionada de principio a fin. En la elaboración de los contenidos se ha tenido en cuenta que, lo importante es pasar de la teoría a la práctica. Para satisfacer este requerimiento se han incluido ejemplos, rutinas de comportamiento y casos reales, que pueden servir de modelo o guía para liderar y desarrollar una implementación real.

2.1.8 LIBRO: “ESTRATEGIA Y OPERACIONES ESBELTAS CAMINO DIRECTO A LA SUPERVIVENCIA Y DESARROLLO DE NUESTRAS EMPRESAS”, ALBERTO NOVAU & ALEX SUÁREZ, 2020, EDITORIAL DIGITAL TECNOLÓGICO DE MONTERREY, 1RA EDICIÓN, MONTERREY - MÉXICO.

Esta obra se centra en el estado del arte sobre el cual se enmarca la filosofía esbelta y la conceptualización de un modelo de implementación de Lean Manufacturing referente al pensamiento esbelto, estructurado a base del sistema de producción Toyota, cuyo alcance de excelencia operacional

abarque a cualquier sistema de producción y servicio y cuya practicidad se sostenga tanto en la actualidad, como en el futuro; permitiéndonos posicionarnos competitiva y rentablemente en mercados volátiles, globalizados y personalizados.

El tema central de este libro radica en la necesidad de compartir experiencias sobre know-how, característico de la ingeniería automotriz. Esta publicación se enfoca en la practicidad de la aplicación a la realidad de las actividades empresariales en existentes en todo tipo de industrias

2.1.9 LIBRO: “LEAN MANUFACTURING: INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO PARA GESTIONAR DE MANERA EFICIENTE LA MEJORA CONTINUA, FRANCISCO ANDRES ASENSI, 2017, EDITORIAL CREATESPACE INDEPENDENT PUBLISHING PLATFORM, 1RA EDICIÓN, VALENCIA - ESPAÑA.

El autor destaca que los principales objetivos al implementar esta filosofía, permite mejorar los procesos productivos, reducir costos, incrementar la satisfacción de los clientes para mejorar las utilidades en las empresas. Para saber si se está llevando un buen control es importante utilizar los KPI's del sistema de gestión Lean Company es maximizar el potencial de las personas y empresas. Para ello integra las mejores metodologías, herramientas y prácticas en un modelo integrador con el que, de manera muy sencilla y práctica, se incrementa el desarrollo de empresas e instituciones para hacerlas más eficientes y productivas, con resultados medibles.

Este es un manual de ideas innovadoras acerca de la planificación de estrategias, de cómo se deben diseñar las estructuras organizacionales para mejorar la comunicación, la toma de decisiones y la manera de capacitar a cada persona para lograr su máximo potencial en el trabajo y, sobre todo, su satisfacción personal.

El sistema Lean Company ofrece recursos prácticos para desarrollar acciones que permiten mantener y elevar el desempeño, y una metodología para desarrollar ciclos de aprendizaje y reaprendizaje, con los que los equipos logran la habilidad de mejorar continuamente en un ciclo sin fin.

2.1.10 LIBRO: “MEJORA CONTINUA DE PROCESOS, 2020, EDITORIAL MARGE BOOKS, 3RA EDICIÓN, BARCELONA- ESPAÑA.

El autor del libro pregunta si su empresa o su departamento se ha enfrentado a problemas tales como: retrasos en las entregas de producto, ¿errores en los procesos de producción, accidentes y áreas de trabajo sucias y desorganizadas? ¿Conocer que el secreto de tener una empresa productiva se encuentra en la limpieza y el orden con el que se trabaje?

El proceso de las 5'S en acción, es una metodología japonesa para mejorar la calidad y la productividad de cualquier tipo de empresa, muestra el sistema con el cual su compañía alcanzará un alto grado de desempeño.

Al implementar el proceso de las 5'S su empresa conseguirá beneficios significativos a través de conceptos sencillos, prácticos y económicos con los que logrará mantener un lugar de trabajo organizado, limpio, seguro y, sobre todo, productivo.

En este libro encontrará las bases y el sistema para aplicar de la manera más fácil el proceso y sus principios claves.

2.1.11 TESIS DE GRADO: “APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING PARA LA MEJORA DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE HILO ACRILICO EN UNA EMPRESA TEXTIL”, AUTOR: JESUS ANTONIO CAPUÑAY SIFUENTES, 2020, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, LIMA – PERU.

Esta tesis de grado se elaboró tomando en consideración a la empresa textil XYZ, dedicada a la fabricación de hilo acrílico; la cual se fundó hace más de 50 años, se verificó la necesidad de mejorar sus procesos de fabricación para incrementar la demanda nacional e internacional. Se describe y analiza todos los procesos involucrados en la fabricación del hilo acrílico 2/32 Tacto algodón - TQ ALG -, para lo cual se hace uso de la herramienta básica de Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, para realizar el diagnóstico y obtención de la línea base, para encontrar el área crítica del proceso de

fabricación; y con ello evaluar la propuesta de mejora planteada en la presente tesis de investigación.

El desarrollo de la propuesta de mejora busca cuantificar el impacto de la aplicación de la estandarización de operaciones en el área crítica identificada; como el proceso de retorcido, el cual se realiza en un tiempo de ciclo inicial de 22.67 s/kg, realizándose: análisis del método de trabajo actual; reorganización de actividades del proceso; elaboración y evaluación de plan piloto. Se logró reducir el tiempo de ciclo a 20.63 s/kg; lo que representa un incremento de producción diaria de 329.78 kg que equivale a un aumento en la productividad de 9.89 % de kilogramo por turno.

El autor recomienda que el plan de mejora propuesto se tome como punto de partida y se complemente con otras herramientas propias del Lean Manufacturing para obtener mayor eficiencia del proceso y que el modelo planteado sea aplicado en el siguiente proceso con tiempo de ciclo mayor, en este caso es el área de Madejeras; de esta manera se continua la búsqueda de nuevas oportunidades de mejora para la obtención de un mejor aprovechamiento de los recursos para fabricación de hilo acrílico.

2.1.12 TESIS DE GRADO: “LEAN MANUFACTURING PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CALZADO PARA DAMAS”, AUTOR: JOSE LEONARDO BERMEJO DIAZ, 2019, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, LIMA – PERU.

El presente trabajo de investigación se realizó en una empresa manufacturera de calzado de cuero para damas con el objetivo de mejorar el proceso de fabricación a través de la eliminación de despilfarros, para este fin se hizo uso de la metodología Lean Manufacturing con las siguientes herramientas, 5S, Jidoka, Kanban y SMED. Debido a la simplicidad de la metodología y su adaptabilidad, se puede usar en cualquier tipo de empresa y sobre todo porque se centra en mejorar los procesos y optimizar los recursos.

Como primer paso se definió el problema de la investigación, referido al proceso de fabricación inadecuado que genera pérdidas debido a los continuos retrasos, los cuales vienen precedidos por los problemas de mala

calidad, tiempo de abastecimiento y productividad. También se definieron las justificaciones, el objetivo general y los objetivos específicos.

En el análisis de los procesos productivos se evidenció que el proceso crítico es el del armado, por lo cual fue seleccionado para la implementación de la metodología Lean Manufacturing. El análisis de los índices del proceso de armado, indicó que no se cumplían las metas establecidas y que es el cuello de botella para los procesos posteriores, lo que permitió identificar plenamente los despilfarros, como: tiempo de espera, sobre proceso, defectos y movimientos innecesarios.

La presente tesis permitió demostrar los beneficios que brinda la metodología Lean Manufacturing y aspira a ser un punto de referencia para futuras investigaciones.

2.1.13 TESIS DE GRADO: “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA APLICANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA LINEA DE ACABADOS DE CONSTRUCCION, EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS PLÁSTICOS”, AUTOR: SHARON GIANELLA SASCO BLANCO, 2019, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU, LIMA – PERU.

La tesis revisada tiene como principal objetivo mejorar el proceso de producción de la línea de acabados de construcción, en una empresa fabricante de productos plásticos; a través del desarrollo de una metodología basada en el análisis, diagnóstico y propuestas de mejora para lograr indicadores de eficiencia, por medio de la aplicación de herramientas de la filosofía de Lean Manufacturing, con la finalidad de optimizar los procesos productivos, uso de equipos y de los recursos humanos.

La tesis se inicia con el desarrollo de las herramientas de la Manufactura Esbelta que, según el diagnóstico obtenido, serán aplicadas y desarrolladas como propuestas de mejora. En el Capítulo 2 se describe a la empresa, sus principales procesos y productos para la elaboración de sus productos plásticos. En el Capítulo 3 se desarrolla el diagnóstico del sistema productivo actual de la empresa, usando la aplicación de los pilares de la Manufactura Esbelta y la identificación de los desperdicios, a base de lo

diagnosticado, se procede a la aplicación de herramientas que conducen a mejoras como: SMED, 5S, Mantenimiento Autónomo y Andon.

En el Capítulo 5 se ejecuta un análisis del impacto económico debido a las propuestas de mejora, por medio de la evaluación del TIR y VAN obtenidos, los cuales resultaron 85% y 25,427.42 soles respectivamente, los cuales son indicadores de la viabilidad económica de la implementación propuesta.

2.1.14 TESIS DE GRADO: “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA DE CONFECCIONES DE PRENDAS FEMENINAS MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA Y UN SISTEMA TECNOLÓGICO RFID”, AUTOR: ANDREA BLANCA DEL ROSARIO GALLARDO HUAMANÍ, 2019, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU, LIMA – PERU.

Este trabajo tiene como finalidad mejorar el proceso de fabricación de las prendas femeninas en una empresa del rubro textil. Actualmente existe una competencia creciente con la Fast-Fashion y el poco crecimiento que presenta esta empresa, el cual ha generado grandes pérdidas que ocasionaron el cierre de 2 boutiques al finalizar el año; por tal motivo, es urgente realizar un análisis del sistema de producción mediante el lean manufacturing y un sistema tecnológico RFID.

Se inicia el proceso de optimización con el análisis del Value Stream Mapping – V.S.M del área del sistema de producción de la empresa identificando problemas y los principales desperdicios, logrando diagnosticar actividades por mejorar, a las se les aplicara los métodos de solución de problemas: tormentas de ideas, matriz causa y efecto, diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto. Estos permiten determinar las causas raíces relacionadas mayoritariamente con la mano de obra y el medio ambiente de la planta de producción, con las cuales se conseguirá reducir tiempo y mejorar la calidad de los productos a base de la filosofía Lean. Para lo cual es necesario aplicar las herramientas como 5S, TPM, Gestión visual.

En términos cuantitativos, la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta debido a la disminución de horas extras representa un

ahorro monetario de S/. 5384.5 y la recuperación de un 96% de mermas. Asimismo, la automatización de procesos con la tecnología RFID permite disminuir tiempo de operación de inicialmente 24 a 4 minutos generando ahorros de S/. 348.75. El análisis de mejora con la implementación de las 5S y la tecnología RFID genero el impacto financiero obtenido y los beneficios económicos esperados, la autora concluye que el proyecto es factible en el área de producción para la línea de sacos sastres con un VAN de S/. 10,760 y una TIR de 32.28%.

De igual manera se indica que es necesario capacitar al personal al inicio del programa sobre los beneficios y la importancia de las propuestas logrando direccionar su comportamiento hacia una filosofía de mejora continua involucrándolo en el proceso.

2.1.15 TESIS DE GRADO: “APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA QUE FABRICA TUBERIA DE POLIESTER”, AUTOR: SERGIO NICOLAS HAYTARA MAYHUA, 2019, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, LIMA – PERU.

El presente trabajo se enfoca en la implementación de Lean Manufacturing para aumentar la productividad en una empresa que fabrica tuberías de poliéster a través de la reducción de desperdicios que se generan dentro del sistema de producción, siendo el índice de productividad inicial de 5.6 unidades por turno, lo cual estaba muy por debajo de la capacidad de planta establecida por la empresa.

La implementación del Lean Manufacturing se desarrolló con la aplicación de herramientas como las 5Ss, SMED, trabajo estandarizado y desarrollo de personal polivalente, mediante las cuales se obtuvo una planta de producción más ordenada y limpia, además se eliminaron y redujeron actividades que no agregaban valor al proceso, todo esto logró aumentar el índice de productividad a 7.9 unidades por turno, representando un incremento del 41% respecto al estado inicial de la planta de producción.

2.2 TEORIA Y METODOLOGÍA DE REFERENCIA

2.2.1 Definición de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es un modelo de gestión que consiste en identificar y eliminar los desperdicios que no agregan valor a las actividades productivas en la fabricación de cualquier producto o servicio. La principal razón de la aplicación de esta metodología es optimizar los recursos de una organización mediante la mejora continua.

Según (Novau, 2020), Lean Manufacturing se inició hace varias décadas en la industria automotriz con las empresas Toyota y Ford los cuales han ido corrigiendo y mejorando con el transcurso de los años dando mejores resultados. La ventaja de esta metodología es que es usada en cualquier tipo de empresa, independiente de su tamaño. El trabajo del equipo a cargo del proyecto es adaptar este modelo a la realidad de la empresa y lograr los objetivos planificados de la organización. El éxito de la implementación radica en el liderazgo, experiencia y compromiso del equipo asignado en esta labor.

El pilar más importante para maximizar las ventas es reduciendo cualquier tipo de desperdicio encontrado en cualquier fase del proceso productivo. Por último, esta metodología continuara perfeccionándose y aumentara la necesidad de ser aplicadas a mas empresa cada vez más competitivas, (Mandariaga,2021).

2.2.2 Desperdicios o Muda

Las palabras muran, muri y muda, también conocidas como las 3 Ms provienen de una filosofía japonesa llamada Kaizen, la importancia radica en identificar y eliminar todo tipo de desperdicio para lograr una mayor rentabilidad en cualquier empresa

Según (Ohno,1991), introdujo los 7 conceptos de desperdicios que existe en todo tipo de empresas:

2.2.2.1 Transporte:

El transporte de materiales es una actividad que no genera valor agregado al producto, dado que genera retrasos en los tiempos y por

lo tanto aumenta los costos; sin embargo, en ocasiones es necesario en la producción.

2.2.2.2 Espera:

Es el tiempo innecesario que transcurre cuando alguien está detenido a la espera de materia prima, productos en procesos, producto terminado, disponibilidad de maquinaria, algún documento, etc.

2.2.2.3 Movimiento:

Es el desplazamiento innecesario que realizan las personas y/o equipos dentro de la organización originando retrasos en la producción.

2.2.2.4 Inventarios:

Son todos aquellos materiales que se encuentran en los almacenes, tales como: componentes, materias primas, productos en procesos, productos terminados, maquinarias, equipos, herramientas y repuestos en general, que serán utilizados en las diversas actividades de los procesos productivos.

2.2.2.5 Sobre procesamiento:

Cuando no se cumple con el manual de operaciones de procesos, no se cumple con los planos y especificaciones técnicas, se detectan los hallazgos que luego se convierten en defectos de fabricación, entonces para dar conformidad a estos productos, se generan sobre procesamientos, lo cual no añade valor al producto, porque requiere de mano de obra y disponibilidad de máquina adicional para su corrección.

2.2.2.6 Sobre producción:

Es la producción adicional de la demanda programada y solicitada, lo que genera pérdidas económicas porque requiere mano de obra, disponibilidad de maquinaria innecesaria y además retrasa la producción de los otros pedidos.

2.2.2.7 Defectos:

Son aquellas fallas que ocurren constantemente en los procesos de fabricación y que produce sobre procesamiento originando altos costos

para la empresa, es importante contar con un buen sistema de control para evitar este procesamiento innecesario.

2.2.2.8 Talento mal empleado:

Actualmente el talento mal empleado es considerado un desperdicio porque no aprovecha todas las capacidades cognitivas y técnicas del empleado en un puesto laboral no idóneo.

2.2.3 Principios de Lean Manufacturing

La filosofía de Lean Manufacturing está basado en 5 principales principios:

2.2.3.1 1er. Principio: Identificar Beneficios para el Cliente

La importancia de este principio es conocer cuál es el valor agregado que los clientes aprecian de un producto o servicio, para así realizar las optimizaciones correspondientes y maximizar las utilidades.

2.2.3.2 2do. Principio: Identificar la Cadena de Valor

Este principio consiste en identificar gráficamente todos los procesos en donde intervienen los proveedores, clientes y planta de producción, cuya importancia radica en reconocer todos los desperdicios para así aplicar la mejora continua.

2.2.3.3 3er. Principio: Las Etapas de Creación de Valor se Enlazan en un Flujo

Este principio está basado en garantizar un flujo continuo que permite una producción constante logrando excelencia en la fabricación; en otras palabras, realizar la pieza adecuada, en el momento adecuado y en la cantidad adecuada.

2.2.3.4 4to. Principio: Aplicar el Principio Pull

Este principio está relacionado directamente a la demanda de los clientes para no generar sobre producción. El sistema Pull brinda un enfoque alternativo porque solo produce estrictamente en función a lo que los clientes necesiten.

2.2.3.5 5to. Principio: Perseguir la Perfección

Este último principio se refiere a la mejora continua, ya que esto permite optimizar los procesos cada vez más, generando mayor rentabilidad a la organización.

2.2.4 Value Stream Mapping - VSM

El mapeo de valor consiste en representar gráficamente la situación actual y futura, de cualquier proceso productivo, mostrando el flujo de información y de materiales, también permite visualizar todas las actividades que generan valor agregado al producto, también se puede observar las actividades donde existe algún tipo de desperdicio para poder realizar las mejoras correspondientes.

Para realizar una correcta aplicación de esta herramienta es importante que el equipo de trabajo acopie todos los datos operativos en la planta, y no considere los datos antiguos, ya que esto no ayudara a un buen análisis de la toma de datos, esta herramienta se considera como la base para el primer paso en la implementación de Lean Manufacturing.

Incluye (Socconini, 2019) cinco pasos necesarios para realizar el VSM: la selección de la familia de productos, cálculo de las métricas del producto, el mapeo estado actual, mapeo del estado futuro y las acciones a implementar.

2.2.4.1 Selección de la Familia de Productos

Para iniciar con la gráfica de la cadena de valor es importante seleccionar correctamente la familia de productos idóneos, esta elección debe compartir la mayor cantidad de procesos y operaciones, ya que será una muestra representativa de todos los productos que se fabrican en la empresa. Para lograr lo mencionado se debe elaborar la Tabla N°5.

TABLA N°5 : Selección de familia de productos

		PROCESOS						
		1	2	3	4	5	6	7
PRODUCTOS	A	X	X	X		X	X	X
	B	X	X	X	X	X	X	X
	C	X	X	X		X	X	X
	D		X	X		X	X	
	E		X	X				X
	F	X		X		X		X

Familia de productos

Fuente: Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad (p.36)

Elaboración: Manuel Rajadell

2.2.4.2 Cálculo de las Métricas e Indicadores del Producto

Para el cálculo de estas métricas se deben registrar todos los tiempos de manera presencial, para así realizar un correcto análisis y no cometer errores con registros antiguos. Las métricas a calcular son las siguientes:

- **Tiempo de Ciclo Individual:**
Es el tiempo que transcurre en cada operación individual; por ejemplo, cortar, pintar, lijar, etc.
- **Tiempo de Ciclo Total:**
Es la suma de todos los tiempos de ciclos individuales de un determinado proceso productivo.
- **Takt Time:**
Es la relación entre el tiempo de fabricación que necesita para producir una unidad, basado en las necesidades del cliente.

2.2.4.3 Mapeo del Estado Actual

Existen muchas herramientas para realizar el gráfico; sin embargo, el software más usado es el Visio, porque cuenta con los símbolos para representar todos los procesos de un sistema productivo. Se inicia el mapa con el flujo de materiales con sus respectivos cálculos y el flujo de información que se tiene entre los clientes, proveedores y los trabajadores de la organización, luego se podrá identificar los puntos críticos, cuellos de botella, áreas con potencial, etc.

2.2.4.4 Mapeo del Estado Futuro

A continuación, se analiza el estado actual y se desarrollara el estado a donde uno quiere llegar, es decir, el mapa del estado futuro, esto se logrará con la identificación de las oportunidades de mejora.

2.2.4.5 Acciones a Implementar

La última etapa consiste en preparar una matriz donde se muestre las posibles acciones con sus respectivas herramientas de mejora, para poder optimizar los desperdicios de los recursos encontrados en el mapa elaborado.

2.2.5 Procesos Fundamentales del TPM - Pilares

Según (Nakajima, 1988), para lograr un correcto desarrollo del TMP es necesario implantar una metodología que involucra los 8 pilares del TPM (Mantenimiento Productivo Total), los cuales se muestran a continuación:

2.2.5.1 Mejoras Enfocadas:

En el proceso de producción, este pilar tiene como objetivo detectar y solucionar problemas concretos con el fin de obtener mejoras significativas. Para fomentar la innovación continua se busca eliminar las causas raíz de los problemas.

2.2.5.2 Mantenimiento Autónomo:

El propósito es alcanzar un entorno de trabajo seguro, libre de fallos y limpio. La formación y empoderamiento de los operadores y equipos de trabajo, son reflejados en este pilar, para llevar a cabo tareas de mantenimiento básicas; tales como, inspección, lubricación y limpieza

2.2.5.3 Mantenimiento Planificado:

Para los trabajos de mantenimiento preventivo y predictivo. Este pilar tiene como objetivo principal la planificación y programación efectiva. El propósito es maximizar la disponibilidad de los equipos y reducir al mínimo el tiempo de inactividad no planificado.

2.2.5.4 Mantenimiento de Calidad:

Con la finalidad de lograr la mejora continua de la calidad, se tiene que fomentar la participación de todos los colaboradores donde se llevan a cabo labores de control de calidad. Con el mantenimiento necesario de los equipos y la prevención de defectos. Este pilar tiene como objetivo asegurar la calidad del producto o servicio.

2.2.5.5 Prevención del Mantenimiento:

La principal finalidad es disminuir la necesidad de mantenimiento correctivo y evitar las fallas. El enfoque de este pilar es identificar y disminuir las causas fundamentales de los problemas recurrentes de mantenimiento.

2.2.5.6 Actividades de Departamentos Administrativos y de Apoyo:

Con el propósito de asegurar un flujo de trabajo eficiente y sin interrupciones. Este pilar requiere la colaboración y coordinación entre todas áreas de los procesos productivos y oficinas administrativas, como contabilidad, ventas y despacho.

2.2.5.7 Formación y Adiestramiento:

Con el objetivo de difundir una cultura de mejora continua y a su vez también mejorar el conocimiento técnico. Este pilar se centra en desarrollo de habilidades y entrenamiento de los trabajadores en relación con el TPM.

2.2.5.8 Gestión de Seguridad y Entorno:

A medida que implementan los sistemas seguridad, se fomenta la percepción y participación de todo el personal en materia de prevención de lesiones y accidentes. Este pilar tiene como objetivo principal asegurar un ambiente laboral seguro y saludable para todos los empleados.

Cada uno de estos pilares se enfoca en aspectos fundamentales para alcanzar la excelencia en la producción y la mejora continua. Estos fundamentos del TPM ofrecen orientación para desarrollar y llevar a cabo un programa de mantenimiento productivo total eficaz.

2.2.6 Las 5S

Es una metodología japonesa que se fundamenta en cinco principios básicos para mantener cualquier lugar de trabajo en óptimas condiciones que permite desarrollar eficientemente las labores diarias. Logrando que la cultura organizacional sea más consciente en todos los empleados, para ser cada vez más competitivo en la industria de los conductores eléctricos. Por otro lado, cada trabajador podría replicar esta cultura a sus propios hogares y así promover dichos principios a sus familiares.

Esta herramienta es llamada 5s porque cada palabra japonesa empieza con la letra s; tales como, seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, cuya traducción al castellano es: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplinar.

2.2.6.1 Seiri - Clasificar: El objetivo principal de esta etapa es el retiro de los objetos innecesarios que podrían ocasionar algún accidente. Por tal motivo, es importante segregar los objetos en base a su uso. Tal como se muestra en la Figura N°11.

FIGURA N°11 : Objetos innecesarios con tarjeta roja



Fuente: Manual para la implementación 5S (p.22)

Elaboración: Johnny Cruz

2.2.6.2 Seiton - Ordenar: En esta etapa tiene como objetivo principal la reducción del tiempo de búsqueda de los objetos a utilizar, mediante un acceso rápido. Es decir que los objetos necesarios deben estar ordenados en el lugar que corresponda. Mostrado en la Figura N°12.

FIGURA N°12 : Tablero con herramientas

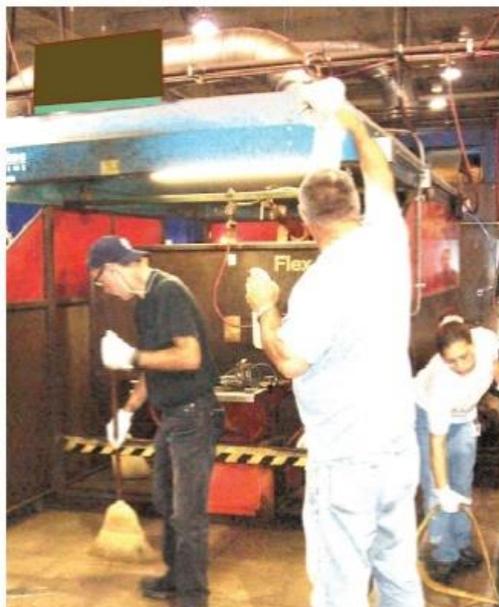


Fuente: Manual para la implementación 5S (p.29)

Elaboración: Johnny Cruz

2.2.6.3 Seiso - Limpiar: Evitar la suciedad en los objetos y en la zona de trabajo es el principal objetivo de esta etapa, porque reduce el riesgo de posibles accidentes, mediante el retiro del polvo de los materiales y en los puestos de trabajos. Mostrado en la Figura N°13.

FIGURA N°13 : Personal realizando limpieza en su área de trabajo



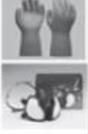
Fuente: Manual para la implementación 5S (p.30)

Elaboración: Johnny Cruz

2.2.6.4 Seiketsu - Estandarizar: El principal objetivo es realizar seguimiento constante a la implementación de las 3 primeras “S”, logrando un ambiente laboral en óptimas condiciones. Mostrado en la Figura N°14.

FIGURA N°14 : Formato para la estandarización en limpieza

Modelo de documento para implantar una estandarización

STANDARD DE ORDEN Y LIMPIEZA							
AREA: CELULA 3		MAGNINA: 28		SS-009			
	ZONAS DE LIMPIEZA	ELEMENTOS DE LIMPIEZA A UTILIZAR	EQUIPOS DE PROTECCION	APPL.	TIEMPO	FRECUENCIA	DOC. REFERENCIA
1	 CABEZAL DE APLICACIÓN, TAMPÓN, CLAVÉ, CONJUNTO CABEZAL sin partículas, sin restos de material. Sin manchas de tinta en entorno.			OPERARIO	5 min	1 TURNO	SOP XXXX
2	 INTERIOR MAGNINA: remover restos de corte de material.		NA	OPERARIO	2.5 min	1 TURNO	NA
3	 ENTORNO: Sin restos de material o manchas en el suelo. Sin manchas de tinta o varillas de desbaste, acabe.		NA	OPERARIO	2.5 min		
4	 UTILIDADES PARA GUARDAR: limpiar de restos de pintura. Guardar en el lugar correspondiente.			OPERARIO	5 min	1 TURNO	SOP XXXX

Fuente: Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad (p.61)

Elaboración: Manuel Rajadell

2.2.6.5 Shitsuke - Disciplina: Finalmente en esta etapa se busca cambiar las malas costumbres por buenos hábitos que permiten impulsar una mejor cultura de trabajo en donde se busque la excelencia en todos los niveles de la organización. Mostrado en la Figura N°15.

FIGURA N°15 : Laboratorio en perfectas condiciones



Fuente: Manual para la implementación 5S (p.36)

Elaboración: Johnny Cruz

2.2.6.6 Beneficios de la las 5S

Las 5s generan: aumento de la calidad, aumento de la productividad, reducción de costos y elevar la moral del trabajador; además, se han podido identificar los siguientes beneficios:

- Reducir los tiempos de fabricación de los pedidos.
- Reducir tiempo de preparación de máquina y equipos.
- Reducir el flujo de materiales, información y otros recursos.
- Reducir los tiempos muertos en los procesos.
- Reducir el porcentaje de producto defectuoso.
- Reducir el porcentaje de inventario en los almacenes.
- Disminuir los riesgos laborales y en consecuencia los costos que implican.
- Aprovechar al máximo las áreas de trabajo
- Aumentar la durabilidad de las herramientas, maquinarias y equipos.
- Mejorar las relaciones interpersonales entre los compañeros de trabajo mediante el trabajo en equipo.

2.2.7 Overall Equipment Effectiveness - OEE

Traducida al castellano es efectividad global de los equipos, es una métrica que indica las disminuciones efectivas de los equipos relacionadas con el tiempo. A nivel de competitividad industrial, este es considerado un indicador crítico, para calcularlo se necesita 3 parámetros:

2.2.7.1 Disponibilidad:

Para las paradas imprevistas, este indicador mide la disminución de la disponibilidad de los equipos.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{T.programado} - \text{T.no programado})}{\text{T.programado}} * (100\%) \quad (1)$$

2.2.7.2 Tasa de Rendimiento:

Este indicador evalúa las pérdidas de rendimiento generadas por el mal funcionamiento del equipo; por ejemplo, cuando no opera bajo las especificaciones técnicas del fabricante.

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{(\text{Producción real})}{\text{Producción esperada}} * (100\%) \quad (2)$$

2.2.7.3 Tasa de Calidad:

Para aquellos productos defectuosos o que tienen problemas de calidad, este indicador muestra la cantidad de productos sin defectos entre la cantidad de la producción total.

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{(\text{Prod.real}-\text{Prod.defectuosa})}{\text{Prod.real}} * (100\%) \quad (3)$$

El OEE es un indicador importante en el proceso de introducción y desarrollo del TPM. EL cual está relacionado a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo como de otros pilares TPM. Ayuda a identificar áreas críticas para iniciar una experiencia piloto TPM, justificar el apoyo de recursos necesarios y controlar las mejoras logradas en la planta. También orienta las acciones y herramientas de TPM, permite comparaciones entre plantas y prioriza acciones en equipos seleccionados.

$$\text{OEE} = (\text{Disponibilidad}) * (\text{Efectividad}) * (\text{Calidad}) \quad (4)$$

2.2.8 Single Minute Exchange of Die – SMED

El objetivo de la técnica SMED es reducir significativamente el tiempo de cambio o Setup, los japoneses innovaron la preparación rápida del cambio de materiales en la línea de producción, se inició con Mazda y se desarrolló por completo con Toyota, que siempre estaba en la búsqueda de tiempos de preparación cada vez más cortos que permite minimizar los niveles de stock de los almacenes.

Esta herramienta utiliza 3 principios fundamentales, como:

- Cualquier tiempo de cambio en los procesos productivos siempre se puede reducir hasta llegar a eliminarlo.
- El problema es compartido; en lo organizacional como técnico.
- El seguimiento de la aplicación de este método, genera mayores resultados a bajo costos.

2.2.8.1 Tiempo de Cambio

El tiempo de la operación de cambio es el tiempo que existe desde la salida de la última pieza fabricada "A" hasta el inicio de la nueva pieza "B" por fabricar, el cálculo de este tiempo, permite conocer cuánto tiempo se va a necesitar para fabricar el pedido solicitado por el cliente. Por otro lado, es importante analizar si ese tiempo de cambio se puede reducir a lo mínimo, de esa manera se puede optimizar el uso de las máquinas y equipos, logrando grandes ahorros económicos. Ese es el principal objetivo del SMED, el cual se visualiza en la Figura N°16.

FIGURA N°16: Tiempo de cambio en la producción



Fuente: Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad (p.126)

Elaboración: Manuel Rajadell

Esta metodología permite reducir y/o eliminar el tiempo de cambio, y consta de 5 pasos que se detalla a continuación:

- 1) Identificar las operaciones en que se divide el cambio de modelo.
- 2) Diferenciar las operaciones internas de las operaciones externas
- 3) Transformar las operaciones internas a externas
- 4) Reducir las operaciones internas
- 5) Reducir las operaciones externas

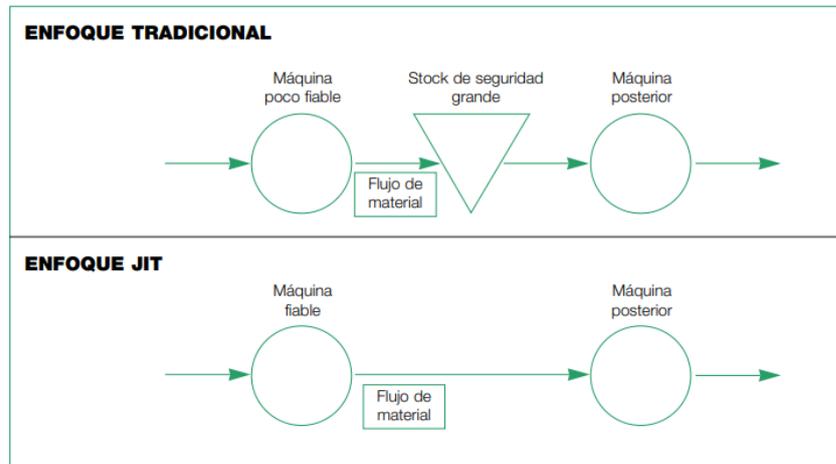
2.2.9 Just In Time - JIT

Es más, una filosofía que una metodología japonesa, que ayuda a optimizar cualquier tipo de sistema de producción, cuya traducción al español es "Justo a tiempo".

Esto quiere decir que el flujo de materia prima, productos en procesos y productos terminados se deben trasladar justo cuando estas son solicitadas,

por esta razón su objetivo principal es la reducción de los niveles de stock en cada almacén. A continuación, se muestra en la Figura N°17 el enfoque tradicional de las empresas y luego lo que esta filosofía al ser aplicada busca cambiar al enfoque JIT.

FIGURA N°17: Enfoque tradicional / enfoque JIT



Fuente: Lean Manufacturing paso a paso (p. 125)

Elaboración: Luis Socconini

Las principales ventajas al implementar esta metodología son:

- Reducción en los costos de almacenamiento
- Reducción en la cantidad de stock
- Agilizar los procesos productivos
- Reducción de los riesgos laborales
- Permite identificar los desperdicios de recursos

2.2.10 Gestión Visual y Audible - ANDON

En todo puesto de trabajo deben existir señales visuales y audibles, las cuales brindan información para poder identificar, analizar e indicar alguna falla o paralización de máquina, este aviso evitara problemas, defectuoso y una rápida solución de los problemas, en el sistema de productivo, sirve para:

- Mejorar la calidad
- Reducir los costos
- Mejorar el tiempo de respuesta
- Aumentar la seguridad

- Mejorar la comunicación
- Identificar inmediatamente los problemas

2.2.10.1 Tipos de Control Visual y Audible

A) Alarmas:

Según su aplicación estas pueden ser utilizadas con diferentes sonidos que no permite identificar que acciones se debe realizar.

B) Lámparas y Torretas:

Estas se utilizan cuando se desea llamar la atención del personal para que tome decisión acerca de las señales visuales y/o audibles que se presentan.

Los colores de las lámparas disponen de colores, donde el color azul significa problemas con los materiales, el color verde significa producción sin problemas, el color amarillo significa maquina y/o equipo parado por falta de mantenimiento y el color rojo indica que existe una parada por problemas de calidad y/o accidentes.

C) Kanban:

Traducido significa tarjeta, que señala en qué momento el operario debe iniciar una etapa del proceso productivo y/o suministrar piezas, logrando así un sistema de producción eficiente.

D) Lista Verificación:

Es una hoja donde se incluyen varias actividades requeridas para un proceso, y que al final de cada actividad, hacia la derecha, se encuentra un casillero para que el responsable pueda marcar y firmar si realizó la actividad.

E) Señalizaciones en el Piso:

Permite identificar con claridad los puestos de trabajos, también permite mostrar los pasillos por el cual personal y visitas puedan transitar y así evitar cualquier tipo de accidentes, adicionalmente indica cuales son las rutas de escape ante cualquier tipo de emergencia.

2.2.11 Merma de Plástico

La merma de plástico es un tema de relevancia en la industria del plástico, ya que representa una pérdida económica y ambiental significativa. Se refiere a la cantidad de material plástico que se pierde durante el proceso de producción, que puede ser en las etapas de moldeo, extrusión, inyección o cualquier otra técnica de fabricación. Esta merma se genera por el desgaste de los moldes, el recorte de piezas defectuosas, la limpieza de la maquinaria o las fluctuaciones en la temperatura o la presión.

La merma de plástico tiene un impacto negativo en la rentabilidad y la sostenibilidad de una empresa, ya que implica costos adicionales de producción y la generación de residuos y emisiones asociadas. Además, el aumento de los costos de producción afecta la competitividad de la empresa en el mercado.

Para reducir la merma de plástico, se debe optimizar los procesos de producción, mejorar la calidad del material, reciclar y reutilizar los desechos de plástico siempre que sea posible. Por ejemplo, se pueden utilizar moldes de alta calidad y durabilidad, lo que reduce la necesidad de reemplazarlos con frecuencia.

Por último, es importante fomentar la cultura de la prevención de residuos, promover la reutilización y el reciclaje de los desechos de plástico. Esto ayuda a reducir la merma de plástico, también contribuye a una gestión sostenible de los recursos y una mayor responsabilidad ambiental en la industria del plástico. Tal como se muestra en la Figura N°18.

FIGURA N°18 : Merma de plástico



Fuente y elaboración: Empresa

CAPITULO III:

ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO

3.1.1 Análisis FODA

3.1.1.1 Evaluación Interna

Para realizar la evaluación interna se logró con un equipo de trabajo denominado equipo de alta gerencia – EAG, ya conformado en el rubro 1.1.12, para poder identificar las 5 principales fortalezas y las 5 principales debilidades de la organización.

a) Fortalezas

- Buena imagen con los clientes
- Sistema de gestión de 9001, 14001 y 45001
- Diseño y desarrollo de nuevos productos
- Facilidad de pago a los clientes
- Infraestructura y maquinarias propias

b) Debilidades

- Aumento en la merma generada en procesos
- Falta de capacitación a personal operativo
- No cumplimiento del programa de auditorías de 9001, 14001 y 45001
- Falta de control de materia prima
- Incorrecto control del flujo de información

Luego se procede a realizar la Tabla N°6 matriz de confrontación de factores internos, donde se obtiene el valor total correspondientes a cada ítem para luego calcular la ponderación de factor en porcentaje.

TABLA N°6 : Matriz de Confrontación de Factores Internos

ITEM	FORTALEZA	F1	F2	F3	F4	F5	VALOR	PESO EFI
F1	Buena imagen con los clientes	-	1	1	1	1	4	13%
F2	Sistema de gestión de 9001, 14001 y 45001	1	-	1	0	1	3	10%
F3	Diseño y desarrollo de nuevos productos	1	1	-	1	1	4	13%
F4	Facilidad de pago a los clientes	1	0	0	-	1	2	7%
F5	Infraestructura y maquinarias propias	0	0	1	1	-	2	7%
ITEM	DEBILIDADES	D1	D2	D3	D4	D5	VALOR	PESO EFI
D1	Aumento en la merma generada en procesos	-	1	1	1	1	4	13%
D2	Falta de capacitaciones a personal operativo	1	-	1	0	1	3	10%
D3	No cumplimiento del programa de auditorías de 9001, 14001 y 45001	0	1	-	0	1	2	7%
D4	Falta de control de materia prima	1	1	0	-	1	3	10%
D5	Incorrecto control del flujo de información	0	1	1	1	-	3	10%
TOTAL							30	

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

TABLA N°7 : Matriz de Evaluación de Factores Internos – MEFI

FACTORES	VALORACIÓN
Amenaza Mayor	1
Amenaza Menor	2
Oportunidad Menor	3
Oportunidad Mayor	4

ITEM	FACTORES INTERNOS CLAVES	PESO	CALIFICACIÓN	RESULTADO PONDERADO
	FORTALEZAS			
F1	Buena imagen con los clientes	13%	4	0.53
F2	Sistema de gestión de 9001, 14001 y 45001	10%	4	0.40
F3	Diseño y desarrollo de nuevos productos	13%	3	0.40
F4	Facilidad de pago a los clientes	7%	3	0.20
F5	Infraestructura y maquinarias propias	7%	4	0.27
SUBTOTAL		50%		1.80

ITEM	FACTORES INTERNOS CLAVES	PESO	CALIFICACIÓN	RESULTADO PONDERADO
	DEBILIDADES			
D1	Aumento en la merma generada en procesos	13%	1	0.13
D2	Falta de capacitaciones a personal operativo	10%	2	0.20
D3	No cumplimiento del programa de auditorias de 9001, 14001 y 45001	7%	2	0.13
D4	Falta de control de materia prima	10%	2	0.20
D5	Incorrecto control del flujo de información	10%	2	0.20
SUBTOTAL		50%		0.87
TOTAL		100%		2.67

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Se observa en la Tabla N°7 que la puntuación total de la matriz EFI es 2.67, este valor indica que la organización está por ligeramente por encima del valor promedio que es 2.5, pero se debe mejorar los factores internos.

3.1.1.2 Evaluación Externa

Para realizar la evaluación externa se formó un equipo de trabajo denominado equipo de alta gerencia – EAG, conformado por, gerente general adjunto, gerente comercial, gerente de operaciones, jefe de planta, jefe de colada continua, jefe de control de calidad, contador general y coordinador SGI, para poder identificar las 5 principales oportunidades y las 5 principales amenazas de la organización.

a) Oportunidades

- Existencia de mercado potencial no atendido
- Salida de la empresa CEPER del mercado de conductores

- Tratados de Libre Comercio - TLC a favorecen de empresas nacionales
- Emisiones de Bonos COVID - Reactiva Perú apoyan a empresas peruanas
- Crecimiento factible a mercados de países vecinos.

b) Amenazas

- Incremento de fabricantes informales.
- Aumento de las importaciones de plástico de China.
- Incremento del precio del cobre.
- Ingreso de nuevos competidores.
- Introducción de conductores eléctricos de aluminio.

Luego se procede a realizar la Tabla N°8 matriz de confrontación de factores externos y la Tabla N°9 Matriz de Evaluación de Factores Externos – MEFE, donde se obtiene el valor total correspondientes a cada ítem.

TABLA N°8 : Matriz de Confrontación de Factores Externos

ITEM	OPORTUNIDADES	O1	O2	O3	O4	O5	VALOR	PESO EFE
O1	Existencia de mercado potencial no atendido	-	1	0	1	1	3	10%
O2	Salida de la empresa CEPER del mercado de conductores	1	-	1	0	1	3	10%
O3	Tratados de libre comercio -TLC que favorecen empresas nacionales	0	1	-	0	1	2	7%
O4	Bono de COVID - Reactiva Perú	1	1	1	-	1	4	13%
O5	Crecimiento factible a mercado de países vecinos	1	1	0	1	-	3	10%
ITEM	AMENAZAS	A1	A2	A3	A4	A5	VALOR	PESO EFE
A1	Incremento de fabricantes informales	-	1	0	1	1	3	10%
A2	Aumento de las importaciones de plástico de China	1	-	0	1	1	3	10%
A3	Incremento del precio del cobre	0	1	-	0	1	2	7%
A4	Ingreso de nuevos competidores	1	1	1	-	1	4	13%
A5	Introducción de conductores electricos de aluminio	1	1	0	1	-	3	10%
TOTAL							30	

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Se observa en la Tabla N°9 que la puntuación total de la matriz EFE es 2.63, este valor indica que la organización es fuerte a nivel externo.

TABLA N°9 : Matriz de Evaluación de Factores Externos – MEFE

FACTORES	VALORACIÓN
Amenaza Mayor	1
Amenaza Menor	2
Oportunidad Menor	3
Oportunidad Mayor	4

ITEM	FACTORES EXTERNOS CLAVES	PESO	CALIFICACIÓN	RESULTADO PONDERADO
	OPORTUNIDADES			
O1	Existencia de mercado potencial no atendido	10%	4	0.40
O2	Salida de la empresa CEPER del mercado de conductores	10%	3	0.30
O3	Tratados de libre comercio -TLC que favorecen empresas nacionales	7%	3	0.20
O4	Bono de COVID - Reactiva Perú	13%	4	0.53
O5	Crecimiento factible a mercado de países vecinos	10%	3	0.30
SUBTOTAL		50%		1.73

ITEM	FACTORES EXTERNOS CLAVES	PESO	CALIFICACIÓN	RESULTADO PONDERADO
	AMENAZAS			
A1	Incremento de fabricantes informales	10%	1	0.10
A2	Aumento de las importaciones de plástico de China	10%	2	0.20
A3	Incremento del precio del cobre	7%	2	0.13
A4	Ingreso de nuevos competidores	13%	2	0.27
A5	Introducción de conductores eléctricos de aluminio	10%	2	0.20
SUBTOTAL		50%		0.90
TOTAL		100%		2.63

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

3.1.1.3 Matriz Interna – Externa

Después de obtener las puntuaciones correspondientes a las matrices EFI y EFE de 2.67 y 2.63 respectivamente. Se procede a elaborar la Tabla N°10.

Matriz interna – externa donde permite establecer las decisiones estratégicas. Con la intersección de dichos valores se puede visualizar el cuadrante IV, esto significa que la estrategia a seguir es: “CRECER Y CONTRUIR”

TABLA N°10 : Matriz Interna – Externa

				EFI
				4
	I	II	III	3
	IV	V	VI	2
	VII	VIII	IX	1
EFE	4	3	2	1

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

3.1.2 Matriz FODA

Considerando verticalmente las fortalezas y las debilidades, y horizontalmente las oportunidades y amenazas, se logran obtener 4 cuadrantes de estrategias denominadas FO, FA, DO y DA.

Para obtener estas estrategias se realiza un cruce entre las 5 fortalezas y 5 debilidades, obteniéndose un total de 25 estrategias, de las cuales se debe seleccionar, priorizar y obtener 5 estrategias finales.

De manera similar se obtienen 5 estrategias finales FO, FA, DO y DA. Luego de este estudio de análisis de cruces se logra un total de 20 estrategias finales, de las cuales se escogerán y se priorizarán 5 estrategias vinculadas con las actividades de Elcope.

Estas 5 estrategias que serán desglosadas, deberán ser incluidas en un cronograma de trabajo con fechas definidas y responsables, los cuales permitirá encontrar el mejor rumbo para afrontar las adversidades que se han identificado. Se elabora la matriz FODA mostrada en la Tabla N°11.

TABLA N°11 : Matriz FODA

<div style="text-align: center;"> <p>ANÁLISIS EXTERNO</p> <hr/> <p>ANÁLISIS INTERNO</p> </div>		OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
		O1	Existencia de mercado potencial no atendido	A1	Incremento de fabricantes informales
		O2	Salida de la empresa CEPER del mercado de conductores	A2	Aumento de las importaciones de plástico de China
		O3	Tratados de libre comercio -TLC que favorecen empresas nacionales	A3	Incremento del precio del cobre
		O4	Bono de COVID - Reactiva Perú	A4	Ingreso de nuevos competidores
		O5	Crecimiento factible a mercado de países vecinos	A5	Introducción de conductores electricos de aluminio
FORTALEZAS		FO	ESTRATEGIAS FO - OFENSIVAS	FA	ESTRATEGIAS FA - DEFENSIVAS
F1	Buena imagen con los clientes	1	Invertir el bono para aumentar la capacidad instalada de producción con nuevas compras de maquinarias y/o equipos.	1	Mejorar la ventaja competitiva de los productos
F2	Sistema de gestión de 9001, 14001 y 45001	2	Ofrecer un precio mas competitivo al mercado internacional.	2	Realizar alianzas con los proveedores para contar con mejores precios.
F3	Diseño y desarrollo de nuevos productos	3	Desarrollar productos novedosos aprovechando el sistema de gestion de calidad	3	Implementar nuevos indicadores de gestión.
F4	Facilidad de pago a los clientes	4	Generar campañas de ventas proactivas, mediante la venta de nuevos productos.	4	Desarrollar productos complementarios.
F5	Infraestructura y maquinarias propias	5	Estrategia de atención personalizada a los clientes nuevos.	5	Definir ofertas de productos antiguos en el almacén.
DEBILIDADES		DO	ESTRATEGIAS DO - ADAPTATIVA	DA	ESTRATEGIAS DA - SUPERVIVENCIA
D1	Aumento en la merma generada en procesos	1	Implementar Lean Manufacturing y sus herramientas	1	Mejorar el compromiso del personal con la compañía, mediante capacitaciones
D2	Falta de capacitaciones a personal operativo	2	Elaborar cronograma acerca de mejoras de sistemas productivos.	2	Capacitación de las ventajas tecnicas que ofrece el cobre frente al aluminio.
D3	No cumplimiento del programa de auditorias de 9001, 14001 y 45001	3	Elaborar un cronograma de auditorias de sistema de gestion.	3	Fomentar campaña de compra al producto nacional.
D4	Falta de control de materia prima	4	Establecer acciones para disminuir mermas y establecer controles.	4	Establecer un sistema de control de inventario mediante la compra de un software.
D5	Incorrecto control del flujo de información	5	Mejorar el sistema de informacion y ampliar para una cartera de clientes internacionales.	5	Reducir costos de producción.

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

3.1.3 Objetivos Estratégicos

De las 20 estrategias obtenidas FO, FA, DO y DA, se seleccionan 5 estrategias relevantes que influyen directamente en las actividades de toda la organización. Tal como se visualiza en la Tabla N°12.

TABLA N°12 : Objetivos Estratégicos

N°	OBJETIVOS ESTRATÉGICO	RESPONSABLE
1	Invertir el bono para aumentar la capacidad instalada de producción con nuevas compras de maquinarias y/o equipos.	Gerencia general
2	Reducir costos de producción.	Gerencia de operaciones
3	Establecer acciones para disminuir mermas y establecer controles.	Gerencia de operaciones
4	Implementar Lean Manufacturing y sus herramientas	Coordinador SGI
5	Implementar nuevos indicadores de gestión.	Coordinador SGI

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Al finalizar año 2020 la organización en el área de extrusión registra la información de merma generada mensualmente, solo se analizará los meses donde hubo producción, cuya merma de plástico máxima permitida en el año 2020 es de 4.0%; sin embargo, el promedio de la merma de plástico del mismo año fue 6.8%. Tal como se observa en la Tabla N°13.

TABLA N°13: Reporte de producción del área de extrusión 2020

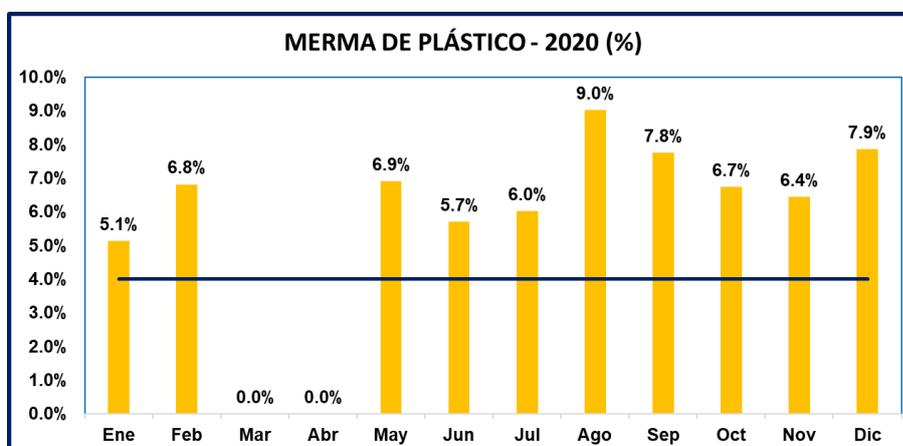
INDICADOR	METAS 2020	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL (tn)	PROMEDIO
Transferencia de Cobre a Cortes (tn)	70.0	53.8	65.7	-	-	47.3	52.0	72.8	59.9	76.1	83.8	72.9	60.7	644.9	64.5
Merma de Cobre (tn)	1.8	1.6	1.9	-	-	1.5	1.7	2.8	2.8	2.3	2.1	2.8	2.2	21.8	2.2
Merma de Cobre (%)	2.5%	2.9%	3.0%	-	-	3.2%	3.3%	3.8%	4.7%	3.0%	2.5%	3.8%	3.6%		3.4%
Ingreso de Plástico (tn)		50.4	46.4	-	-	41.7	58.0	55.7	40.4	50.7	63.6	59.0	39.6	505.4	50.5
Merma de Plástico (tn)	2.8	2.6	3.2	-	-	2.9	3.3	3.4	3.6	3.9	4.3	3.8	3.1	34.1	3.4
Merma de Plástico (%)	4.0%	5.1%	6.8%	-	-	6.9%	5.7%	6.0%	9.0%	7.8%	6.7%	6.4%	7.9%		6.8%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

De igual manera en la Figura N°19 se observa el exceso de merma de plástico por cada mes del año 2020, excepto en los meses de marzo y abril donde no hubo producción, lo que permite analizar la tendencia de esta información para tomar acción correctiva y reducir los desperdicios producidos en el área de extrusión.

FIGURA N°19 : Merma de plástico 2020 (%)



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Al cierre del año 2021 la empresa registro la merma generada mensualmente; en la siguiente Tabla N°14 se observa que el indicador más importante para este estudio es la merma vinculada al plástico, que en el año 2021 el máximo permitido fue de 4.0%; sin embargo, el promedio de la merma de plástico mostrada en cuadro es de 6.8%.

TABLA N°14 : Reporte de producción del área de extrusión 2021

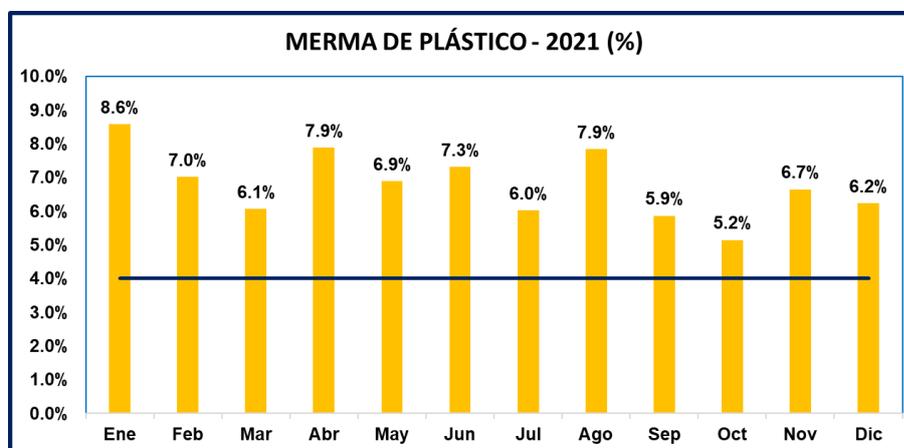
INDICADOR	METAS 2021	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL (tn)	PROMEDIO
Transferencia de Cobre a Cortes (tn)	70.0	61.4	69.4	79.3	70.5	38.8	53.6	50.7	82.9	128.1	130.4	114.0	81.7	960.8	80.1
Merma de Cobre (tn)	1.6	1.4	1.4	2.1	1.9	0.9	1.0	1.1	1.4	1.4	1.4	1.2	1.1	16.2	1.4
Merma de Cobre (%)	2.3%	2.2%	1.9%	2.6%	2.7%	2.2%	1.9%	2.2%	1.7%	1.1%	1.0%	1.1%	1.4%		1.8%
Ingreso de Plástico (tn)		37.3	51.2	50.7	38.9	20.3	36.9	31.2	53.5	64.1	64.5	73.7	54.5	576.6	48.0
Merma de Plástico (tn)	2.8	3.2	3.6	3.1	3.1	1.4	2.7	1.9	4.2	3.8	3.3	4.9	3.4	38.5	3.2
Merma de Plástico (%)	4.0%	8.6%	7.0%	6.1%	7.9%	6.9%	7.3%	6.0%	7.9%	5.9%	5.2%	6.7%	6.2%		6.8%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

En la Figura N°20 se observa con facilidad el exceso de la merma de plástico mensual del año 2021, lo que permite analizar la tendencia de esta información para tomar una acción correctiva y reducir los desperdicios producidos en el área de extrusión.

FIGURA N°20 : Merma de plástico 2021 (%)



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

3.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL

En la fabricación de conductores eléctricos se generan diferentes tipos de mermas; por tal motivo, se utilizarán las herramientas: “5W + 1H” y el Diagrama de Ishikawa para definir el problema central de la empresa, para lo cual se realizarán las siguientes preguntas, mostradas en la Tabla N°15.

TABLA N°15 : Herramienta “5W + 1H”

5W + 1H	DESCRIPCIÓN
What? ¿Qué?	Incremento del porcentaje de merma de plástico.
When? ¿Cuándo?	Los últimos 4 meses.
Who? ¿Quién?	Gerente General, Gerente de producción, jefe de planta, Operarios de producción y jefe de área de transporte.
Where? ¿Dónde?	En el área de extrusión.
Why? ¿Por qué?	Las causas probables son: cambio de color, limpieza de máquina, etc.
How? ¿Cómo?	Debilidades en el planeamiento y control de la producción, manejo de KP's, sistema integrado de gestión, etc.

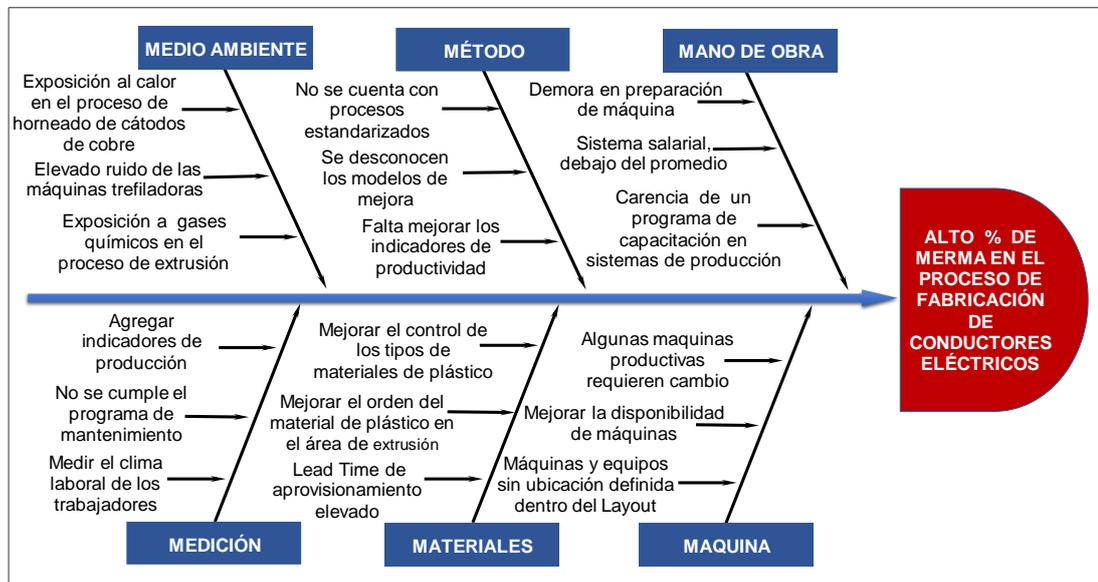
Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

3.4 CAUSAS Y EFECTOS – ISHIKAWA

Para poder definir el problema central es necesario realizar el diagrama de causa y efecto de Ishikawa, destacando las causas y las sub causas que se generan el proceso productivo. Tal como se muestra en la Figura N°21.

FIGURA N°21: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

3.5 PROBLEMA CENTRAL

Alto porcentaje de mermas en el proceso de fabricación de conductores eléctricos.

3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Después de identificar el problema principal de la organización se procede a definir las 3 principales alternativas de solución:

- Alternativa "A": Establecer un sistema estadístico de control de calidad que permite disminuir la merma.
- Alternativa "B": Implementación de Lean Manufacturing y sus herramientas.
- Alternativa "C": Implementación de un sistema de mejora continua - PHVA.

3.7 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para seleccionar la mejor alternativa se realizará las evaluaciones; cualitativa y la cuantitativa. Los factores para evaluar esas alternativas son:

- F1: Bajo costo de implementación
- F2: Impacto en utilidades y ventas
- F3: Generar mejora en los procesos
- F4: Tiempo de implementación
- F5: Flexibilidad

3.7.1 Evaluación Cualitativa

Para realizar la evaluación cualitativa, se necesita elaborar la matriz en donde se analiza 6 aspectos tales como; ventajas, desventajas, fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, para cada una de las 3 alternativas, que se visualiza en la Tabla N°16, luego se elegirá la mejor alternativa que presente mejores condiciones.

TABLA N°16: Matriz de evaluación cualitativa de las alternativas

ITEM	ASPECTOS	ALTERNATIVA "A" : Establecer un sistema estadístico de control de calidad que permite disminuir la merma.	ALTERNATIVA "B" : Implementación de Lean Manufacturing y sus herramientas.	ALTERNATIVA "C" : Compra de maquinaria que permita reprocesar la merma generada en los procesos.
1	VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Facil implementación - Producción mas estandar y predecible - Reducción de esfuerzos en el área productiva 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar en la capacidad de producción - Mejora en el uso de sus recursos - Procesos mas flexibles - Visualización rapida del problema - Mejor calidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Se eliminan los cuellos de botella - Reducción de esfuerzos en el área productiva
2	DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Perdida de posicion en el mercado - Aumento de dependencia de los clientes - Reducción del numero de clientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere ser dirigido por personal capacitado - Posible resitencia al cambio 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran dependencia de proveedores - Dificultad en implementación criterio de calidad - Gran inversión de capacitación
3	FORTALEZAS	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con area de control de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere ser dirigido por personal capacitado - Posible resitencia al cambio 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran dependencia de proveedores - Dificultad en implementación criterio de calidad - Gran inversión de capacitación
4	DEBILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> - Operarios dificiles de capacitar - Alta rotación de personal - Reducción del numero de clientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesita el compromiso de todos 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta inversión en la compra - Demora en la compra de maquinaria - Necesita un buen programa de mantenimiento
5	OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor precision en el control de la merma 	<ul style="list-style-type: none"> - Es una herramienta bastante confiable - 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos bajos de maquinaria China - Confianza con el proveedor
6	AMENAZAS	<ul style="list-style-type: none"> - Dificil de comprender por todo el personal 	<ul style="list-style-type: none"> - Dicultad ser ajustada a la realidad de la empresa - Posible resitencia al cambio 	<ul style="list-style-type: none"> - Manual en idioma Chino - Garantia por personal Chino

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

En la parte superior se observa la Tabla N°16 que contiene la evaluación de las 3 alternativas de solución, en dichos aspectos se ha considerado que la solución más factible es la Alternativa “B”, porque tiene mayores aspectos positivos que los otros 2 restantes.

3.7.2 Evaluación Cuantitativa

Para realizar la evaluación cuantitativa, se requiere de la elaboración de la matriz de la confrontación de factores, mostrada en la Tabla N°17.

TABLA N°17 : Matriz de confrontación de factores

ITEM	FACTORES	F1	F2	F3	F4	F5	CONTEO	POND.
F1	Bajo costo de implementación	-	1	1	1	1	4	27%
F2	Impacto en utilidades y ventas	1	-	1	0	1	3	20%
F3	Generar mejora en los procesos	1	1	-	1	1	4	27%
F4	Tiempo de implementación	1	0	0	-	1	2	13%
F5	Flexibilidad	0	0	1	1	-	2	13%
Total							15	100%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

En la tabla mostrada en la parte superior, se obtiene las ponderaciones de los factores, se visualiza que los factores relevantes son: el bajo costo de implementación y generar la mejora de procesos.

A continuación, se elaboró la Matriz de evaluación de alternativas, donde los factores y la ponderación se obtuvieron en la Tabla N°18. Luego se estructuro la tabla de valoración que se usara para calificar a cada una de las alternativas

TABLA N°18 : Matriz de evaluación de las alternativas

TABLA DE VALORACIÓN	
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Deficiente	1

ITEM	FACTORES	POND.	ALTERN. "A"		ALTERN. "B"		ALTERN. "C"	
			VALOR	PUNT.	VALOR	PUNT.	VALOR	PUNT.
F1	Bajo costo de implementación	27%	1	0.3	4	1.1	3	0.8
F2	Impacto en utilidades y ventas	20%	2	0.4	4	0.8	2	0.4
F3	Generar mejora en los procesos	27%	1	0.3	3	0.8	3	0.8
F4	Tiempo de implementación	13%	2	0.3	5	0.7	2	0.3
F5	Flexibilidad	13%	3	0.4	3	0.4	3	0.4
TOTAL		100%		1.6		3.7		2.7

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Luego de realizar la evaluación cuantitativa y ponderación final, se elegirá la opción que tiene mayor puntuación. Se observa que la alternativa "B" supera a las demás con un valor de 3.7.

3.8 TOMA DE DECISIÓN

Al observar las evaluaciones cualitativa y cuantitativa se comprueba que las mejores características poseen la:

Alternativa "B": "Implementación de Lean Manufacturing y sus herramientas". En la matriz de evaluación de alternativas esta califica con el puntaje total de 3.7, por lo que se selecciona para ser usada en la presente tesis durante el proceso de implementación de Lean Manufacturing.

3.9 PLAN DE ESTRATEGIAS A CP, MP Y LP

3.9.1 Estrategias de Corto Plazo – CP

- a. Se inicio mediante el análisis del VSM, que esquematiza todo el proceso productivo para identificar las oportunidades de mejora para su pronta optimización.
- b. Entrenamiento y capacitación en la secuencia, jefes de área, técnicos y operarios.
- c. Inversión inicial para compra de material publicitario de la metodología 5S, como afiches, banderolas, polos, etc.
- d. Identificar los indicadores iniciales de los procesos productivos.

3.9.2 Estrategias de Mediano Plazo – MP

- a. Se aplicó la metodología de las 5S, el cual busca mejorar el puesto de trabajo de cada personal, mediante la clasificación, el ordenamiento, la limpieza, la estandarización y la disciplina, para mejorar la eficiencia en todos los trabajadores de la organización.
- b. Para reducir el tiempo de preparación de las 6 líneas de producción, logrando mejorar la productividad de cada línea y a su vez consiguiendo la reducción de merma de plástico en el proceso de extrusión, se aplicó el SMED.
- c. Calcular y mejorar el OEE para el área de extrusión, porque es el área donde se genera el cuello de botella.

3.9.3 Estrategias de Largo Plazo – LP

- a. Se proyecta mejorar las ventas mediante, la certificación de la trinarque ISO 9001, 14001 y 45001.
- b. Luego de las herramientas utilizadas en la mejora continua, se propone implementar las herramientas usando el Six Sigma y Kanban.
- c. Luego de estandarizar y mejorar los procesos productivos, se propondrá incrementar la producción de fabricación, mediante la compra de nuevas maquinarias.

CAPITULO IV:

DESARROLLO DE METODOLOGÍA

4.1 PLANIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 Equipo Implementador

Este equipo se definió en el rubro 1.1.12 y está conformado por los siguientes integrantes, tal cual se muestra en la Tabla N°19.

TABLA N°19: Equipo implementador

N°	INTEGRANTES	PUESTO	CARGO
1	Rafael Ojeda	Gerente de Operaciones	Lider
2	Moises Huaman	Gerente General Adjunto	Facilitador
3	Anton Flores	Gerente Comercial	Facilitador
4	Daniel Mendoza	Gerente de Marketing	Facilitador
5	Javier Morales	Jefe de Planta	Auditor
6	Francisco Rojas	Jefe de Colada Continua	Auditor
7	Enzo Dominguez	Jefe de Control de Calidad	Auditor
8	Cesar Tintaya	Contador General	Auditor
9	Oswaldo Arce	Coordinador SGI	Auditor
10	Freddy Najarro	Analista SGI	Auditor

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.1.2 Cronograma de Actividades

En la segunda reunión del equipo se elaboró el cronograma de actividades de la implementación, tal como se visualiza en la Tabla N°20. Donde se detalla las fases establecidas por cada semana y/o mes.

TABLA N°20 : Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
INICIO: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA																																								
1. Identificar el problema central																																	INICIO							
2. Definir y evaluar las alternativas de solución																																								
3. Realizar el plan de estrategias a CP, MP y LP																																								
FASE 1: PLANIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS																																								
1. Conformar el equipo implementador																																	FASE 1							
2. Realizar cronograma de actividades																																								
3. Identificación y análisis de datos																																								
4. Implementar el Value Stream Mapping - VSM																																								
5. Definir y calcular los indicadores iniciales																																								
FASE 2: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN																																								
1. Implementar la metodología 5S																																	FASE 2							
2. Implementar el SMED																																								
3. Implementar del Just Time																																								
FASE 3: VERIFICACIÓN DE RESULTADOS																																								
1. Evaluar resultados de la Metodología 5S																																	FASE 3							
2. Evaluar resultados del SMED																																								
3. Evaluar resultados del Just Time																																								
FASE 4: ACCIONES CORRECTIVAS																																								
1. Realizar mejora continua																																	FASE 4							
2. Calcular los indicadores finales																																								
FINAL: ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO																																								
1. Calcular los costos de la implementación																																	FINAL							
2. Calcular los beneficios de la implementación																																								
3. Calcular los indicadores financieros																																								

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.1.3 Implementación del VSM

La implementación se va realizó paso a paso, primero se calculó la familia de productos, luego se procedió a calcular las métricas iniciales, desarrollar un plan de acción para las mejoras correspondiente y finalmente se planteó se realizó el VSM futuro con todas las mejoras mencionadas.

4.1.4 Determinar la Familia de Productos

Por el método de Madariaga (2021), se seleccionará la familia de productos a base de la clase a la cual pertenece los grupos de todos los cables que fabrica la empresa.

Como se detalla en la Tabla N°21, las sub familias de los productos; como: cable soldar, cable puesto a tierra, cable vulcanizado y cable de batería pertenecen a la familia de “Clase 5”, productos elaborados por multihilos, mientras que las sub familias de los productos Cable THW y cable desnudo pertenecen a la familia de “Clase 2”, productos elaborados por un alambre.

TABLA N°21 : Familia de productos

N°	GRUPO	FAMILIA	VENTAS	FRECUENCIA	ACUMULADA
1	Cable Soldar	CLASE 5	\$ 398,000	31%	31%
2	Cable Puesta Tierra		\$ 294,000	23%	53%
3	Cable Vulcanizado		\$ 228,000	18%	71%
4	Cable Batería		\$ 147,000	11%	82%
5	Cable THW	CLASE 2	\$ 128,000	10%	92%
6	Cable desnudo		\$ 105,000	8%	100%
TOTAL			\$ 1,300,000		

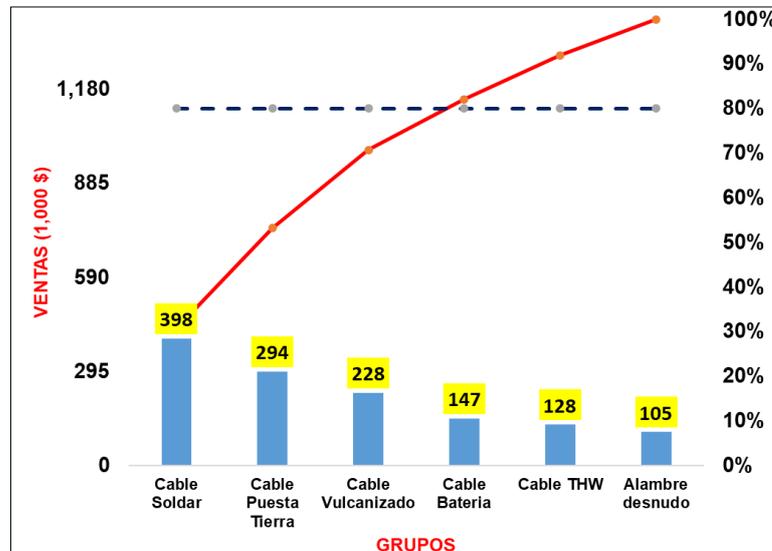
Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Para determinar la familia de productos que se consideró en el VSM, se procede a colocar las ventas en dólares que se generan por cada sub familia mensualmente, se elabora el diagrama de Pareto y la frecuencia acumulada, de donde se puede obtener la familia denominada: “Clase 5”

La familia “Clase 5” genera mayor rentabilidad que la familia “Clase 2”, debido a que se necesita mayor cantidad de procesos para su fabricación. Se muestra el diagrama de Pareto en la Figura N°22.

FIGURA N°22: Diagrama de Pareto



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.1.5 Cálculo de las Métricas e Indicadores del Proceso

4.1.5.1 Cálculo de Tiempo Disponible

El primer turno de trabajo de Elcope es de 08:00 horas a 18:00 horas, que origina una jornada laboral normal de 9 horas más 1 hora de refrigerio; el segundo turno de trabajo es de 20:00 horas a 06:00 horas, logrando en ambos turnos un *Tiempo Disponible* de 18 hr/día. Usando la Ecuación 5.

$$T. Disponible = (Turno de Trabajo - T. Refrigerio) * (Numero de Turnos) \quad (5)$$

$$Tiempo Disponible = \left(10 \frac{horas}{Turno} - 1 \frac{horas}{Turno}\right) * \left(2 \frac{Turnos}{dia}\right) = 18 \frac{hr}{dia}$$

4.1.5.2 Cálculo de la Demanda Diaria

La demanda mensual de cobre en promedio es 65.7 tn/mes, debido que en planta se trabaja de lunes a sábado, la empresa labora 26 días hábiles por mes, obteniendo la Demanda diaria de 2.5 tn/día. Usando la Ecuación 6.

$$Demanda diaria = \frac{Demanda mensual}{Dias habiles por mes} \quad (6)$$

$$\text{Demanda diaria} = \frac{65.7 \frac{tn}{mes}}{26 \frac{días}{mes}} = 2.5 \text{ tn/día}$$

4.1.5.3 Cálculo de Takt Time

La empresa cuenta con un tiempo disponible de 18 hr/día y una demanda diaria de 2.5 tn/día. Usando la Ecuación 7.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda diaria}} \quad (7)$$

$$\text{Takt Time} = \frac{18 \frac{hr}{día}}{2.5 \frac{tn}{día}} = 7.1 \frac{hr}{tn}$$

Con los datos anteriores se obtiene un Takt time de 7.1 hr/tn

4.1.5.4 Cálculo de la Producción Real

Para obtener valores bien definidos, se consideran los siguientes datos, producción bruta de 70 tn/mes, se dispone de 1 maquina en el área de colada, que trabaja a 98% de eficiencia, se logra una Producción real de 2.6 tn/día. Usando la Ecuación 8.

$$\text{Producción real} = \frac{(\text{Prod.bruta} * N^{\circ} \text{ Maquinas} * \% \text{ Funcionamiento})}{\text{Días Habiles}} \quad (8)$$

$$\text{Producción real} = \frac{(70 \text{ tn} * 1 \text{ Maquina} * 98 \%)}{26 \text{ días}} = 2.6 \frac{tn}{día}$$

4.1.5.5 Cálculo de Tiempo de Ciclo

El Mapa de Flujo de Valor – VSM, requiere conocer cuánto tiempo se demora para cumplir con el pedido de un cliente, se conoce un tiempo disponible de 18 hr/día y una producción de 2.6 tn/día, lográndose un Tiempo de ciclo de 6.8 hr/tn. Usando la Ecuación 9.

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Producción real}} \quad (9)$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{18 \frac{hr}{día}}{2.6 \frac{tn}{día}} = 6.8 \frac{hr}{tn}$$

4.1.5.6 Cálculo de Lead Time

El área de colada mantiene un inventario promedio de 3.8 tn y procesa una demanda diaria de 2.5 tn/día. Con estos valores se obtiene un Lead time de 1.5 días. Usando la Ecuación 10.

$$\text{Lead Time} = \frac{\text{Inventario}}{\text{Demanda diaria}} \quad (10)$$

$$\text{Lead Time} = \frac{3.8 \text{ tn}}{2.5 \frac{\text{tn}}{\text{día}}} = 1.5 \text{ dias}$$

4.1.5.7 Cálculo de Tiempo de No valor Agregado

A continuación, se calcula el Lead time de todos los procesos de fabricación y luego obtener el Tiempo de No valor agregado de 9.6 días, como se puede apreciar en la Tabla N°22. Usando la Ecuación 11.

$$\text{Tiempo de No valor agregado} = \sum \text{Lead time} \quad (11)$$

$$\text{Tiempo de No valor agregado} = (1.5 + 1.7 + 1.5 + 2.6 + 1.3 + 1.1) \text{ dias} = 9.6 \text{ dias}$$

Luego de obtener todos los cálculos en las ecuaciones de la parte superior, se procede a realizar un cuadro de resumen que se muestra en la Tabla N°22.

TABLA N°22 : Resumen de cálculo de métricas e indicadores – 2021

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	COLADA CONTINUA	TREFILADO	CABLEADO	EXTRUSIÓN	CORTE Y EMPAQUE	ALMACÉN Y DESPACHO	UNIDAD
Número de Turnos	NT	2	2	2	2	2	2	unidad
Jornada Laboral	JL	10	10	10	10	10	10	hr/turno
Tiempo Inefectivo	TI	1	1	1	1	1	1	hr/turno
Tiempo Disponible	TD	18	18	18	18	18	18	hr/día
Demanda Mensual	DM	65.7	65.7	65.7	65.7	65.7	65.7	tn/mes
Días Habiles por mes	DH	26	26	26	26	26	26	día/mes
Demanda Diaria	DD	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	tn/día
Takt Time	TKT	7.1						hr/tn
Producción Bruta	PB	70	10	10	12	8	24	tn/mes
N° Máquinas	NM	1	8	8	6	10	3	unidad
Tiempo de Funcionamiento	TF	98%	85%	87%	67%	91%	94%	%
Producción Real	PR	2.6	2.6	2.7	1.8	2.8	2.6	tn/día
Tiempo de Ciclo	TC	6.8	6.9	6.7	9.8	6.4	6.9	hr/tn
Tiempo de Cambio de Producto	TCP	1.0	1.2	1.2	2.0	0.5	0.5	hr
Producto No Conforme	PNC	2.4%	3.2%	2.8%	6.8%	2.5%	1.2%	%
N° Operarios	NO	4	16	16	12	10	9	unidad
Inventario	INV	3.8	4.3	3.8	6.5	3.2	2.7	tn
Lead Time	LT	1.5	1.7	1.5	2.6	1.3	1.1	día
Tiempo No Valor Añadido	TVNA	9.6						día
Tiempo de Ciclo	TVA	0.28	0.29	0.28	0.41	0.27	0.29	día
Tiempo Valor Añadido	TVA	1.8						día
Touch Time	TOU	19%						%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.1.6 VSM del Estado Actual

Después del cálculo de las métricas e indicadores se realiza una representación gráfica del mapa de valor agregado actual mostrado en el Figura N°23. Se colocó los siguientes problemas en el flujo de producción:

- 1) Pérdida de tiempo y desorden en el traslado del material de plástico
- 2) Mal balance en la línea de producción, ocasionando cuello de botella

- 3) Alto porcentaje de productos no conformes en el área de extrusión
- 4) Alto inventario de productos en procesos en el área de extrusión
- 5) Bajo tiempo de funcionamiento de las extrusoras
- 6) Generación de reprocesos

Teniendo en consideración estos problemas en la Tabla N°23, se identificó los tipos de desperdicios que se han determinado en el VSM actual.

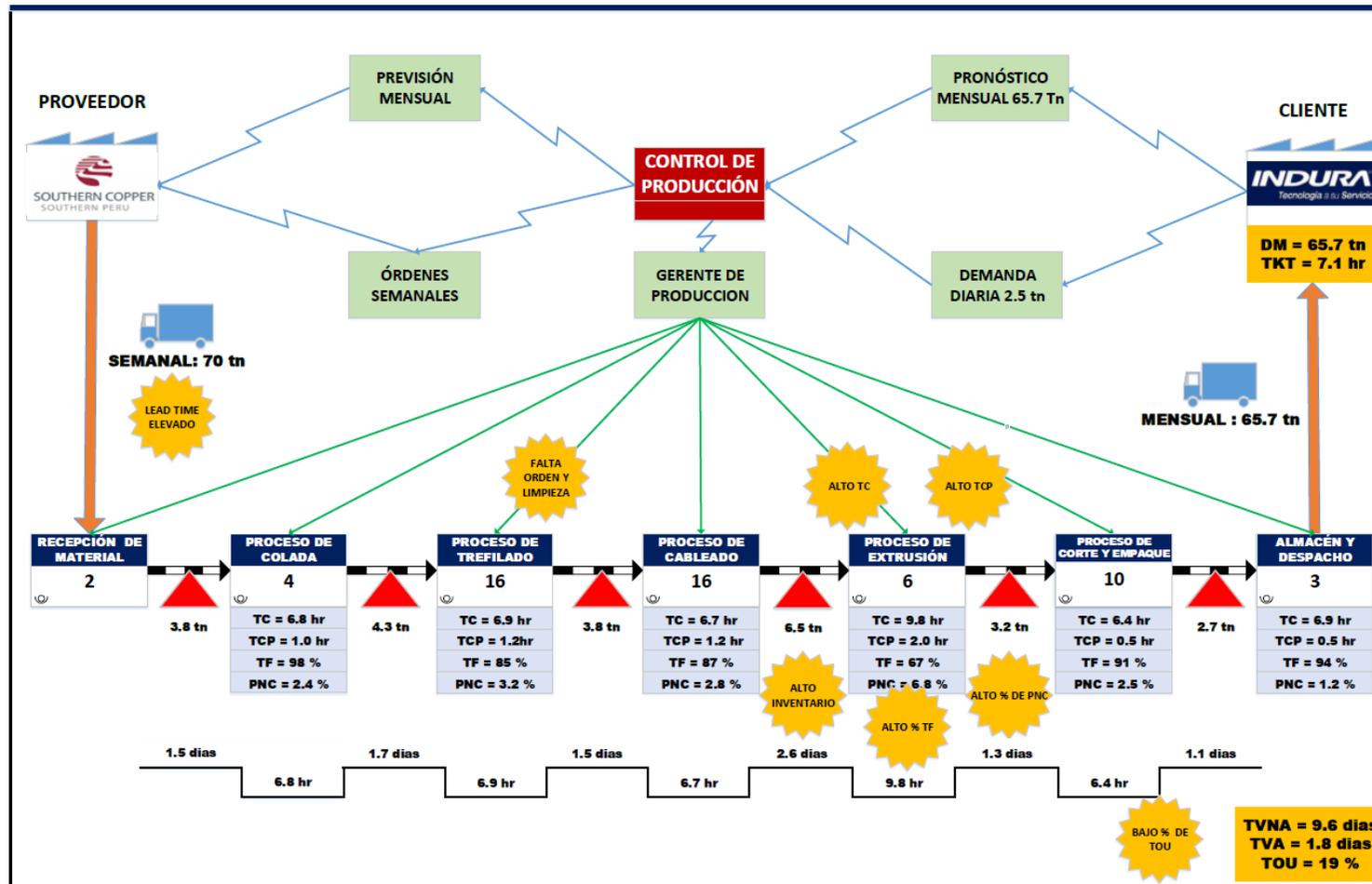
TABLA N°23: Tipo de desperdicios

ITEM	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Transporte	Toma mucho tiempo en trasladar el material de plástico del almacén principal al área de extrusión.
2	Espera	El personal de extrusión tiene demasiado tiempo no productivo en las 6 líneas de producción mientras se realizan los procesos.
3	Defectos	Los productos no conformes se generan en el área de extrusión, ocasionado por los moldes desgastados de las extrusoras.
4	Inventario	El proceso de extrusión es "cuello de botella", porque genera productos en proceso que ocasionan atrasos a los otros procesos.
5	Sobre procesamiento	Los productos no conformes reciben tratamientos adicionales para poder corregir y entregar los pedidos.
6	Movimientos Innecesarios	En las áreas de extrusión y de trefilado, las herramientas de trabajo no cuentan con una ubicación definida, lo que ocasiona que los operarios pierdan tiempo en su búsqueda.

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

FIGURA N°23: Value Stream Mapping - VSM actual



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.1.7 Definir e Implementar Planes de Acción

Con toda esta información se eligen las herramientas adecuadas, que tendrá como objetivo la reducción de los diferentes tipos de desperdicios para lograr el aumento de la productividad. Tal como se observa en la Tabla N°24.

TABLA N°24: Plan de acción

PROCESO	MÉTRICA / INDICADOR	VSM ACTUAL	PLAN DE ACCIÓN	HERRAMIENTA	RESPONSABLE
Extrusión	TC > TKT	9.8 hr	Disminuir el Tiempo de ciclo por debajo al Takt time = 7.1 hr.	SMED	Jefe de Extrusión
Extrusión	Tiempo de preparación	120 min	Reducir el tiempo de preparación por debajo de los 90 min.	SMED	Jefe de Extrusión
Extrusión	Lead Time	2.6 días	Reducir el tiempo de espera a 1.5 día.	JIT	Jefe de Extrusión
Extrusión	% Producto no conforme	6.8%	Reducir el % de producto no conforme por debajo del 5%	5S	Jefe de Extrusión
Extrusión	% Tiempo de funcionamiento	67%	Aumentar el % tiempo de funcionamiento por encima del 85%	5S	Jefe de Extrusión

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.1.8 VSM del Estado Futuro

Luego de elaborar el plan de acción se procede a representar la aplicación de cada herramienta de mejora, para poder determinar los resultados esperados.

Las variaciones encontradas son las siguientes:

- 1) Estandarización de los tiempos de ciclos de cada área cerca al valor del Takt time
- 2) Reducción de los tiempos de preparación de las 6 líneas de producción del área de extrusión
- 3) Disminución en el Lead Time del área de extrusión y de otras áreas para reducir el tiempo de no valor añadido
- 4) Disminución de porcentaje de productos no conformes del área de extrusión
- 5) Aumento del porcentaje del tiempo de funcionamiento de las extrusoras

Luego de realizar todas las mejoras señaladas en la parte superior, se obtendrá la Tabla N°25 donde se muestra el resumen de cálculos de las métricas e indicadores de los procesos productivos.

TABLA N°25 : Resumen de cálculo de métricas e indicadores – 2022

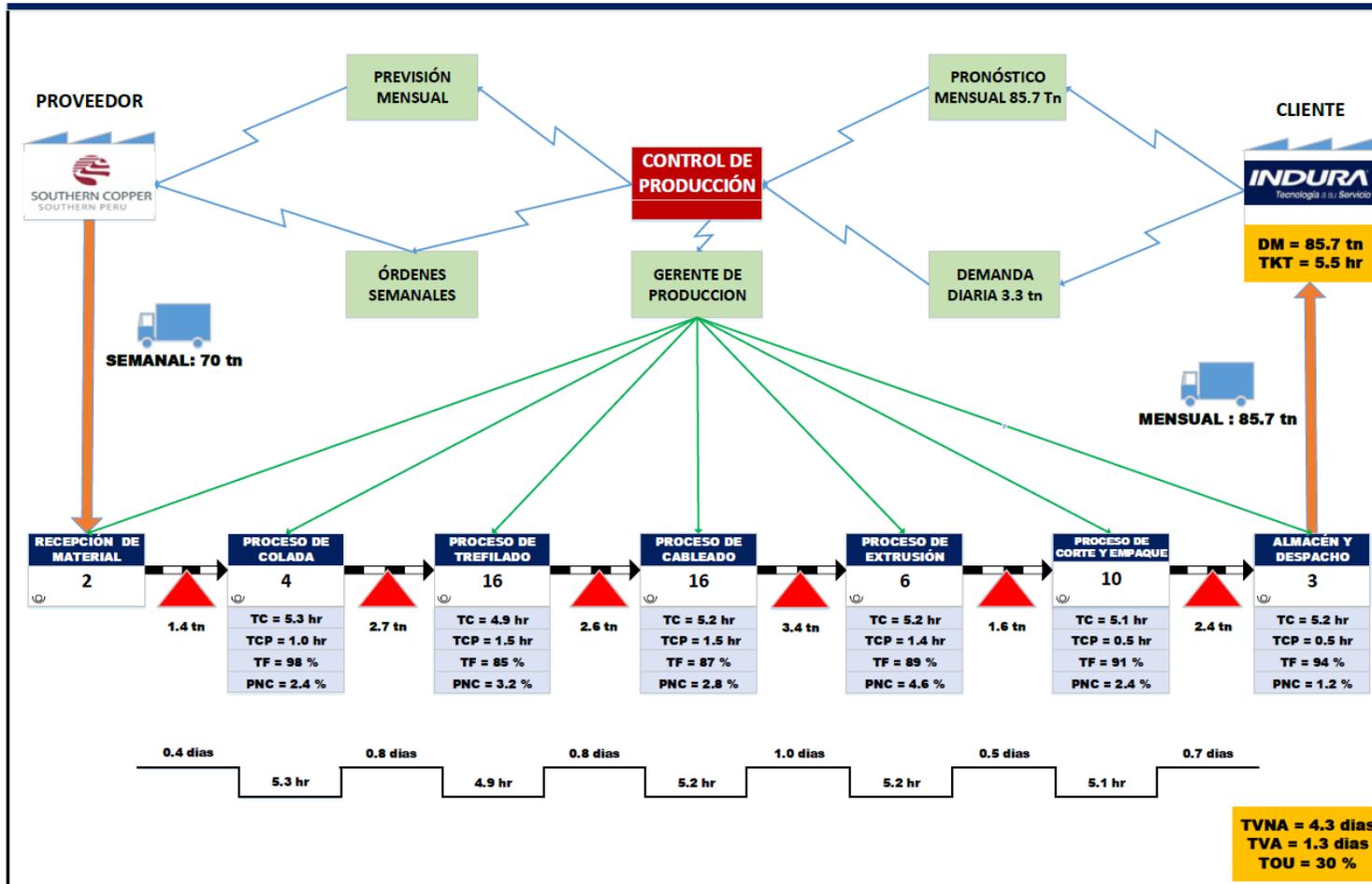
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	COLADA CONTINUA	TREFILADO	CABLEADO	EXTRUSIÓN	CORTE Y EMPAQUE	ALMACÉN Y DESPACHO	UNIDAD
Número de Turnos	NT	2	2	2	2	2	2	unidad
Jornada Laboral	JL	10	10	10	10	10	10	hr/turno
Tiempo Inefectivo	TI	1	1	1	1	1	1	hr/turno
Tiempo Disponible	TD	18	18	18	18	18	18	hr/día
Demanda Mensual	DM	85.7	85.7	85.7	85.7	85.7	85.7	tn/mes
Días Habiles por mes	DH	26	26	26	26	26	26	dia/mes
Demanda Diaria	DD	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	tn/día
Takt Time	TKT	5.5						hr/tn
Producción Bruta	PB	90	14	13	17	10	32	tn/mes
N° Máquinas	NM	1	8	8	6	10	3	unidad
Tiempo de Funcionamiento	TF	98%	85%	87%	89%	91%	94%	%
Producción Real	PR	3.4	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	tn/día
Tiempo de Ciclo	TC	5.3	4.9	5.2	5.2	5.1	5.2	hr/tn
Tiempo de Cambio de Producto	TCP	1.0	1.5	1.5	1.4	0.5	0.5	hr
Producto No Conforme	PNC	2.4%	3.2%	2.8%	4.6%	2.4%	1.2%	%
N° Operarios	NO	4	16	16	12	10	9	unidad
Inventario	INV	1.4	2.7	2.6	3.4	1.6	2.4	tn
Lead Time	LT	0.4	0.8	0.8	1.0	0.5	0.7	día
Tiempo No Valor Añadido	TVNA	4.3						día
Tiempo de Ciclo	TVA	0.22	0.20	0.22	0.22	0.21	0.22	día
Tiempo Valor Añadido	TVA	1.3						día
Touch Time	TOU	30%						%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Con dicha información se procede a representar el VSM futuro en la Figura N°24, donde se observa que los problemas identificados inicialmente ya se encuentran corregidos.

FIGURA N°24: Value Stream Mapping – VSM futuro



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S

4.2.1 Inicio de Campaña

4.2.1.1 Líder del Equipo Implementador

La Alta Dirección elige al líder idóneo para dirigir el equipo implementador, esta persona tiene que tener una gran capacidad técnica y un gran manejo de inteligencia emocional, lo que permite que la inversión tenga altas probabilidades de éxito. Mostrada en la Figura N°25.

4.2.1.2 Primera Reunión del Equipo Implementador

Todos los integrantes del equipo participan en el desayuno oficial de inicio de campaña, en donde el líder del equipo sensibiliza y genera compromiso a todos los jefes para lograr el objetivo de la implementación.

FIGURA N°25: Coordinando con los jefes de área



Fuente y elaboración: Empresa

4.2.1.3 Entrega de Polos por Cada Etapa Semanal

Para comprometer a todos los integrantes de la organización, se realiza la entrega de polos de colores que representan la implementación de cada fase de las 5S. Tal como se observa en la Figura N°26.

FIGURA N°26: Entrega de polos al personal



Fuente y elaboración: Empresa

4.2.1.4 Cronograma de Actividades

El cronograma de actividades mostrado en la Tabla N°26 permite tener el detalle las actividades que se van a realizar secuencialmente en un determinado periodo, las que están formadas en 7 grupos; Inicio, 1S, 2S, 3S, 4S, 5S y Cierre. También sirve para realizar seguimiento de las tareas que no se llevó a cabo o que está tomando más tiempo de lo programado.

TABLA N°26: Cronograma de actividades de las 5S en el año 2022

ACTIVIDADES	JULIO	AGOSTO					SEPTIEMBRE
	Semana 5	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
	Del 26 al 31	Del 02 al 07	Del 09 al 14	Del 16 al 21	Del 23 al 28	Del 30 al 04	Del 06 al 11
N° Inicio de Campaña	INICIO						
1 Corformación del equipo implementador							
2 Presentación e inauguración							
3 Programación de actividades							
4 Capacitar al personal sobre metodología 5S							
N° Semana de Clasificación		1S					
1 Instalar gigantografía para pegar en pared							
2 Instalar banderola							
3 Entregar polos y stickers para casco de la semana 1S							
4 Entregar volantes de la semana 1S							
5 Colocar contenedor de reciclaje y desecho							
6 Colocar protectores de pantalla de la semana 1S							
7 Realizar primera auditoría							
N° Semana de Ordenamiento			2S				
1 Instalar gigantografía para pegar en pared							
2 Instalar banderola							
3 Entregar polos y stickers para casco de la semana 2S							
4 Entregar volantes de la semana 2S							
5 Colocar contenedor de reciclaje y desecho							
6 Colocar protectores de pantalla de la semana 2S							
7 Realizar segunda auditoría							
N° Semana de Limpieza				3S			
1 Instalar gigantografía para pegar en pared							
2 Instalar banderola							
3 Entregar polos y stickers para casco de la semana 3S							
4 Entregar volantes de la semana 3S							
5 Colocar contenedor de reciclaje y desecho							
6 Colocar protectores de pantalla de la semana 3S							
7 Realizar tercera auditoría							
N° Semana de Estandarización					4S		
1 Instalar gigantografía para pegar en pared							
2 Instalar banderola							
3 Entregar polos y stickers para casco de la semana 4S							
4 Entregar volantes de la semana 4S							
5 Colocar contenedor de reciclaje y desecho							
6 Colocar Protectores de Pantalla de la semana 4S							
7 Realizar cuarta auditoría							
N° Semana de Concientización						5S	
1 Instalar gigantografía para pegar en pared							
2 Instalar banderola							
3 Entregar polos y stickers para casco de la semana 5S							
4 Entregar volantes de la semana 5S							
5 Colocar contenedor de reciclaje y desecho							
6 Colocar Protectores de Pantalla de la semana 5S							
7 Realizar quinta auditoría							
N° Cierre de Campaña							CIERRE
1 Realizar la evaluación de indicadores							
2 Publicación de fotos del antes y después							
3 Premiación a las mejores áreas							
4 Realizar cierre de campaña							

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.2.1.5 Capacitación de Personal

El equipo implementador es el responsable de capacitar al personal de las diferentes áreas, para su involucramiento en las tareas incluidas en el cronograma de actividades. Tal como se visualiza en la Figura N°27.

FIGURA N°27: Capacitación de los operarios de producción



Fuente y elaboración: Empresa

4.2.1.6 Entrega de Volantes

El periodo mural mostrado en la Figura N°28 permite la comunicación actualizada mediante volantes a todo el personal de manera visual y rápida.

FIGURA N°28: Periódico mural con los volantes de cada “S”



Fuente y elaboración: Empresa

4.2.2 Clasificación – 1S

En esta primera S, se realiza la clasificación de materiales existentes en las áreas de trabajo de las líneas de extrusión, separando material necesario y material innecesario. El apoyo de los operarios es importante en

esta etapa, pero la justificación y la opinión sobre el uso y la necesidad de estos elementos del área de trabajo se debe cumplir.

Este trabajo se realiza siguiendo la secuencia mostrada en el Tabla N°25, los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de las líneas de extrusión son clasificados según la frecuencia de uso dentro de las operaciones regulares. De esta forma se evita sobrecargar el área de trabajo y quedan solamente los objetos de uso frecuente.

Los objetos que se utilizan con frecuencia mensual pasan a ser ubicados en el almacén de producción, al que tienen los operarios, y permite la flexibilidad de utilizar los elementos de este lugar en forma rápida. Los materiales que se usan una vez al año, se ingresan al almacén de planta. La decisión del material no necesario en el almacén debe ser revisado por el jefe área, tomando en consideración si este material es de fácil obtención y adecuado valor económico.

TABLA N°27: Lista de objetos innecesarios con tarjetas rojas

ÁREA DE TRABAJO : Extrusión						FECHA FINAL: 05/09/22								
FECHA INICIO: 05/08/22														
N°	CÓDIGO DE TARJETA ROJA	TIPO				DESCRIPCIÓN	ACCIÓN							
		ACCESORIO	REPUESTO	HERRAMIENTA	EQUIPO		CANTIDAD	AGRUPAR	ELIMINAR	REUBICAR	REPARAR	RECICLAR	OBSERVACIONES	
1	0051				X	3	Carretes metálicos			X				
2	0052	X				2	Cabezales				X			Línea 2 y línea 5
3	0053	X				1	Termocuplas		X					
4	0054			X		1	Llave para ajustar cabezal	X						
5	0055			X		2	Cuchilla para pelar cable		X					
6	0056			X		2	Vernier electrónico				X			
7	0057			X		1	Vernier analógico			X				
8	0058		X			6	Pernos para cabezales	X						
9	0059	X				10	Moldes hembra y macho					X		
10	0060				X	1	Balanza				X			Solicitar cotización

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Los jefes de cada área son los únicos autorizados para tomar decisiones sobre qué hacer con los materiales incluidos en la Tabla N°27, que están clasificados con tarjeta roja, ya que estos pueden ser eliminados o

reubicados, para así mejorar las áreas de trabajo. Se debe mencionar que existe un almacén aislado y exclusivo para todos los materiales no necesarios y los rechazados. Tal como se observa en la Figura N°29.

FIGURA N°29: Tarjeta roja para guarda objetos

Diagrama de una tarjeta roja para guardar objetos. La tarjeta es roja y tiene un tamaño de 3 pulgadas de ancho por 6 pulgadas de alto. Incluye campos para: No. (número), TARJETA ROJA, Fecha (formato __/__/__), Area, Item, Cantidad, ACCION SUGERIDA (con opciones: Agrupar en espacio separado, Eliminar, Reubicar, Reparar, Reciclar), Comentario, y Fecha p/concluir acción (formato __/__/__).

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.2.3 Ordenamiento – 2S

Este proceso consiste en definir zonas donde se ubicarán los materiales que se clasificaron como necesarios y cuya frecuencia es de uso semanal y diario, mostrado en la Figura N°30 y Figura N°31. La secuencia que se debe trabajar en cada línea de producción es la siguiente:

1. Hacer una lista de los materiales y objetos a ordenar
2. Definir el tipo de mueble donde se colocará, a base del espacio y flexibilidad
3. Incluir los códigos, colores y nombres de cada material existente en el área
4. Decidir la ubicación del mueble a base del uso dado por el operador
5. Colocar los materiales necesarios en lugares visibles, que ayuden con una identificación rápida
6. Establecer diagramas de actividades para guardar los materiales y las herramientas ordenadamente.

Si los materiales o herramientas se utilizan con frecuencia y a diario, se recomienda que sean colocados en muebles al costado del operario.

FIGURA N°30: Área ordenada de corte y empaque



Fuente y elaboración: Empresa

FIGURA N°31: Área ordenada de corte y empaque



Fuente y elaboración: Empresa

4.2.4 Limpieza – 3S

La empresa cuenta con una cultura de limpieza insertada. Ellos desarrollan limpieza cada vez que ingresan al turno laboral y a la salida de éste. Sin embargo, el programa de limpieza no está completamente definido y cada línea de producción se realiza de diferente forma sin seguir los tiempos definidos.

El problema de la limpieza, no es su realización, sino el establecimiento del horario en que se va a realizar, no se evidencia la designación de personal destinado a controlar la limpieza. Inicialmente la verificación del cumplimiento se debe llevar a cabo de forma diaria durante el primer mes, con el objetivo de generar una costumbre en las horas, para luego pasar a ser realizada tres veces por semana. Tal como se visualiza en la Tabla N°28.

TABLA N°28: Formato de conformidad de limpieza general de extrusión

ITEM	DATOS	SEMANA					
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
1	Hora						
2	Fecha						
3	Responsable						
4	Firma						

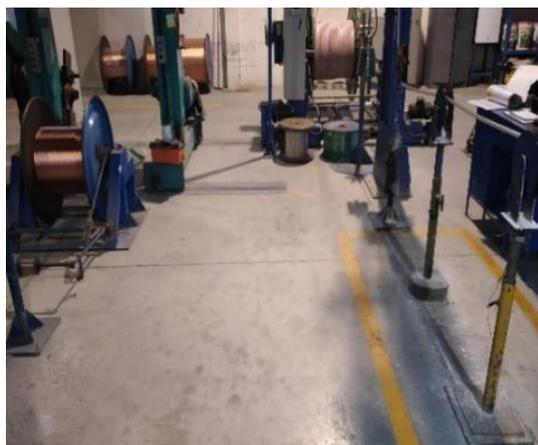
Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Se debe controlar que al final y al inicio de los turnos laborales las herramientas y los materiales pertenecientes a cada área estén correctamente colocados en sus lugares designados y con sus colores particulares. Para este fin se elabora el Formato de Conformidad de Limpieza que incluye una lista de verificación de los aspectos que se deben evaluar al momento de culminar la limpieza.

El objetivo de este formato es la verificación y para que se realice el proceso de limpieza de acuerdo a las especificaciones establecidas mediante las 5S y no regresar al estado anterior. No se debe generar castigos ni llamados de atención a los operarios, a menos que se demasiado repetitivo, si no se cumplen algunos de estos aspectos. El operario puede percibir como una imposición la metodología que se desea implementar y tener una postura reacia. Tal como se visualiza en la Figura N°32.

FIGURA N°32: Área ordenada de corte y empaque



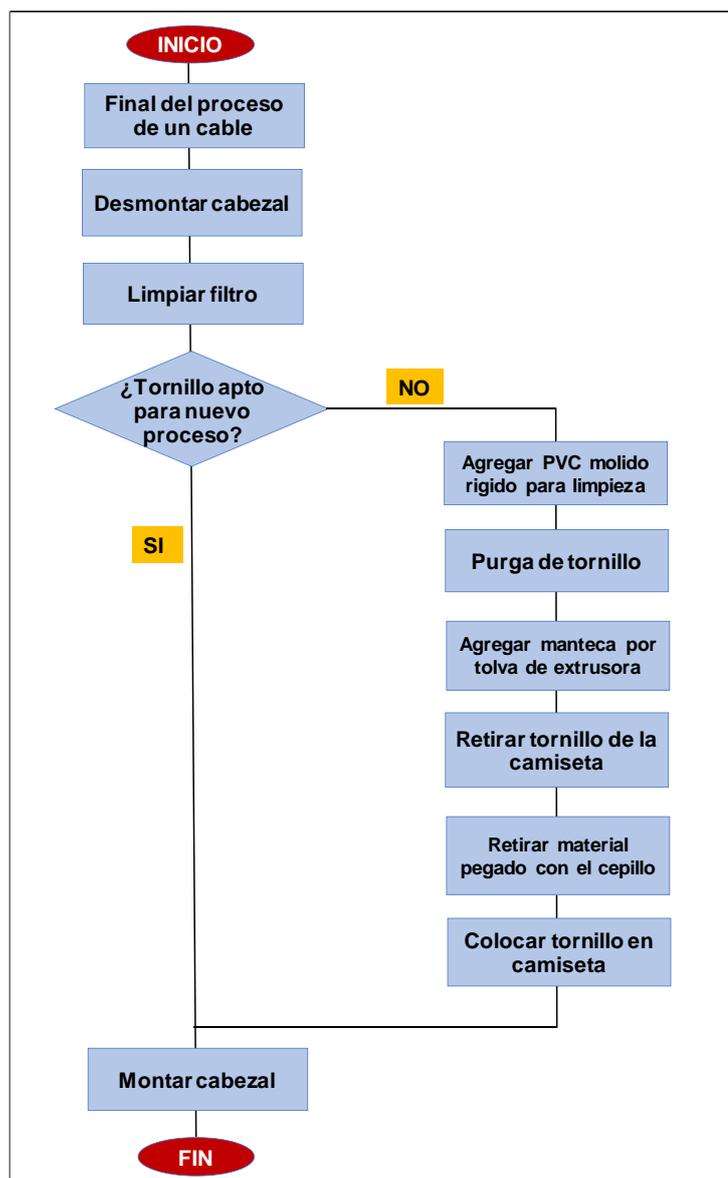
Fuente y elaboración: Empresa

El control debe ser coordinado y cumplido por los trabajadores de cada una de las líneas y recordarles sobre los beneficios que conlleva la buena limpieza en sus labores diarias y para su bienestar físico, y sobre los espacios.

4.2.5 Estandarización – 4S

Una vez que se ha establecido la forma adecuada de organización del área de trabajo, se utilizara como modelo, donde la ubicación de las herramientas y los materiales de trabajo deben quedar claramente definidos. Tal como se observa en la Figura N°33.

FIGURA N°33 : Diagrama de flujo de limpieza de extrusora



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.2.6 Concientización – 5S

En esta última fase se busca que todos los trabajadores de la organización adquieran el hábito de la autodisciplina, para mantener todas las fases anteriores a lo largo del tiempo. Para así lograr un ambiente más seguro para laborar con calidad en los productos y que la organización sea más productiva.

El objetivo central de esta implementación es el fomento de estándares de trabajo para todo personal y así pueda adaptarse mejor a la nueva cultura organizacional.

TABLA N°29: Formato de auditoria en los procesos

SEGUIMIENTO DE: 1ra S, 2da S, 3ra S, 4ta S y 5ta S							
Fecha : 19/08/2022		Nombres de los auditores: Javier Morales / Francisco Rojas			Área: Oficina de Producción		
Puntos a revisar		Puntuación					Observación
		1	2	3	4	5	
1ra S	¿conocen que es la metodología 5 "S"?					5	-
	¿saben qué significa y para que sirve la 1era "S"?					5	-
	El personal conoce que hacer con los objetos innecesarios? ¿las personas saben cómo usar los tachos de reciclaje y saben dónde se encuentran?				4		Se hallaron botellas con contenido
	¿El área tiene objetos necesario que se requieren para hacer el trabajo? (no debe haber cosas que no se usan en el área)					5	-
	El área esta libre de utiles de trabajo en mal estado?					5	-
Sub-total	Puntaje de " 1ra S "	0	0	0	0.8	4	4.8
Puntos a revisar		Puntuación					Observación
		1	2	3	4	5	
2da S	¿las personas saben qué significa y para que sirve la 2da "S"?					5	-
	¿Los archivos y útiles de trabajo están correctamente ordenados?					5	-
	¿Todos los miembros saben a donde pertenecen los objetos?					5	-
	¿Todos los objetos están ordenadamente almacenados y con fácil acceso para retirarlos?				4		Se hallaron carretes en los pasillos
Sub-total	Puntaje de "2da S"	0	0	0	1	3.8	4.8
Puntos a revisar		Puntuación					Observación
		1	2	3	4	5	
3ra S	¿las personas saben qué significa y para que sirve la 3ra"S"?					5	-
	¿Su escritorio se encuentra limpio?					5	-
	¿Están los útiles de trabajo en buen estado?					5	-
Sub-total	Puntaje de "3ra S"	0	0	0	0.0	5.0	5
Puntos a revisar		Puntuación					Observación
		1	2	3	4	5	
4ta S	¿Saben qué significa y para que sirve la 4ta "S"?					5	-
	¿El área tiene la identificación y es visible?				4		Falta limpieza en la señal
Sub-total	Puntaje de "4ta S"	0	0	0	2	2.5	4.5
Puntos a revisar		Puntuación					Observación
		1	2	3	4	5	
5ta S	¿Saben qué significa y para que sirve la 5ta "S"?				4		Reforzar
	¿Cómo aplicarías la metodología 5S al iniciar, durante y al finalizar el turno de trabajo				4		Reforzar con la aplicación
Sub-total	Puntaje de "5ta S"	0	0	0	2	0	2
TOTAL		0	0	0	5.8	15.3	21.1

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

En la parte superior se muestra la Tabla N°29 cuyo formato es usado por los auditores del equipo implementador para medir el nivel de cumplimiento de la metodología 5S, donde se evaluará todas las áreas de la organización, para una mejor comparación, estas se clasificarán en 2 categorías; oficinas y planta.

Luego de realizar la auditoria, el equipo implementador se reúne para realizar la retroalimentación, donde se toma las siguientes observaciones:

- Considerar las unidades de transporte al área de almacén y despacho
- Considerar las cobranzas en el área de contabilidad
- Reforzar los conocimientos de las 5S en el área comercial
- Ver que herramientas falta para que se mejore el área
- Encargar al gerente comercial para que su personal del área ventas Lima capaciten al área ventas provincia
- Pedir al jefe de extrusión defina su programa de limpieza
- Realizar mantenimiento a la carretilla para ser usada en la preparación leña en el área de trefilado
- Cambiar las puertas de madera de los baños
- Buscar una zona para almacenar los materiales de poco uso del área de marketing
- Revisar el Stock de seguridad para alguna eventualidad
- Ser flexibles en el área de extrusión y trefilado
- Considerar a los técnicos al realizar su trabajo en cualquier otra área
- Se debe rotular los equipos y maquinarias de todas las áreas
- Considerar las torres de enfriamiento como parte del área de colada
- Se debe asignar un responsable para las áreas comunes, y sea el encargado de que se cumpla los lineamientos de las 5S
- Se debe utilizar los medios audiovisuales para difundir las 5S

4.2.7 Cierre de Campaña

Al culminar la auditorias se premiará a las áreas con mayor puntuación de cada categoría con una actividad de integración que será asumido por la gerencia general para incentivar el compromiso y participación de todos los trabajadores. Tal como se visualiza en la Tabla N°30.

TABLA N°30 : Resultado de los ganadores de la primera auditoria

N°	ÁREAS AUDITADAS	EQUIPO AUDITOR	PUNTAJE MAXIMO PARA LAS 5 "S" = 25					TOTAL
			1ra "S"	2da "S"	3ra "S"	4ta "S"	5ta "S"	
OFICINA								
1	Oficina de Producción	Oswaldo Arce / Anton Flores	4.8	4.8	5.0	4.5	2.0	21.1
2	Contabilidad y Cobranzas	Enzo Dominguez / Freddy Najarro	3.8	4.0	3.7	4.5	4.3	20.2
3	Oficinas Administrativas	Richard Castañeda / Cesar Tintaya	3.2	3.5	3.3	3.0	3.3	16.3
PLANTA								
1	Control de Calidad y Recuperado de cobre	Oswaldo Arce / Francisco Rojas	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	24.5
2	Almacén y Despacho (Unidades de Transporte)	Enzo Dominguez / Freddy Najarro	3.2	4.3	4.3	4.7	5.0	21.3
3	Extrusión	Frank Zavala / Richard Castañeda	4.3	4.5	4.0	4.3	3.5	20.7
4	Corte y Empaque	Richard Ramirez / Percy Castillo	3.8	3.8	3.8	3.7	3.5	18.5
5	Zonas Comunes	Frank Zavala / Richard Castañeda	3.5	4.0	3.7	4.0	3.0	18.2
6	Mantenimiento	Andrea Diaz / Marisol Temple	3.7	3.3	3.8	3.7	3.5	17.8
7	Colada Continua	Javier Tipiciano / Javier Morales	3.2	3.5	4.0	3.3	3.0	17.0
8	Trefilado	Oswaldo Arce / Richard Ramirez	3.2	3.5	3.4	2.8	2.7	15.6
9	Cableado	Francisco Rojas / Anton Flores	3.0	3.5	4.0	0.0	4.5	15.0

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

El ganador de la primera auditoria en la categoría de oficinas fue: “La Oficina de Producción “con un puntaje de 21.1 como se muestra en la Figura N°34, quienes mostraron un cambio notable en su entorno.

FIGURA N°34 : Ganadores de la Oficina de producción



Fuente y elaboración: Empresa

El ganador de la primera auditoría en la categoría de planta fue: el área de “Control de calidad y recuperado de cobre” con un puntaje de 24.5 como se muestra en la Figura N°35. Quienes reflejan que la constancia y la buena voluntad de mejorar puede generar un cambio positivo en su ambiente laboral.

FIGURA N°35 : Ganadores de Control de calidad y recuperado de cobre



Fuente y elaboración: Empresa

En cada área se realiza una evaluación inicial de los factores de las 5S de clasificación, ordenamiento, limpieza, estandarización y concientización, los cuales son representados en un diagrama tipo radar en Excel. El porcentaje de implementación antes de la mejora fue de 40% y al final se logró un aumento a 71%, tal como se muestra en la Figura N°36.

FIGURA N°36 : Diagrama tipo radar de las 5S



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

En la Tabla N°31 se muestra los tiempos de limpieza de la metodología 5S en todas las áreas de la organización. Lo que representa un ahorro

significativo 240 min por día. Es importante porque permite a los trabajadores realizar sus actividades con mayor eficiencia.

TABLA N°31 : Resumen del tiempo de limpieza por área de las 5S

N°	ÁREA	ANTES (min)	DESPUES (min)	AHORRO (min)
1	Colada continua	62	47	15
2	Trefilado	84	65	19
3	Cableado	92	74	18
4	Extrusión	95	63	32
5	Corte y empaque	87	54	33
6	Almacén y despacho	65	36	29
7	Mantenimiento	75	43	32
8	C.calidad y Recuper. C	40	28	12
9	Zonas comunes	128	85	43
10	Oficinas administrativas	68	51	17
11	Oficina de producción	45	32	13
12	Oficina de contabilidad	30	20	10

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.3 **IMPLEMENTACIÓN DE SMED**

El SMED se aplicó a las líneas de fabricación, el cual se debe reducir el tiempo lo máximo posible. El mayor porcentaje de merma de plástico se genera en el proceso de extrusión, mediante las siguientes 5 etapas. La empresa tiene 6 líneas de fabricación que dependen del diámetro del conductor que se va a forrar, tal como se muestra en la Tabla N°32.

TABLA N°32 : Extrusoras de acuerdo al diámetro del tornillo sinfín

N°	EXTRUSORA	DIAMETRO TORNILLO	TIPO DE PRODUCTO
1	Línea 1	50 mm	LSOH 25 mm ²
2	Línea 2	50 mm	THW 12 AWG
3	Línea 3	80 mm	WS 2/0 AWG
4	Línea 4	80 mm	CPT 4/0 AWG
5	Línea 5	100 mm	NLT 4X16 AWG
6	Línea 6	120 mm	N2XOH 1X120 mm ²

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Para efectos del cálculo del SMED, se selecciona a la extrusora de la Línea 6, porque es la máquina que forra los conductores con mayor diámetro; de tal manera, implica mayor tiempo en todas las tareas de cambio de moldes.

4.3.1 Etapa 1: Desglose de Operaciones

Esta primera etapa consiste en realizar el diagrama de operaciones de la fabricación de un producto y analizar el tiempo de preparación de cambio de modelo de un conductor eléctricos, buscando la reducción en el tiempo de preparación de las 6 líneas de fabricación. Mostrado en la Tabla N°33.

TABLA N°33 : Operaciones y tiempos de preparación de maquina

N°	SUB PROCESO	OPERACIONES	TIEMPO (min)
1	Limpieza de maquina	Purga de material de plástico de la cámara de extrusora	6
2		Llevar la merma a los depósitos de residuos de plástico	6
3		Limpiar el tornillo sinfín y el cabezal	10
4		Buscar los moldes (hembra - macho)	5
5	Programación del panel de control	Verificar antes de iniciar	4
6		Recoger la orden de producción de la oficina	5
7		Activar los Switch de las 7 termocuplas	2
8		Digitar la temperatura de trabajo según el material	5
9	Instalación del carrete a forrar	Buscar y trasladar el carrete con el conductor desnudo	8
10		Colocar el carrete en el desenvolvedor	12
11		Pasar el cable de tiro por las poleas y canaleta	8
12		Atar los extremos al conductor y al encarretador	6
13	Arranque de maquina	Traer las bolsas de material de plástico del almacén	4
14		Verter el contenido en la tolva de la extrusora	8
15		Programar la "marcadora" para rotular los cables	5
16		Ajustar la altura del contometro y secadora	6
17	Finalización de producto	Centrar el conductor con los pernos del cabezal	3
18		Revisiones finales de las dimensiones según pedido	7
19		Buscar y traer los equipos de carga pesada	4
20		Desmontar carrete con el conductor aislado	6
TIEMPO TOTAL (min)			120

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.3.2 Etapa 2: Diferenciar las Operaciones Internas de las Externas

En esta etapa se identifica aquellas actividades que se realizan con la Maquina en Marcha – MM, también llamado operaciones externas, o con la Maquina Parada – MP, también llamado operaciones internas. Tal como se aprecia en la Tabla N°34.

TABLA N°34 : Preparación de maquina inicial

N°	SUB PROCESO	OPERACIONES	TIEMPO (min)	
			INTERNA	EXTERNA
1	Limpieza de maquina	Purga de material de plástico de la cámara de extrusora	6	-
2		Llevar la merma a los depósitos de residuos de plástico	6	-
3		Limpiar el tornillo sinfín y el cabezal	-	10
4		Buscar los moldes (hembra - macho)	5	-
5	Programación del panel de control	Verificar antes de iniciar	4	-
6		Recoger la orden de producción de la oficina	5	-
7		Activar los Switch de las 7 termocuplas	2	-
8		Digitar la temperatura de trabajo según el material	5	-
9	Instalación del carrete a forrar	Buscar y trasladar el carrete con el conductor desnudo	8	-
10		Colocar el carrete en el desenvolvedor	12	-
11		Pasar el cable de tiro por las poleas y canaleta	8	-
12		Atar los extremos al conductor y al encarretador	6	-
13	Arranque de maquina	Traer las bolsas de material de plástico del almacén	-	4
14		Verter el contenido en la tolva de la extrusora	8	-
15		Programar la "marcadora" para rotular los cables	5	-
16		Ajustar la altura del contometro y secadora	-	6
17	Finalización de producto	Centrar el conductor con los pernos del cabezal	3	-
18		Revisiones finales de las dimensiones según pedido	7	-
19		Buscar y traer los equipos de carga pesada	4	-
20		Desmontar carrete con el conductor aislado	6	-
TIEMPO TOTAL (min)			100	20

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.3.3 Etapa 3: Transformar las Operaciones Internas en Externas

Luego en la Tabla N°35 se procede a analizar si algunas operaciones internas pueden transformarse a operaciones externas, o sea, si se pueden llevar a cabo mientras la maquina está en funcionamiento.

TABLA N°35: Transformar las operaciones internas en externas

N°	SUB PROCESO	OPERACIONES	TIEMPO (min)	
			INTERNA	EXTERNA
1	Limpieza de maquina	Purga de material de plástico de la cámara de extrusora	6	-
2		Llevar la merma a los depósitos de residuos de plástico	6	-
3		Limpiar el tornillo sinfín y el cabezal	-	10
4		Buscar los moldes (hembra - macho)	-	5
5	Programación del panel de control	Verificar antes de iniciar	4	-
6		Recoger la orden de producción de la oficina	5	-
7		Activar los Switch de las 7 termocuplas	2	-
8		Digitar la temperatura de trabajo según el material	5	-
9	Instalación del carrete a forrar	Buscar y trasladar el carrete con el conductor desnudo	-	8
10		Colocar el carrete en el desenvolvedor	12	-
11		Pasar el cable de tiro por las poleas y canaleta	8	-
12		Atar los extremos al conductor y al encarretador	6	-
13	Arranque de maquina	Traer las bolsas de material de plástico del almacén	4	-
14		Verter el contenido en la tolva de la extrusora	8	-
15		Programar la "marcadora" para rotular los cables	5	-
16		Ajustar la altura del contometro y secadora	-	6
17	Finalización de producto	Centrar el conductor con los pernos del cabezal	3	-
18		Revisiones finales de las dimensiones según pedido	7	-
19		Buscar y traer los equipos de carga pesada	-	4
20		Desmontar carrete con el conductor aislado	6	-
TIEMPO TOTAL (min)			87	33

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.3.4 Etapa 4: Reducir las Operaciones Internas

Consiste en la eliminación de algunas operaciones que solo se puede realizar mientras la maquina está detenida; sin embargo, se busca reducir la cantidad de operaciones internas al máximo. Mostrado en la Tabla N°36.

TABLA N°36 : Eliminación de operaciones internas

N°	SUB PROCESO	OPERACIONES	TIEMPO (min)	
			INTERNA	EXTERNA
1	Limpieza de maquina	Purga de material de plástico de la cámara de extrusora	6	-
2		Llevar la merma a los depósitos de residuos de plástico	6	-
3		Limpia el tornillo sinfín y el cabezal	-	10
4		Buscar los moldes (hembra - macho)	-	5
5	Programación del panel de control	Verificar antes de iniciar	4	-
6		Recoger la orden de producción de la oficina	5	-
7		Activar los Switch de las 7 termocuplas	2	-
8		Digitar la temperatura de trabajo según el material	5	-
9	Instalación del carrete a forrar	Buscar y trasladar el carrete con el conductor desnudo	-	8
10		Colocar el carrete en el desenvolvedor	12	-
11		Pasar el cable de tiro por las poleas y canaleta	8	-
12		Atar los extremos al conductor y al encarretador	6	-
13	Arranque de maquina	Traer las bolsas de material de plástico del almacén	4	-
14		Verter el contenido en la tolva de la extrusora	8	-
15		Programar la "marcadora" para rotular los cables	5	-
16		Ajustar la altura del contometro y secadora	-	6
17	Finalización de producto	Centrar el conductor con los pernos del cabezal	3	-
18		Revisiones finales de las dimensiones según pedido	7	-
19		Buscar y traer los equipos de carga pesada	-	4
20		Desmontar carrete con el conductor aislado	6	-
TIEMPO TOTAL (min)			72	33

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.3.5 Etapa 5: Reducir las Operaciones Externas

Luego, en este paso se busca eliminar la mayor cantidad de operaciones externas para así reducir el tiempo de cambio de preparación. Tal como se observa en la Tabla N°37.

TABLA N°37: Eliminación de operaciones Externas

N°	SUB PROCESO	OPERACIONES	TIEMPO (min)	
			INTERNA	EXTERNA
1	Limpieza de maquina	Purga de material de plástico de la cámara de extrusora	6	-
2		Llevar la merma a los depósitos de residuos de plástico	6	-
3		Limpiar el tornillo sinfín y el cabezal	-	10
4		Buscar los moldes (hembra - macho)	-	5
5	Programación del panel de control	Verificar antes de iniciar	4	-
6		Recoger la orden de producción de la oficina	5	-
7		Activar los Switch de las 7 termocuplas	2	-
8		Digitar la temperatura de trabajo según el material	5	-
9	Instalación del carrete a forrar	Buscar y trasladar el carrete con el conductor desnudo	-	8
10		Colocar el carrete en el desenvolvedor	12	-
11		Passar el cable de tiro por las poleas y canaleta	8	-
12		Atar los extremos al conductor y al encarretador	6	-
13	Arranque de maquina	Traer las bolsas de material de plástico del almacén	4	-
14		Verter el contenido en la tolva de la extrusora	8	-
15		Programar la "marcadora" para rotular los cables	5	-
16		Ajustar la altura del contometro y secadora	-	6
17	Finalización de producto	Centrar el conductor con los pernos del cabezal	3	-
18		Revisiones finales de las dimensiones según pedido	7	-
19		Buscar y traer los equipos de carga pesada	-	4
20		Desmontar carrete con el conductor aislado	6	-
TIEMPO TOTAL (min)			72	16

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Finalmente, el tiempo de preparación de máquina inicial fue 118 min y al final se logró reducir a 86 min, se aplicó también a las 5 líneas restantes, lo que representa un ahorro significativo diario. Mostrado en la Tabla N°38.

TABLA N°38: Preparación de maquina final

N°	SUB PROCESO	OPERACIONES	TIEMPO (min)
1	Limpieza de maquina	Purga de material de plástico de la cámara de extrusora	6
2		Limpiar el tornillo sinfín y el cabezal	10
3	Programación del panel de control	Verificar antes de iniciar	4
4		Activar los Switch de las 7 termocuplas	2
5		Digitar la temperatura de trabajo según el material	5
6	Instalación del carrete a forrar	Colocar el carrete en el desenvolvedor	12
7		Passar el cable de tiro por las poleas y canaleta	8
8		Atar los extremos al conductor y al encarretador	6
9	Arranque de maquina	Verter el contenido en la tolva de la extrusora	8
10		Programar la "marcadora" para rotular los cables	5
11		Ajustar la altura del contometro y secadora	6
12	Finalización de producto	Centrar el conductor con los pernos del cabezal	3
13		Revisiones finales de las dimensiones según pedido	7
14		Desmontar carrete con el conductor aislado	6
TIEMPO TOTAL (min)			88

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.4 MEJORA DE REDUCCIÓN DE SOBREDIMENSIONAMIENTO

El usaje es el sobredimensionamiento del espesor de pared del forro del conductor, en otras palabras, se busca reducir hasta lograr la medida exacta según las normas técnicas peruanas – NTP.

La mayoría de conductores eléctricos fabricados por Elcope, tiene un mayor espesor de pared de lo requerido por el cliente. la causa principal es la falta de moldes hembra y macho para cada extrusora. Mostrado en la Tabla N°39.

TABLA N°39 : Control de usaje de la primera semana de agosto del 2022

CABLE	FECHA	LONGITUD (m)	DIAMETRO TEÓRICO (mm)	DIAMETRO REAL (mm)	USAJE (kg)
THW 14 AWG, CL2, DOBLE FORRO	1-Ago	1,100	3.20	3.90	6.0
THW 14 AWG, CL2, DOBLE FORRO	1-Ago	5,500	3.20	3.90	30.1
THW 14 AWG, CL2, DOBLE FORRO	1-Ago	1,000	3.20	3.90	5.5
THW 14 AWG, CL2, DOBLE FORRO	1-Ago	8,700	3.20	3.90	47.5
N2XY 3X10 AWG, CL2 - RELLENO	1-Ago	114	5.40	5.60	0.3
NY 1X6 MM2, CL2 - CUBIERTA	2-Ago	3,005	5.40	5.60	7.3
THW 14 AWG, CL2, DOBLE FORRO	2-Ago	17,000	3.20	3.90	92.9
THW 14 AWG, CL2, DOBLE FORRO	2-Ago	7,000	3.20	3.90	38.3
NY 1X6 MM2, CL2 - CUBIERTA	2-Ago	3,005	4.30	4.70	11.9
N2XOH 1X10 MM2, CL5 - CUBIERTA	2-Ago	502	3.20	3.50	1.1
NMT 4X12 AWG, CL5 - RELLENO	2-Ago	200	3.20	3.50	0.4
NMT 3X10 AWG, CL5 - RELLENO	3-Ago	1,520	3.20	3.50	3.4
NMT 4X12 AWG, CL5 - RELLENO	3-Ago	1,384	3.20	3.50	3.1
THW 10 AWG, CL2	3-Ago	2,200	3.20	3.50	4.9
N2XY 3X10 AWG, CL2 - CUBIERTA	4-Ago	114	3.20	3.50	0.3
NMT 3X12 AWG, CL5 - RELLENO	4-Ago	1,460	3.20	3.50	3.2
LSOH 4 MM2, CL2 - AISLAMIENTO	4-Ago	2,200	3.20	3.50	4.9
LSOH 6 MM2, CL2 - AISLAMIENTO	4-Ago	1,000	3.20	3.50	2.2
GPT 8 AWG, CL5	5-Ago	6,530	4.30	4.70	25.8
GPT 8 AWG, CL5	5-Ago	1,800	4.30	4.70	7.1
LSOH 6 MM2, CL2 - AISLAMIENTO	5-Ago	1,000	4.30	4.70	4.0
NMT 2X12 AWG, CL5 - CUBIERTA	5-Ago	4,200	4.30	4.70	16.6
TW 70 MM2, CL2 - CUBIERTA	5-Ago	506	4.30	4.70	2.0
LSOH 4 MM2, CL2 - AISLAMIENTO	6-Ago	5,180	4.30	4.70	20.5
NMT 2X12 AWG, CL5 - CUBIERTA	6-Ago	2,580	4.30	4.70	10.2
THW 8 AWG, CL2	6-Ago	1,005	4.30	4.70	4.0
NMT 2X12 AWG, CL5 - CUBIERTA	6-Ago	3300	0.047	0.052	155.5
SET 2X4 MM2, CL1 - CUBIERTA	6-Ago	5097	0.054	0.059	276.4
DOMINGO	7-Ago				

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

El control de usaje, del diámetro por cada metro de longitud, se realizó desde el mes de mayo hasta octubre, logrando un ahorro de 80 bolsas de material de plástico que equivale a S/ 14,321. Tal como se observa en la Tabla N°40.

TABLA N°40 : Resumen general de usaje desde abril hasta septiembre

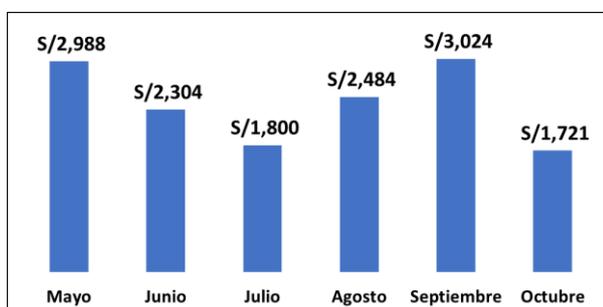
MES	USAJE (kg)	CANTIDAS DE BOLSAS (25 Kg)	AHORRO
Mayo	415	17	S/ 2,988
Junio	320	13	S/ 2,304
Julio	250	10	S/ 1,800
Agosto	345	14	S/ 2,484
Septiembre	420	17	S/ 3,024
Octubre	239	10	S/ 1,721
TOTAL		80	S/ 14,321

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Mediante el grafico de barras se muestra el ahorro en soles por cada mes mediante el control de usaje. Tal como se visualiza en la Figura N°37.

FIGURA N°37 : Ahorro de usaje por cada mes en soles



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Se compró una mayor cantidad de moldes tipo macho para las extrusoras y con mayor variedad de diámetros para cumplir con lo especificado del espesor mínimo de pared. Mostrado en la Tabla N°38.

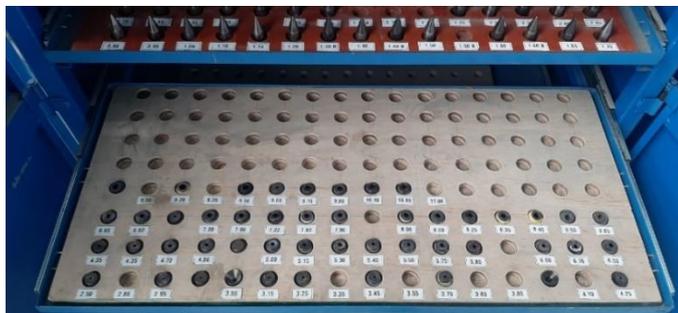
FIGURA N°38 : Moldes nuevos tipo macho



Fuente y elaboración: Empresa

Se realizó la compra de una mayor cantidad de moldes tipo hembra para las extrusoras y con mayor variedad de diámetros para cumplir con lo especificado del espesor mínimo de pared para cumplir con las normas técnicas del aislamiento. Tal como se observa en la Figura N°39.

FIGURA N°39 : Moldes nuevos tipo hembra



Fuente y elaboración: Empresa

4.5 IMPLEMENTACIÓN DEL CÁLCULO DE LONGITUD PARA AHORRAR MATERIAL DE PLÁSTICO

Luego del proceso de trefilado, el carrete que contiene el cable y/o conductor desnudo ingresa al área de extrusión para que pueda ser aislado con el material de plástico.

En el análisis del SMED se observó que luego del proceso aislamiento de un producto, se procede a purgar todo el material plástico excedente de la cámara de la extrusora, esto es considerado merma, lo que contribuye a incrementar los indicadores merma de plástico.

Por tal motivo, se elaboró una base datos, donde se muestra la fase de aislamiento, la fase de cubierta, el calibre del conductor desnudo (mm / AWG) y dimensiones del núcleo, tal como se observa en la Tabla N°39 y Tabla N°40.

4.5.1 Diámetro de Cables para la Fase de Aislamiento

Esta Tabla N°41 contiene los diámetros mínimos y máximo de la fase de aislamiento y de la fase de cubierta del conductor desnudo, también llamado núcleo cuya unidad de medida son: los milímetros – mm.

TABLA N°41: Diámetros menores y mayores para cables [mm²]

CABLE		FASE DE AISLAMIENTO					CABLE		FASE DE CUBIERTA			
Núcleo [mm]	d. Menor [mm]	CPT	LSOH	N2X0H	NYN	d. Mayor [mm]	Núcleo [mm ²]	d. Menor [mm]	PVC	LSOH	d. Mayor [mm]	
1.5	1.52	2.92	3.32	3.16	3.36	3.19	1.5	3.26	5.16	6.36	5.76	
2.5	1.60	3.56	3.76	3.61	3.81	3.69	2.5	3.71	5.61	6.81	6.21	
4	2.54	4.14	4.34	4.15	4.75	4.35	4	4.45	6.15	7.75	6.95	
6	3.08	4.68	4.88	4.72	5.32	4.90	6	5.02	6.72	8.32	7.52	
10	4.02	6.02	6.42	5.65	6.25	6.09	10	5.95	7.65	9.25	8.45	
16	5.06	7.06	7.46	6.70	7.30	7.13	16	7.00	8.70	10.30	9.50	
25	6.33	8.73	8.42	8.73	9.02	8.73	25	8.88	10.42	12.02	11.22	
35	7.53	9.93	9.93	9.56	10.16	9.90	35	9.86	11.56	13.16	12.36	
50	8.89	11.69	11.89	11.10	11.90	11.65	50	11.50	13.10	14.90	14.00	
70	10.70	13.50	13.70	13.10	13.70	13.50	70	13.40	15.10	16.70	15.90	
95	12.35	15.55	15.35	15.00	16.00	15.48	95	15.50	17.20	19.20	18.20	
120	14.15	17.35	17.75	16.81	17.61	17.38	120	17.21	19.01	20.81	19.91	
150	15.73	19.33	19.33	18.75	19.55	19.24	150	19.15	21.15	22.95	22.05	
185	17.98	21.98	21.58	21.04	21.84	21.61	185	21.44	23.64	25.44	24.54	
240	19.96	24.36	23.56	23.55	24.55	24.01	240	24.05	26.15	28.35	27.25	
300	22.33	26.95	25.54	25.90	27.10	26.37	300	26.50	28.70	31.10	29.90	

Fuente: Empresa**Elaboración:** Propia

Esta Tabla N°42 contiene los diámetros mínimos y máximo de la fase de aislamiento y de la fase de cubierta del conductor desnudo, según el tipo de producto a fabricar, también llamado núcleo cuya unidad de medida es: American Wire Gauge – AWG.

TABLA N°42 : Diámetros menores y mayores para cables [AWG]

CABLE		FASE DE AISLAMIENTO					CABLE		FASE DE CUBIERTA			
Núcleo [mm]	d. Menor [mm]	CPT	LSOH	N2X0H	NYN	d. Mayor [mm]	Núcleo [mm ²]	d. Menor [mm]	PVC	LSOH	d. Mayor [mm]	
24	0.36	1.22	1.21	1.32	1.35	1.28	24	1.34	2.42	2.02	2.22	
22	0.58	1.59	1.62	1.64	1.61	1.62	22	1.63	2.74	2.72	2.73	
20	0.92	2.10	2.08	2.12	2.07	2.09	20	2.10	3.56	3.12	3.34	
18	1.16	2.47	2.42	2.48	2.44	2.45	18	2.46	3.34	4.02	3.68	
16	1.46	2.86	2.88	2.89	2.90	2.88	16	2.90	4.76	4.12	4.44	
14	1.84	3.45	3.46	3.43	3.47	3.45	14	3.26	5.79	5.73	5.76	
12	2.32	4.35	4.36	4.38	4.36	4.36	12	3.71	6.19	6.23	6.21	
10	2.96	4.64	4.63	4.65	4.61	4.63	10	4.45	7.01	6.89	6.95	
8	3.62	5.32	5.35	5.31	5.33	5.33	8	5.02	7.49	7.55	7.52	
6	4.63	6.68	6.64	6.63	6.62	6.64	6	5.95	8.23	8.66	8.45	
4	5.88	7.90	7.88	7.91	7.87	7.89	4	7.00	9.23	9.77	9.50	
2	7.25	9.55	9.57	9.52	9.54	9.55	2	8.72	11.41	11.02	11.22	
1/0	9.45	11.75	11.75	11.74	11.69	11.73	1/0	9.86	12.54	12.17	12.36	
2/0	10.54	13.24	13.19	13.22	13.20	13.21	2/0	11.50	14.40	13.60	14.00	
3/0	11.84	14.54	14.58	14.57	14.59	14.57	3/0	13.40	16.23	15.56	15.90	
4/0	13.40	16.34	16.38	16.37	16.32	16.35	4/0	15.50	18.32	18.08	18.20	

Fuente: Empresa**Elaboración:** Propia

4.5.2 Cálculo de Longitud para de Cambio de Color

Se elabora Tabla N°43 y Tabla N°44 para calcular lo longitud restante para cambio de color del conductor eléctrico con los siguientes parámetros: área del conductor desnudo, diámetro menor, diámetro mayor, tipo de extrusora, el volumen de la cámara del tornillo sinfín, porcentaje de tolerancia de cambio de color.

TABLA N°43 : Calculo de longitud para cables [mm²]

EXTRUSORA	Línea 5	VOLUMEN [m ³]	0.0031	TOLERANCIA [Cambio Color]	15%
------------------	---------	-------------------------------------	--------	-------------------------------------	-----

CABLE		FASE DE AISLAMIENTO		CABLE		FASE DE CUBIERTA	
Núcleo [mm ²]	d. Menor [mm]	d. Mayor [mm]	L. Restante [m]	Núcleo [mm ²]	d. Menor [mm]	d. Mayor [mm]	L. Restante [m]
1.5	1.52	3.19	428	1.5	3.26	5.76	149
2.5	1.60	3.69	306	2.5	3.71	6.21	136
4	2.54	4.35	271	4	4.45	6.95	118
6	3.08	4.90	232	6	5.02	7.52	107
10	4.02	6.09	161	10	5.95	8.45	94
16	5.06	7.13	133	16	7.00	9.50	82
25	6.33	8.73	93	25	8.88	11.22	71
35	7.53	9.90	82	35	9.86	12.36	61
50	8.89	11.65	60	50	11.50	14.00	53
70	10.70	13.50	50	70	13.40	15.90	46
95	12.35	15.48	39	95	15.50	18.20	37
120	14.15	17.38	33	120	17.21	19.91	34
150	15.73	19.24	27	150	19.15	22.05	28
185	17.98	21.61	23	185	21.44	24.54	24
240	19.96	24.01	19	240	24.05	27.25	21
300	22.33	26.37	17	300	26.50	29.90	18

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

TABLA N°44: Calculo de longitud para cables [AWG]

EXTRUSORA	Línea 5	VOLUMEN [m ³]	0.0031	TOLERANCIA [Cambio Color]	15%
------------------	---------	-------------------------------------	--------	-------------------------------------	-----

CABLE		FASE DE AISLAMIENTO		CABLE		FASE DE CUBIERTA	
Núcleo [AWG]	d. Menor [mm]	d. Mayor [mm]	L. Restante [m]	Núcleo [AWG]	d. Menor [mm]	d. Mayor [mm]	L. Restante [m]
24	0.36	1.28	2251	24	1.34	2.22	1070
22	0.58	1.62	1482	22	1.63	2.73	700
20	0.92	2.09	953	20	2.10	3.34	498
18	1.16	2.45	721	18	2.46	3.68	449
16	1.46	2.88	545	16	2.90	4.44	297
14	1.84	3.45	395	14	3.26	5.76	149
12	2.32	4.36	247	12	3.71	6.21	136
10	2.96	4.63	265	10	4.45	6.95	118
8	3.62	5.33	220	8	5.02	7.52	107
6	4.63	6.64	148	6	5.95	8.445	94
4	5.88	7.89	122	4	7.00	9.5	82
2	7.25	9.55	87	2	8.72	11.215	68
1/0	9.45	11.73	70	1/0	9.86	12.355	61
2/0	10.54	13.21	53	2/0	11.50	14	53
3/0	11.84	14.57	47	3/0	13.40	15.895	46
4/0	13.40	16.35	38	4/0	15.50	18.2	37

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.5.3 Elaboración de Hoja Automática para el Forrado de Cable

Con los datos obtenidos en las Tablas N°41, Tabla N°42, Tabla N°43 y Tabla N°44, se puede realizar: la “Hoja del forrado para cualquier conductor eléctrico”.

Para elaborar la hoja de pedido se debe ingresar los datos solicitados por el cliente como: Longitud del conductor, tipo de núcleo, cantidad de fases, tipo de máquina, calibre del conductor, material de aislamiento, material de cubierta y tolerancia del cambio de color.

Teniendo como dato el pedido del cliente: longitud = 1,000 metros y el calibre = 2/0 AWG, luego el ingeniero, coloca los parámetros de producción del pedido: material de aislamiento = XLPE, material de cobertura = PVC, cantidad de fases = 1, maquina = extrusora 7, volumen de cámara = 0.0014 m³ y tolerancia = 15%. Visualizado en la Tabla N°45. Usando la Ecuación 12.

$$L. Restante = L. total - \frac{(V.Cámara)}{\frac{\pi}{4} * \left(\left(\frac{D.mayor}{1,000} \right)^2 - \left(\frac{d.menor}{1,000} \right)^2 \right)} * (1 - \%Tolerancia) \quad (12)$$

$$L. Restante = 1,030 - \frac{(0.0014m^3)}{\frac{\pi}{4} * \left(\left(\frac{13.21 mm}{1,000 m} \right)^2 - \left(\frac{10.54 mm}{1,000 m} \right)^2 \right)} * (1 - 15\%) = 1,002 m$$

TABLA N°45 : Hoja para el forrado de cualquier conductor eléctrico

DATOS DEL PEDIDO		
1	Longitud del producto	1,030 m
2	Sección transversal	AWG
3	Calibre	2/0 [AWG]
PARAMETROS DE PRODUCCIÓN		
1	Material de aislamiento	XLPE
2	Material de revestimiento	PVC
3	Cantidad de fases	1
4	Extrusora	Línea 3
5	Volumen de cámara (m3)	0.0014
6	Tolerancia del cambio de color	15%
LONGITUD PARA CAMBIO DE COLOR		
1	Longitud de aislamiento	1007 m
2	Longitud de revestimiento	1002 m

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.6 REDUCCIÓN DE PRODUCTO POR REPROCESAR

En el año 2021 se observa que existen 67 productos por reprocesar, de los cuales 30 de estos productos es por sobredimensionamiento. Tal como se me muestra en la Tabla N°46.

TABLA N°46 : Cantidad de productos por reprocesar del 2021

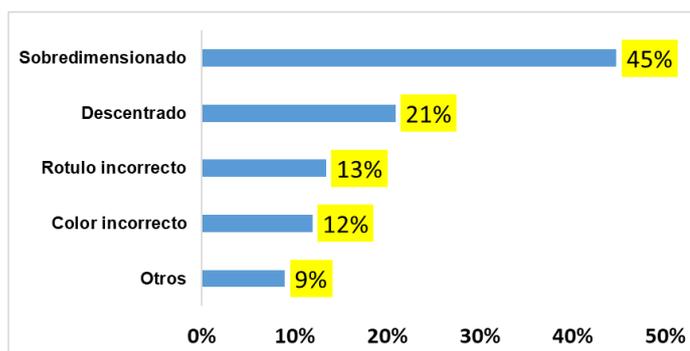
N°	ANOMALIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	%
1	Sobredimensionado	2	1	3	1	2	1	4	3	3	5	3	2	30	45%
2	Descentrado	1	-	3	2	2	1	-	1	2	-	-	2	14	21%
3	Rotulo incorrecto	2	-	1	-	2	-	-	2	1	1	-	-	9	13%
4	Color incorrecto	-	3	-	-	1	-	1	1	2	-	-	-	8	12%
5	Otros	1	-	1	1	-	1	-	-	1	1	-	-	6	9%
TOTAL		6	4	8	4	7	3	5	7	9	7	3	4	67	100%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

La principal anomalía corresponde a los productos por reprocesar por sobredimensionamiento, que representa 45% del total. Como se observa en la Figura N°40.

FIGURA N°40 : Porcentaje de producto no conforme del 2021



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Después de la implementación se logró mejorar los productos por reprocesar en el año 2022, se observa que existen 37 productos por reprocesar, de los cuales 13 de estos productos es por sobredimensionamiento. Tal como se observa en la Tabla N°47.

TABLA N°47: Cantidad de productos por reprocesar del 2022

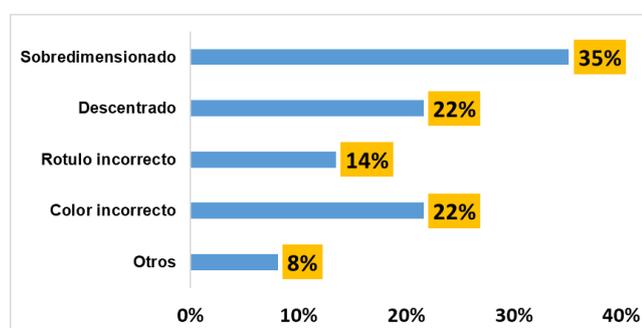
N°	ANOMALIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	%
1	Sobredimensionado	1	3	-	2	1	-	1	1	2	-	1	1	13	35%
2	Descentrado	2	-	1	1	-	-	1	-	-	1	-	2	8	22%
3	Rotulo incorrecto	-	1	-	-	1	-	-	2	1	-	-	-	5	14%
4	Color incorrecto	1	2	-	2	-	1	1	-	1	-	-	-	8	22%
5	Otros	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	3	8%
TOTAL		4	6	2	5	3	1	3	3	4	1	2	3	37	100%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

La principal anomalía corresponde a los productos por reprocesar por sobredimensionamiento, que representa 35% del total. Como se observa en la Figura N°41.

FIGURA N°41 : Porcentaje de producto no conforme del 2022



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.7 CÁLCULO DEL STOCK DE SEGURIDAD – SS

Según Krajewski (2021), se calculó el stock de seguridad - SS, tomando como datos, la demanda promedio de 65.7 tn, el tiempo de espera de un 0.37 mes, con un nivel de servicio de 95%, con la tabla de distribución normal, se determina el valor de $Z = 1.64$, la desviación promedio del 2021 fue de 24.5 tn. Tal como se observa en la Tabla N°48. Usando la Ecuación 13.

$$SS = (Z) * \left(\frac{\text{Desviación}}{\text{estandar}} \right) * \left(\sqrt{\text{Tiempo de espera}} \right) \quad (13)$$

$$SS (2021) = (1.64) * (24.5 \text{ tn}) * \left(\sqrt{0.37} \right) = 24.5 \text{ tn}$$

$$SS(2022) = (1.64) * (12.3 \text{ tn}) * (\sqrt{0.16}) = 8.2 \text{ tn}$$

TABLA N°48: Stock de seguridad 2021 y 2022

N°	MES	AÑO 2021	AÑO 2022
1	Enero	61.4	90.7
2	Febrero	69.4	101.4
3	Marzo	79.3	112.4
4	Abril	70.5	111.5
5	Mayo	38.8	106.5
6	Junio	53.6	100.5
7	Julio	50.7	100.9
8	Agosto	82.9	116.6
9	Septiembre	128.1	136.1
10	Octubre	130.4	74.3
11	Noviembre	114.0	105.9
12	Diciembre	81.7	95.8
TOTAL (tn)		960.8	1,253
Desviación (tn) al 100%		29.9	15.0
Desviación (tn) al 82%		24.5	12.3
Nivel de servicio (%)		95%	95%
Valor de Z		1.64	1.64
Tiempo de espera (mes)		0.37	0.16
Stock Seguridad (tn)		24.5	8.2

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

4.8 CÁLCULO INICIAL DEL OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS – OEE

4.8.1 Disponibilidad

El tiempo de funcionamiento de las extrusoras son 18 horas por día, lo que significa 1,080 min, donde cada máquina tiene 178 min de inactividad por turno, lo que representa 356 min por día. Mensualmente se tomará los mismos valores. Usando la Ecuación 1.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(1,080 \text{ min} - 356 \text{ min})}{1,080 \text{ min}} * (100\%) = 67.0\%$$

4.8.2 Tasa de Rendimiento

A la velocidad de producción óptima promedio, diariamente se deberían fabricar un total 17 productos en todas las líneas de producción, en 26 días

hábiles por mes, la producción esperada es de 442 productos; sin embargo, se descontó 67 productos en todas las líneas de producción, lo que resulta una producción real de 375 productos por mes. Usando la Ecuación 2.

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{(375 \text{ unidades})}{442 \text{ unidades}} * (100\%) = 84.8\%$$

4.8.3 Tasa de Calidad

Diariamente se fabrican en promedio un total 14 productos, en todas las líneas de producción, existe 26 días hábiles por mes, originando 364 productos de los cuales 25 son productos no conforme. Por lo tanto; existen 339 productos que pasaron los estándares de calidad. Usando la Ecuación 3.

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{(364 \text{ unidades} - 25 \text{ unidades})}{364 \text{ unidades}} * (100\%) = 93.2\%$$

Después de obtener los valores calculados, se procede reemplazar en la Ecuación 4 para hallar el OEE cuyo resultado nos da 53.0%.

$$\text{OEE} = (67.0\%) * (84.8\%) * (93.2\%) = 53.0\%$$

4.9 CÁLCULO FINAL DEL OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS – OEE

4.9.1 Disponibilidad

El tiempo disponible de funcionamiento de las extrusoras es 18 horas por día, lo que significa 1,080 min, donde cada máquina tiene 59 min de inactividad por turno, lo que representa 118 min por día. Mensualmente se tomará los mismos valores. Usando la Ecuación 1.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(1,080 \text{ min} - 118 \text{ min})}{1,080 \text{ min}} * (100\%) = 89.0\%$$

4.9.2 Tasa de Rendimiento

A la velocidad de producción óptima promedio, diariamente se deberían fabricar un total 17 productos en todas las líneas de producción, en 26 días hábiles por mes, la producción esperada es de 442 productos; sin embargo,

se descontó 37 productos en todas las líneas de producción, lo que resulta una producción real de 405 productos por mes. Usando la Ecuación 2.

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{(405 \text{ unidades})}{442 \text{ unidades}} * (100\%) = 91.6\%$$

4.9.3 Tasa de Calidad

Diariamente se fabrican en promedio un total 15 productos, en todas las líneas de producción, existe 26 días hábiles por mes, originando 390 productos de los cuales 18 son productos no conforme. Por lo tanto; existen 372 productos que pasaron los estándares de calidad. Usando la Ecuación 3.

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{(390 \text{ unidades} - 18 \text{ unidades})}{390 \text{ unidades}} * (100\%) = 95.4\%$$

Después de obtener los valores calculados, se procede a reemplazar en la Ecuación 4 para hallar el OEE cuyo resultado nos da 77.9%.

$$\text{OEE} = (89.0\%) * (91.6\%) * (95.4\%) = 77.9\%$$

CAPITULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO

5.1 COSTO DE LA INVERSIÓN

Para la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se necesita invertir en la capacitación del personal, compra de equipos y materiales para difundir esta mejora continua. Se detalla a continuación, las inversiones realizadas:

5.1.1 Costo en Implementación en VSM

El VSM fue el primer paso para iniciar la implementación, permite detectar los despilfarros que tiene la organización, por tal motivo se capacito al personal para que pueda aportar en esta mejora para la empresa. La inversión en esta herramienta fue de S/ 2,888. Mostrado en la Tabla N°49.

TABLA N°49 : Inversión para la implementación de VSM

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
1	Diplomado en Lean Manufacturing	1	S/ 700	S/ 700
2	Costo de capacitación a jefaturas (2hr)	10	S/ 89	S/ 889
3	Costo unica vez del software "VISIO"	1	S/ 1,299	S/ 1,299
TOTAL				S/ 2,888

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.1.2 Costo en Implementación en 5S

Para la implementación de la metodología de las 5S se requiere invertir en capacitaciones, polos, banderolas, volantes, periódico mural, etc. Para sensibilizar y concientizar a todo el personal, ya que esta inversión permite mostrar en la Tabla N°50, el personal se siente comprometido en participar en este cambio de cultura organizacional. Con una inversión de S/ 20,328.

TABLA N°50 : Costos para implementar las “5S”

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
1	Costo capacitación a jefaturas (2hr)	10	S/ 89	S/ 889
2	Costo capacitación a administrativos (2hr)	20	S/ 44	S/ 889
3	Costo capacitación a operarios (2hr)	90	S/ 15	S/ 1,350
4	Desayuno de inauguración	120	S/ 10	S/ 1,200
5	Banderolas de cada "S"	5	S/ 100	S/ 500
6	Polos de cada "S"	600	S/ 10	S/ 6,000
7	Premio para concurso	3	S/ 1,000	S/ 3,000
8	Volantes publicitarios por medio millar	5	S/ 100	S/ 500
9	Rótulos para las maquinas y áreas	80	S/ 30	S/ 2,400
10	Estación de limpieza por área	6	S/ 200	S/ 1,200
11	Desayuno de clausura	120	S/ 10	S/ 1,200
12	Cilindros para los residuos solidos	30	S/ 30	S/ 900
13	Implementos de limpieza y señalización	6	S/ 50	S/ 300
TOTAL				S/ 20,328

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.1.3 Costo en Implementación del SMED

La inversión en esta herramienta SMED es de vital importancia, permite adquirir 6 máquinas trituradoras, los cuales ayudaran a reducir los indicadores de merma de plástico, esta merma es generada por la rebaba y purga en el cambio de color, se podrá reutilizar esta merma de material para que sea usado como relleno en la fabricación de otros conductores eléctricos.

También se compró 100 moldes para tener mayor variedad en los diámetros solicitados por los clientes y se entregue el espesor de pared exacto. La inversión total en esta herramienta fue de S/ 33,128. Tal como se muestra en la Tabla N°51.

TABLA N°51 : Inversión para la implementación de SMED

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
1	Costo capacitación a jefaturas (2hr)	10	S/ 89	S/ 889
2	Costo capacitación a administrativos (2hr)	20	S/ 44	S/ 889
3	Costo capacitación a operarios (2hr)	90	S/ 15	S/ 1,350
4	Compra de maquina trituradoras	6	S/ 4,500	S/ 27,000
5	Compra de moldes hembra - macho	100	S/ 30	S/ 3,000
TOTAL				S/ 33,128

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.1.4 Costo de Capacitación Anual de VSM, 5S Y SMED

El costo anual de capacitación sobre VSM, 5S y SMED a las jefaturas, administrativos y operarios es S/ 8,956 cada una, lo que significa una inversión anual de S/ 26,867. Tal como se muestra en la Tabla N°52.

TABLA N°52 : Resumen de capacitación anual

N°	ACTIVIDAD	TIEMPO (hr)	CANTIDAD PERSONAL	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
1	Costo capacitación a jefaturas	4	10	S/ 44.4	S/ 1,778
2	Costo capacitación a administrativos	4	20	S/ 22.2	S/ 1,778
3	Costo capacitación a operarios	8	90	S/ 7.5	S/ 5,400
TOTAL					S/ 8,956

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.2 BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN

Después de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se observó un ahorro en los recursos de la organización, tanto en mano de obra directa e indirecta, materia prima, etc. Todos esos beneficios fueron cuantificados en soles para tener una idea clara del ahorro exacto que lograra la empresa luego de la implementación.

5.2.1 Ahorro por Mano de Obra Directa

Luego de la implementación de la 3S, limpieza, en la organización, el ahorro que se genera en cada área de la empresa, obtiene un ahorro de 455 min, siendo el costo de hora – hombre de S/ 7.5. Lo que representa un ahorro diario de S/ 34, lo que es equivalente a un ahorro mensual de S/ 887. Datos observados en la Tabla N°53.

TABLA N°53: Ahorro generado por mano de obra – 3S

N°	ÁREA	ANTES (min)	DESPUES (min)	AHORRO (min)	PRECIO (S/ 7.5/hr)
1	Colada continua	62	47	15	S/ 1.9
2	Trefilado	84	65	19	S/ 2.4
3	Cableado	92	74	18	S/ 2.3
4	Extrusión	95	63	32	S/ 4.0
5	Corte y empaque	87	54	33	S/ 4.1
6	Almacén y despacho	65	36	29	S/ 3.6
7	Mantenimiento	75	43	32	S/ 4.0
8	C.calidad y Recuper. C	40	28	12	S/ 1.5
9	Zonas comunes	128	85	43	S/ 5.4
10	Oficinas administrativas	68	51	17	S/ 2.1
11	Oficina de producción	45	32	13	S/ 1.6
12	Oficina de contabilidad	30	20	10	S/ 1.3
TOTAL (diario)					S/ 34
TOTAL (mensual)					S/ 887

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Luego de finalizada la implementación de la metodología SMED en el proceso de extrusión, se generó ahorros significativos en el tiempo de preparación, al reducir el tiempo de cambio de molde, cambio de herramienta, etc. Permite tener mayor disponibilidad de máquina, se reduce el desperdicio de material asociado con el cambio de herramientas y se mejora la calidad del producto final. El tiempo que se ahorra por día es de 558 min, lo que significa un ahorro de S/ 1,814 por mes, lo que se visualiza en la Tabla N°54.

TABLA N°54 : Ahorro generado por SMED

N°	LINEA DE PRODUCCIÓN	ANTES (min)	DESPUES (min)	AHORRO (min)	CANTIDAD DE CAMBIOS	TOTAL (min)	PRECIO (S/ 7.5/hr)
1	Línea 1	120	88	32	4	128	S/ 16.0
2	Línea 2	114	80	34	3	102	S/ 12.8
3	Línea 3	124	94	30	2	60	S/ 7.5
4	Línea 4	128	93	35	3	105	S/ 13.1
5	Línea 5	122	89	33	3	99	S/ 12.4
6	Línea 6	120	88	32	2	64	S/ 8.0
TOTAL (diario)							S/ 69.8
TOTAL (mensual)							S/ 1,814

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.2.2 Ahorro por Disminución por Desperdicio de Materia Prima

Uno de las principales materias primas es el plástico, porque se utiliza en las fases de aislamiento, relleno y como cubierta, por tal motivo, es necesario reducir esta merma.

5.2.2.1 Reducción de Stock de Seguridad

Para el año 2021 se calculó un stock de seguridad de 24.5 tn para una demanda promedio de 65.7 tn, luego de la implementación para el año 2022 la demanda promedio de 85.7 tn, se obtiene 8.2 tn, que genera un ahorro de 16.3 tn. Siendo el costo unitario por tonelada de S/ 1,000, se genera un ahorro de S/ 16,297. Como se observa en la Tabla N°55.

TABLA N°55: Ahorro por reducción de Stock de seguridad

N°	PARAMETRO	AÑO 2021	AÑO 2022
1	Demanda promedio (tn)	65.7	85.7
2	Stock Seguridad (tn)	24.5	8.2
TOTAL (anual)		16.3	S/ 16,297

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.2.2.2 Sobredimensionamiento del Espesor de Pared

Se necesitaba mayor cantidad de moldes hembra y macho que permita forrar el conductor con la mínima cantidad requeridas según las normas técnicas peruanas - NTP, para no utilizar material de plástico en exceso.

En la Tabla N°56 se observa que desde mayo hasta octubre del 2022 se ha ahorrado 81 bolsas de material de plástico de 25 kg de peso, con un precio de S/ 180 por bolsa, lo que representa un ahorro por mes de S/ 2,387.

TABLA N°56: Ahorro generado por sobredimensionamiento

N°	MES - 2022	USAJE (kg)	CANTIDAD DE BOLSAS (25 Kg)	AHORRO
1	Mayo	415	17	S/ 2,988
2	Junio	320	13	S/ 2,304
3	Julio	250	10	S/ 1,800
4	Agosto	345	14	S/ 2,484
5	Septiembre	420	17	S/ 3,024
6	Octubre	239	10	S/ 1,721
TOTAL PROMEDIO (mensual)				S/ 2,387

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.2.2.3 Cálculo de Longitud Final

Al elaborar la hoja cálculo en Excel de longitud final para cambio de cualquier producto y con la compra de 6 máquinas trituradoras, permitió reutilizar la merma de plástico generado desde octubre hasta diciembre del 2022, lo que significa un ahorro de 799 kg de merma en el último trimestre del 2022, genero un ahorro por mes de S/ 1,918. Como se muestra en la Tabla N°57.

TABLA N°57 : Ahorro de material de plástico por reutilizar

N°	MES - 2022	PREPARACIÓN DE MAQUINA	LIMPIEZA DE MAQUINA	CAMBIO DE COLOR	TOTAL (Kg)	CANTIDAD DE BOLSAS (25 Kg)	SUB TOTAL
1	Octubre	88	123	112	323	13	S/ 2,326
2	Noviembre	187	122	94	403	16	S/ 2,902
3	Diciembre	34	17	22	73	3	S/ 526
TOTAL PROMEDIO (mensual)							S/ 1,918

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.2.3 Ahorro por Disminución de Producto por Reprocesar

Al finalizar la implementación SMED se detectó la necesidad de cambiar los moldes de las extrusoras. Esta compra influyo en la disminución de productos por reprocesar, cuya variación fue de 67 productos por reprocesar en el año 2021, hasta 37 productos por reprocesar en el año 2022, lo que estableció un ahorro de S/ 15,375. Tal como se muestra en la Tabla N°58.

TABLA N°58 : Ahorro de material por producto no conforme

N°	SEMESTRE	CANTIDAD (unidad)	COSTO UNITARIO	AHORRO
1	Ene - Dic (2021)	67	S/ 513	S/ 34,338
2	Ene - Dic (2022)	37	S/ 513	S/ 18,963
TOTAL (anual)				S/ 15,375

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.3 **RESUMEN DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS**

Después de analizar los costos y los beneficios en los puntos 5.1 y 5.2 respectivamente, se procede a realizar un resumen de estos y clasificarse a base de su frecuencia, para calcular los indicadores financieros.

En esta Tabla N°59 se muestra la inversión que se realizó para la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing para el primer año, el costo que implica en la capacitación anual a todas las áreas para mantener el control de lo ya implementado. Por otro lado, también se detalla los beneficios que obtendrá la organización luego de dicha implementación.

TABLA N°59 : Resumen de costos y beneficios

COSTOS			
N°	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	MONTO
1	Value Stream Mapping - VSM	1 Vez	S/ 2,888
2	Metodología 5S	1 Vez	S/ 20,328
3	SMED	1 Vez	S/ 57,128
SUBTOTAL			S/ 80,343
N°	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	MONTO
1	Value Stream Mapping - VSM	Anual	S/ 8,956
2	Metodología 5S	Anual	S/ 8,956
3	SMED	Anual	S/ 8,956
SUBTOTAL			S/ 26,867
BENEFICIOS			
N°	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	MONTO
1	Limpieza por 5S	Anual	S/ 10,647
2	SMED - Set up	Anual	S/ 21,762
3	Stock de seguridad - SS	Anual	S/ 16,297
4	Sobredimensionamiento	Anual	S/ 28,642
5	Merma de plástico	Anual	S/ 23,011
6	Producto por reprocesar	Anual	S/ 15,375
SUBTOTAL			S/ 115,733

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4 CÁLCULO DE INDICADORES FINANCIEROS

Para obtener los indicadores financieros, tales como; COK, WACC, VAN, TIR y PRI es importante registrar todos los costos al inicio y los costos anuales en los cuales incurre la empresa para la implementación de las herramientas de mejora con el Lean Manufacturing. Por otro lado, es importante conocer los beneficios anuales que se generan después de dicha implementación.

En la Tabla N°60 se observa que en el primer año se necesita una inversión de S/ 56,343 en la implementación del Value Stream Mapping - VSM, Metodología 5S y SMED.

TABLA N°60 : Costos incurridos en el primer año

N°	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	MONTO
1	Value Stream Mapping - VSM	1 Vez	S/ 2,888
2	Metodología 5S	1 Vez	S/ 20,328
3	SMED	1 Vez	S/ 33,128
SUBTOTAL			S/ 56,343

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

En la siguiente Tabla N°61 se muestran los costos que se van a realizar anualmente desde el año 2 hasta el año 5, cuyo monto es S/ 26,867.

TABLA N°61: Costos anuales estimados en la implementación

N°	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	MONTO
1	Value Stream Mapping - VSM	Anual	S/ 8,956
2	Metodología 5S	Anual	S/ 8,956
3	SMED	Anual	S/ 8,956
SUBTOTAL			S/ 26,867

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Luego de la implementación, se resumen los ahorros que estas generan, tal como se muestra en la Tabla N°62, donde se obtiene un ahorro mensual de S/ 9,644, lo que representa un ahorro de S/ 115,733 por cada año.

TABLA N°62 : Ahorro mensual y anual

N°	DESCRIPCIÓN	AHORRO MENSUAL	AHORRO ANUAL
1	Limpieza por 5S	S/ 887	S/ 10,647
2	SMED - Set up	S/ 1,814	S/ 21,762
3	Stock de seguridad - SS	S/ 1,358	S/ 16,297
4	Sobredimensionamiento	S/ 2,387	S/ 28,642
5	Merma de plástico	S/ 1,918	S/ 23,011
6	Producto no conforme	S/ 1,281	S/ 15,375
TOTAL		S/ 9,644	S/ 115,733

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4.1 Cálculo de la Amortización

Se realiza un resumen con los valores calculados, para la implementación se necesita una inversión inicial de S/ 80,343, el gerente general ha decidido que solicitara un prestamos del 60% del monto, por lo que se procede a calcular la cuota del préstamo. Mostrado en el Tabla N°63.

TABLA N°63: Resumen de datos iniciales

N°	DATOS		VALORES
1	Beneficio		S/ 115,733
2	Costo anual		S/ 26,867
3	Inversión inicial		S/ 80,343
4	Capital propio	40%	S/ 32,137
5	Préstamo	60%	S/ 48,206
6	Tasa de interés del banco		12.6%
7	Periodo en años		5
8	Cuota del préstamo		S/ 13,572

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

El préstamo solicitado fue de S/ 48,206 con una tasa promedio de préstamo de 12.6 % según la página del SBS para un periodo de 5 años. Tal como se visualiza en la Tabla N°64. Usando la Ecuación 14.

$$Cuota = (Préstamo) * \left(\frac{TEA}{(1 - (1 + TEA)^{-n})} \right) \quad (14)$$

$$Cuota = (S/ 48,206) * \left(\frac{12.6\%}{(1 - (1 + 12.6\%)^{-5})} \right) = S/ 13,572$$

TABLA N°64: Calculo de amortización

AÑO	PRÉSTAMO	CUOTA	INTERES	AMORTIZACIÓN	SALDO FINAL
0	S/ 48,206	-	-	-	-
1	S/ 48,206	S/ 13,572	S/ 6,074	S/ 7,498	S/ 40,708
2	S/ 40,708	S/ 13,572	S/ 5,129	S/ 8,443	S/ 32,265
3	S/ 32,265	S/ 13,572	S/ 4,065	S/ 9,507	S/ 22,758
4	S/ 22,758	S/ 13,572	S/ 2,868	S/ 10,705	S/ 12,053
5	S/ 12,053	S/ 13,572	S/ 1,519	S/ 12,053	S/ 0

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4.2 Cálculo del Costo de Oportunidad de Capital - COK

Es la tasa de interés que se obtiene como beneficio al invertir en este proyecto, se utilizan los datos de la superintendencia de Banco y Seguros – SBS y el Banco Central de Reserva del Perú – BCRP para calcular el COK del proyecto, cuyo valor es 17.2%, los que se detallan en la Tabla N°65. Usando la Ecuación 15.

$$\text{COK} = R_f + \beta * (R_m - R_f) + R_p \quad (15)$$

$$\text{COK} = 3.6\% + 0.97 * (16.3\% - 3.6\%) + 1.3\% = 17.2\%$$

TABLA N°65: Cálculo del COK

Rf: Tasa libre de riesgo	β : Coeficiente de riesgo específico	Rm: Prima del mercado	Rp: Riesgo país	COK
3.6%	0.97	16.3%	1.3%	17.2%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4.3 Cálculo del Costo Promedio Ponderado de Capital - WACC

Permite tomar decisiones para evaluar la viabilidad de un proyecto, el cual es una tasa de interés que pondera todos los costos de financiamiento de la empresa, cuya fuente son: las deudas y recursos propios de los socios o inversionistas. Lo que nos ayudara a conocer el costo de los recursos al operar. Tal como se muestra en la Tabla N°66. Usando la Ecuación 16.

$$\text{WACC} = (\%C) * (\%K_c) + (\%D) * (\%K_d) * (1 - t) \quad (16)$$

$$\text{WACC} = (40\%) * (17.2\%) + (60\%) * (12.6\%) * (1 - 30\%) = 12.2\%$$

TABLA N°66 : Cálculo del WACC

%C: Capital propio	%Kc: Costo de capital	%D: Deuda de entidad	%Kd: Tasa de deuda	t: tasa de impuesto renta	WACC
40%	17.2%	60%	12.6%	30.0%	12.2%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4.4 Evaluación Económica del VAN, TIR, B/C Y PIR

5.4.4.1 Cálculo del VAN Económico

Para hallar el VAN económico, se tomarán los valores del flujo de caja económico proyectados a 5 años después de la implementación, se utilizará el WACC = 12.2%, el resumen de costos y beneficios de la Tabla N°59. Dando como resultado un VAN económico = S/ 238,612 mostrados en la Tabla N°67. Usando la Ecuación 17.

TABLA N°67: Flujo de caja económico

Nº	PARAMETROS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	Beneficio	S/ -	S/ 115,733				
2	Costo	S/ 80,343	S/ 26,867				
3	Flujo de caja económico	-S/ 80,343	S/ 88,867				

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

$$VAN = IO + \frac{F1}{(1+K)^1} + \frac{F2}{(1+K)^2} + \frac{F3}{(1+K)^3} + \frac{F4}{(1+K)^4} + \frac{F5}{(1+K)^5} \quad (17)$$

$$VAN = -80,343 + \frac{88,867}{(1 + 17.2\%)^1} + \frac{88,867}{(1 + 17.2\%)^2} + \frac{88,867}{(1 + 17.2\%)^3} + \frac{88,867}{(1 + 17.2\%)^4} + \frac{88,867}{(1 + 17.2\%)^5}$$

$$VAN \text{ económico} = S/ 202,611$$

Significa que luego de la implementación se obtendrá una rentabilidad de S/ 202,611 en términos de valor presente.

5.4.4.2 Cálculo del TIR Económico

Para hallar el TIR económico, se tomarán los valores del flujo de caja económico de la Tabla N°67. Dando como resultado un TIR económico = 57%. Usando la Ecuación 18.

$$0 = VAN = -IO + \frac{F1}{(1+TIR)^1} + \frac{F2}{(1+TIR)^2} + \frac{F3}{(1+TIR)^3} + \frac{F4}{(1+TIR)^4} + \frac{F5}{(1+TIR)^5} \quad (18)$$

$$0 = -80,343 + \frac{88,867}{(1 + TIR)^1} + \frac{88,867}{(1 + TIR)^2} + \frac{88,867}{(1 + TIR)^3} + \frac{88,867}{(1 + TIR)^4} + \frac{88,867}{(1 + TIR)^5}$$

$$TIR \text{ económico} = 57\%$$

5.4.4.3 Cálculo del Beneficio - Costo (B/C) Económico

Con los valores de beneficios y costos de la Tabla N°68, se procede a calcular el VAN Beneficios = S/ 368,499 y el VAN Costo = S/ 165,888, para al final calcular el indicador (B/C) = 2.2, visualizado en la Tabla N°68.

TABLA N°68 : Análisis de Costo – Beneficio económico

1	Van Beneficios	S/ 368,499
2	Van Costos	S/ 165,888
3	Beneficio / Costo: (B/C)	2.2

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4.4.4 Cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión – PRI Económico

De acuerdo a un artículo publicado por universidad ESAN, llamado “el PRI: uso de los indicadores que más me llama la atención de los inversionistas”, el tiempo que se recuperó el total de la inversión llevado a valor presente fue de 1 año, tal como se muestra en la Tabla N°69. Usando la Ecuación 19.

$$PRI = a + \frac{(b-c)}{d} \quad (19)$$

$$PRI = 0 \text{ año} + \frac{(S/ 80,343 - S/ 0)}{S/ 75,819} = 1.1 \text{ años}$$

TABLA N°69 : Cálculo del PRI económico

a: Año inmediato anterior	b: Inversión inicial	c: Flujo acumulado del año inmediato	d: Flujo del año recupera inversión	PRI
0 año	S/ 80,343	S/ -	S/ 75,819	1.1

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4.5 Evaluación Financiera del VAN, TIR, B/C Y PIR

5.4.5.1 Cálculo del VAN Financiero

Para hallar el VAN financiero, se tomará los valores del flujo de caja financiero proyectados a 5 años después de la implementación y se utilizará el WACC = 12.2%, el resumen de costos y beneficios de la Tabla N°59. Dando como resultado un VAN financiero = S/ 202,611, mostrados en la Tabla N°70. Usando la Ecuación 17.

TABLA N°70 : Flujo de caja financiero

N°	PARAMETROS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	Beneficio	S/ -	S/ 115,733				
2	Costo	S/ 80,343	S/ 26,867				
3	Flujo de caja económico	-S/ 80,343	S/ 88,867				
4	Préstamo	S/ 48,206	-	-	-	-	-
5	Cuota de la deuda	-	S/ 13,572				
6	Flujo de cada financiero	-S/ 32,137	S/ 75,295				

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

$$VAN = -32,137 + \frac{75,295}{(1 + 17.2\%)^1} + \frac{75,295}{(1 + 17.2\%)^2} + \frac{75,295}{(1 + 17.2\%)^3} + \frac{75,295}{(1 + 17.2\%)^4} + \frac{75,295}{(1 + 17.2\%)^5}$$

$$VAN \text{ financiero} = S/ 202,611$$

5.4.5.2 Cálculo del TIR Financiero

Para hallar el TIR financiero, se tomarán los valores del flujo de caja económico de la Tabla N°70. Dando como resultado un TIR financiero = 73%.

Usando la Ecuación 18.

$$0 = -32,137 + \frac{75,295}{(1 + TIR)^1} + \frac{75,295}{(1 + TIR)^2} + \frac{75,295}{(1 + TIR)^3} + \frac{75,295}{(1 + TIR)^4} + \frac{75,295}{(1 + TIR)^5}$$

$$TIR \text{ financiero} = 73\%$$

5.4.5.3 Cálculo del Beneficio - Costo (B/C) Financiero

Con los valores de beneficios y costos de la Tabla N°70, se procede a calcular el VAN Beneficios = S/ 415,384 y el VAN Costo = S/ 176,772, para al final calcular el indicador (B/C) = 2.3, visualizado en la Tabla N°71.

TABLA N°71 : Análisis de Costo – Beneficio financiero

1	Beneficios	S/ 415,384
2	Costos	S/ 176,772
3	Beneficio / Costo: (B/C)	2.3

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

5.4.5.4 Cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión – PRI Financiero

De acuerdo a un artículo publicado por universidad ESAN, llamado “el PRI: uso de los indicadores que más me llama la atención de los

inversionistas”, el tiempo que se recuperó el total de la inversión llevado a valor presente fue de 0.5 años, Tal como se visualiza en la Tabla N°72. Usando la Ecuación 19.

$$PRI = 0 \text{ año} + \frac{(S/ 32,137 - S/ 0)}{S/ 67,122} = 0.5 \text{ años}$$

TABLA N°72 : Cálculo del PRI financiero

a: Año inmediato anterior	b: Inversión inicial	c: Flujo acumulado del año inmediato	d: Flujo del año recupera inversión	PRI
0 año	S/ 32,137	S/ -	S/ 67,122	0.5

Fuente: Empresa

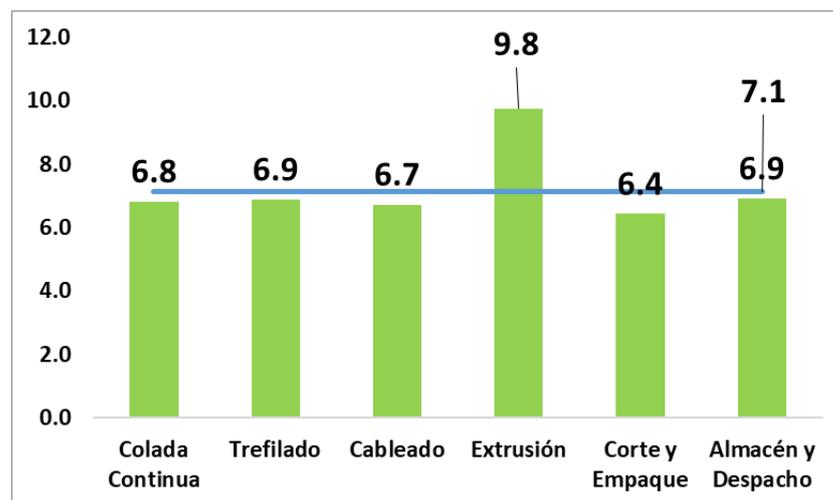
Elaboración: Propia

CAPITULO VI: EVALUACIÓN DE RESULTADOS

6.1 RESULTADOS DEL VSM

Luego de identificar los desperdicios en el VSM actual de la organización, se procedió a implementar las mejoras para realizar en el VSM futuro; por ejemplo, en la Figura N°42 y Figura N°43 se observa que hubo una reducción del tiempo de ciclo en el área de extrusión de 9.8 hr/tn a 5.2 hr/tn.

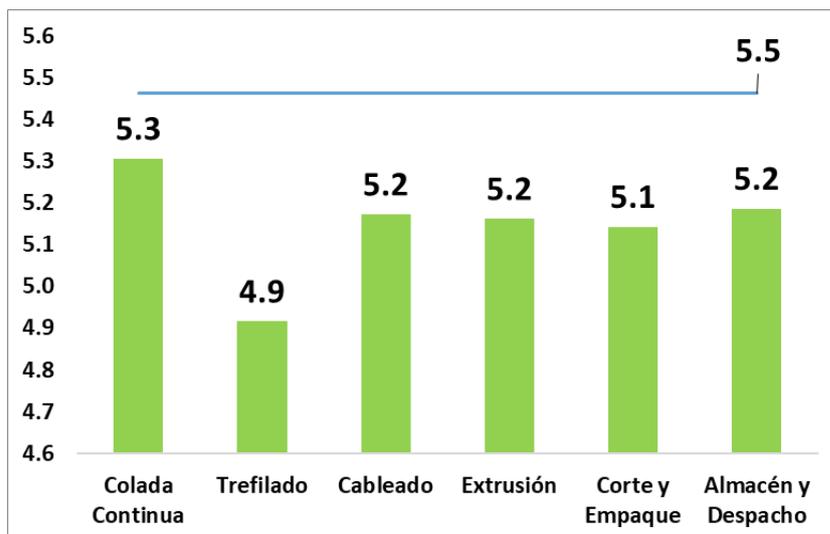
FIGURA N°42: Tiempo de ciclo - 2021



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

FIGURA N°43 : Tiempo de ciclo - 2022



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

6.2 RESULTADOS METODOLOGIA 5S

Se realizó una auditoría inicial en todas las áreas entre oficina y planta, para conocer la situación actual, luego se implementó la metodología 5S, estableciendo un porcentaje promedio inicial de 44%, a continuación, se realizó la auditoría final donde se encontró un porcentaje promedio final de 75%, Como se observa en la Tabla N°73.

TABLA N°73 : Resultado de auditoría 5S – antes y después

N°	ÁREAS	ANTES	DESPUES
1	Oficina	47%	76%
2	Planta	41%	75%
TOTAL		44%	75%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Con los mejores resultados mostrados en la tabla anterior, existe el compromiso de la alta dirección y el involucramiento de todos los trabajadores por lograr un objetivo común y proseguir con la mejora continua.

6.3 RESULTADOS DEL SMED

Luego de aplicar el SMED, se aprecia que, el tiempo de cambio de la "Línea 6" disminuye de 120 min a 88 min, ahorrando 32 min, lo que equivale a una reducción del 26.7%.

De igual manera se observa que al aplicar en las otras 5 líneas de producción, se muestra el ahorro total de 558 minutos, este tiempo disponible puede ser usado para producir mayor cantidad de conductores eléctricos, como se aprecia en la Tabla N°74.

TABLA N°74: Preparación de máquina de las 6 líneas de producción

N°	EXTRUSORA	TIEMPO ANTES (min)	TIEMPO DESPUES (min)	AHORRO (min)	CANTIDAD DE CAMBIOS	TOTAL (min)
1	Línea 1	120	88	32	4	128
2	Línea 2	114	80	34	3	102
3	Línea 3	124	94	30	2	60
4	Línea 4	128	93	35	3	105
5	Línea 5	122	89	33	3	99
6	Línea 6	120	88	32	2	64
TOTAL (min)						558

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

6.4 RESULTADO DEL SOBREDIMENSIONAMIENTO ACEPTABLE - USAJE

Luego de realizar el cambio de moldes desgastados e incrementar la cantidad de moldes para cada extrusora, se observa que existe un ahorro de 80 bolsas de material de plástico lo que significa un ahorro por usaje de S/ 14,321. Desde abril hasta septiembre. Tal como se aprecia en la Tabla N°75.

TABLA N°75 : Ahorro generado por usaje

MES	PESO TEORICO TOTAL (Kg)	PESO REAL TOTAL (Kg)	USAJE (kg)	CANTIDAS DE BOLSAS (25 Kg)	COSTO POR BOLSA (S/. 180)
Mayo	16,385	17,102	415	17	S/ 2,988
Junio	8,945	9,455	320	13	S/ 2,304
Julio	6,854	7,339	250	10	S/ 1,800
Agosto	7,842	8,431	345	14	S/ 2,484
Septiembre	7,095	7,612	420	17	S/ 3,024
Octubre	4,488	4,683	239	10	S/ 1,721
TOTAL				80	S/ 14,321

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

6.5 RESULTADO DE REDUCCIÓN DE MATERIAL DE PLÁSTICO

Luego de la compra de 4 máquinas trituradoras que se instalaron cerca de las 4 principales líneas de producción, se observa que, desde octubre hasta diciembre del 2022, existe un ahorro S/ 5,753. Como se verifica en la Tabla N°76.

TABLA N°76 : Ahorro generado por trituradora

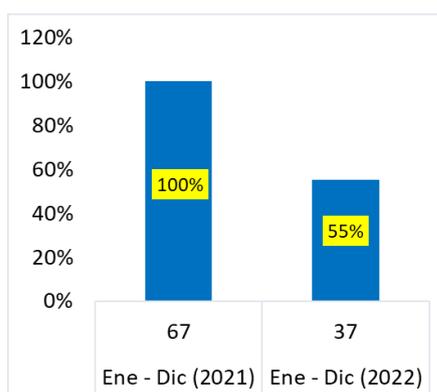
N°	MES - 2022	AHORRO
1	Octubre	S/ 2,326
2	Noviembre	S/ 2,902
3	Diciembre	S/ 526
TOTAL		S/ 5,753

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Luego de la implementación SMED, se observa que existe una disminución 45% de productos para reprocesar entre año 2021 y 2022. Como se aprecia en la Figura N°44.

FIGURA N°44: Disminución de producto para reprocesar del 2021 y 2022



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

6.6 ANÁLISIS DEL SISTEMA PROPUESTO

6.6.1 Comparación de Indicadores

Para visualizar la influencia de la implementación de Lean Manufacturing en la mejora de los procesos, se mostrará los estados iniciales antes de la implementación de los indicadores y después de la implementación para comparar verificando las mejoras logradas.

6.6.1.1 Medición al Inicio de Indicadores de Producción

Desde enero a abril del 2022 la merma generada en ese periodo sobrepasa el porcentaje máximo establecido por la organización, como se observa en la Tabla N°77. El presente trabajo de investigación se inicia a partir del mes de mayo del 2022.

TABLA N°77 : Informe de producción del área de extrusión 2022

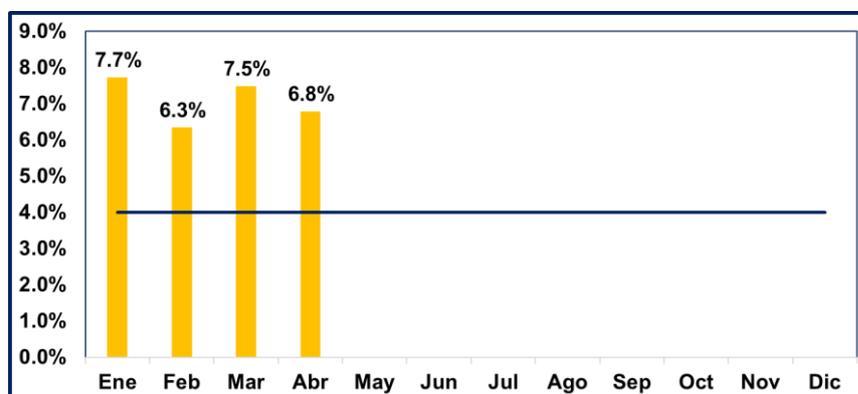
Indicador	METAS 2022	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL (tn)	PROMEDIO
Transferencia de Cobre a Cortes (tn)	95.0	90.7	101.4	112.4	111.5	-	-	-	-	-	-	-	-	415.9	104.0
Merma de Cobre (tn)	1.9	1.2	1.2	1.4	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	4.71	1.18
Merma de Cobre (%)	2.0%	1.3%	1.1%	1.2%	0.9%	-	-	-	-	-	-	-	-		1.1%
Ingreso de Plástico (tn)		63.4	55.5	68.1	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-	232.7	58.2
Merma de Plástico (tn)	3.8	4.9	3.5	5.1	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	16.6	4.2
Merma de Plástico (%)	4.0%	7.7%	6.3%	7.5%	6.8%	-	-	-	-	-	-	-	-		7.1%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Mediante el grafico de barras de la Figura N°45, se puede observar como la merma de plástico de enero a abril está encima del límite de 4% mostrada en una línea de color azul.

FIGURA N°45 : Merma de plástico 2022 estimado (%)



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Con los porcentajes elevados de merma excedente y sin aplicar Lean Manufacturing se realiza una estimación de mayo a diciembre del 2022, al finalizar el año se obtiene 49.9 toneladas de merma cuyo costo es de S/ 339,048. Tal como se detalla en la Tabla N°78.

TABLA N°78 : Resumen de indicadores 2021 y 2022 (estimado)

N°	INDICADORES DE PROCESOS	AÑO 2021 Real	AÑO 2022 Estimado
1	Merma de plástico (tn)	38.5	49.9
2	Costo de plástico (S/ /tn)	6,800	6,800
3	Costo de merma de plástico (S/)	S/ 261,868	S/ 339,048
4	Máximo permitido - 4% (tn)	33.6	45.6
5	Exceso de merma (tn)	4.9	4.3
6	Costo de exceso de merma (S/)	S/ 33,388	S/ 28,968

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

6.6.1.2 Medición al Final de Indicadores de Producción

La implementación de Lean Manufacturing inicia desde mayo del 2022 con las 5s, en la Tabla N°79 se observa una reducción de abril a mayo en la generación del porcentaje de merma de 6.8 % a 4.9 %.

TABLA N°79: Informe de producción real del área de extrusión 2022

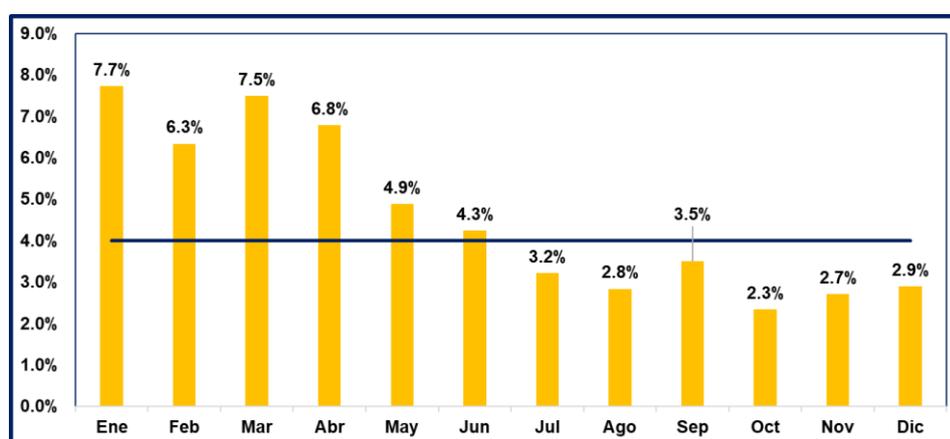
INDICADOR	METAS 2022	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL (tn)	PROMEDIO
Transferencia de Cobre a Cortes (tn)	95.0	90.7	101.4	112.4	111.5	106.5	100.5	100.9	116.6	136.1	74.3	105.9	95.8	1,253	104.4
Merma de Cobre (tn)	1.9	1.2	1.2	1.4	1.0	1.2	1.5	1.1	1.3	1.3	0.9	0.9	0.9	13.8	1.1
Merma de Cobre (%)	2.0%	1.3%	1.1%	1.2%	0.9%	1.1%	1.5%	1.1%	1.1%	1.0%	1.2%	0.9%	0.9%		1.1%
Ingreso de Plástico (tn)		63.4	55.5	68.1	45.7	53.2	68.2	55.8	67.0	68.7	63.9	55.8	55.3	720.6	60.0
Merma de Plástico (tn)	3.8	4.9	3.5	5.1	3.1	2.6	2.9	1.8	1.9	2.4	1.5	1.5	1.6	32.8	2.7
Merma de Plástico (%)	4.0%	7.7%	6.3%	7.5%	6.8%	4.9%	4.3%	3.2%	2.8%	3.5%	2.3%	2.7%	2.9%		4.6%

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Tomando como referencia la tolerancia permitida de 4% del año 2022 representada con una línea horizontal se visualiza con mayor facilidad la disminución del porcentaje de merma de plástico de mayo a diciembre mediante el grafico de barra de la Figura N°46.

FIGURA N°46: Merma de plástico 2022 real (%)



Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

Comparando las toneladas de merma de plástico generadas el año 2021 estimado y el año 2021 real, se observa en la Tabla N°80 que existe una

reducción de 49.9 toneladas a 32.8 toneladas, lo que significa un ahorro de 115,804 soles.

TABLA N°80 : Resumen de indicadores 2021, 2021 (estimado) y 2022(real)

N°	INDICADORES DE PROCESOS	AÑO 2021 Real	AÑO 2022 Estimado	AÑO 2022 Real
1	Merma de plástico (tn)	38.5	49.9	32.8
2	Costo de plástico (S/ /tn)	6,800	6,800	6,800
3	Costo de merma de plástico (S/)	S/ 261,868	S/ 339,048	S/ 223,244
4	Máximo permitido - 4% (tn)	33.6	45.6	45.6
5	Exceso de merma (tn)	4.9	4.3	-12.8
6	Costo de exceso de merma (S/)	S/ 33,388	S/ 28,968	-S/ 86,836
		Ahorro 2022	S/	115,804

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

6.6.1.3 Resumen de Indicadores

Después de realizada la implementación de Lean Manufacturing en el periodo de mayo a diciembre del 2022, se muestra la comparación entre los indicadores del año 2021 y 2022, mostrados en la Tabla N°81.

TABLA N°81 : Comparación de indicadores

ITEM	INDICADORES DE PROCESOS	ANTES 2021	DESPUES 2022
1	Takt Time (hr)	7.1	5.5
2	Tiempo Valor Añadido - TVA (día)	1.8	1.3
3	Tiempo No Valor Añadido - TNVA (día)	9.6	4.3
4	Touch Time (%)	19%	30%
5	Demanda Mensual (tn)	80.1	104.4
6	Flujo Continuo (tn/día)	3.1	4.0
7	Mantenimiento Programado (%)	76%	87%
8	Producto No Conforme (%)	6.8%	4.6%
9	Disponibilidad de Maquina (%)	67%	89%
10	OEE (%)	53.0%	77.9%
11	Merma de Plástico de Revestimiento (%)	6.8%	4.6%
12	Merma de Plástico de Aislamiento (%)	6.8%	4.6%
13	Implementación 5S (%)	43%	75%
14	Stock de Seguridad (tn)	24.5	8.2
15	Tiempo de Cambio - SMED (min)	121	89
16	Tiempo de Limpieza (min)	73	50

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

6.6.1.4 Interpretación de Resultados

- El Takt Time tuvo una reducción 7.1 hr/tn a 5.5 hr/tn, debido a que se incrementó la demanda mensual en el 2022.
- El Tiempo de Valor Añadido – TVA tuvo una reducción de 1.8 días a 1.3 días, debido a que redujo el tiempo de ciclo en los procesos productivos.
- El Tiempo de No Valor Añadido – TNVA tuvo una reducción de 9.6 días a 4.3 días, debido a que se disminuyó el Lead Time en todos los procesos productivos.
- El Touch Time tuvo un incremento de 19% a 30% debido a que se redujo el TVA y el TNVA.
- La Demanda Mensual tuvo un incremento de 80.1 tn a 104.4 tn debido a que en la pandemia el sector construcción fue el primero en reiniciar operaciones.
- El Flujo Continuo de producción tuvo un incremento de 3.1 tn/día a 4.0 tn/día, debido al aumento directo de la demanda mensual promedio.

- El Mantenimiento Programado en toda la planta se incrementó de 76% a 87%, debido a que después de implementarse la metodología de las 5S, influyo en tener un ambiente de trabajo en mejores condiciones el cual agilizaba el trabajo de mantenimiento.
- El Producto No Conforme tuvo una reducción de 6.8% a 4.6%, debido a que se incrementó el indicador de mantenimiento programado y también porque se compró más moldes.
- La Disponibilidad de Maquina en el área de extrusión tuvo un incremento de 67% a 89%, debido a la implementación de la metodología 5S y del SMED, permitió reducir el tiempo no programado de 178 min a 118 min.
- El OEE tuvo un incremento de 53% a 77.9%, debido a que hubo aumentos en la disponibilidad, tasa de rendimiento y en la tasa de calidad.
- La Merma de Plástico de Aislamiento tuvo una reducción de 6.8% a 4.6%, debido a que se mejoró la disponibilidad de maquinaria y por las implementaciones de 5S y SMED.
- La Merma de Plástico de Revestimiento tuvo una reducción de 6.8% a 4.6%, debido a que debido a que se mejoró la disponibilidad de maquinaria y además por las implementaciones de 5S y SMED.
- La Implementación de 5S tuvo un incremento de 43% a 75% debido al entrenamiento y capacitación de esta metodología y al seguimiento por el equipo auditor.
- El Stock de Seguridad tuvo un incremento mínimo de 24.5 tn a 8.2 tn, debido a una mayor demanda mensual en el 2022.
- El Tiempo de cambio tuvo una reducción de 121 min a 89 min, por la implementación de la herramienta SMED, que permitió analizar las actividades que no agregaban valor.
- El Tiempo de Limpieza tuvo una reducción de 73 min a 50 min, por la implementación de las 5S que permitió reducir el tiempo de limpieza promedio en la empresa.

CONCLUSIONES

1. Planeamiento de la producción, el año 2020 programo 64.5 toneladas de conductores y se obtuvo como merma de plástico 34.1 toneladas, el año 2021 la producción fue de 80.1 toneladas y se obtuvo como merma de plástico 38.5 toneladas y el año 2022 la producción fue de 104.4 toneladas y se obtuvo como merma de plástico 32.8 toneladas.
2. El área de extrusión, para el año 2022 se estimó una generación de merma de 49.9 toneladas, y se logró una merma de 32.8 toneladas de plástico.
3. Aplicando el Just in time y el SMED, en las 6 líneas de extrusión, se logró una reducción de 558 min en tiempo de preparación de máquina, lo que representa en promedio una disminución del 27%. De esta manera se mejoró los niveles de producción, lográndose un ahorro de S/. 1,814 por mes.
4. A finales del 2022, luego de la implementación de Lean Manufacturing, se verifico que la generación de la merma de plástico disminuyo a 4.6%, lo que representa un ahorro de S/. 115,733.
5. Al aplicar el VSM se identificó que el cuello de botella es el proceso de extrusión con un Takt Time de 7.1 hr/tn, el que disminuyo a 9.8 hr/tn.
6. El 2022, luego de aplicar el Just in Time, el stock de seguridad disminuyo de 24.5 toneladas a 8.2 toneladas, a pesar que la producción se incrementó de 80.1 toneladas a 104.4 toneladas.

7. Realizado el análisis económico y financiero con una proyección de 5 años, se determinó que el proyecto es factible, se obtuvo un VAN económico de S/. 207,603 > 0, un TIR económico de 57% mayor que el WACC, con un PRI de 1.0 años. y también se demuestra que es viable porque obtuvo un VAN financiero de S/. 207,603 > 0, un TIR financiero de 73% mayor que el COK, con un PRI de 0.5 años.

RECOMENDACIONES

1. El área de planeamiento de la producción de acuerdo con la demanda anual, realiza los pronósticos necesarios, considerando, además, los valores producidos en los años anteriores. Se tiene como objetivo mejorar la capacidad productiva para los próximos años considerando los análisis de nuevas tecnologías.
2. Para lograr una mayor disminución los próximos años de las mermas de plástico, se recomienda continuar con la implementación de las herramientas adicionales de Lean Manufacturing en todos los procesos productivos.
3. Las herramientas del Just In Time y el SMED son factible de ser estudiadas e implementadas en todas las otras áreas productivas de la empresa, como: colada continua, trefilado, cableado, corte, empaque, almacén y despacho.
4. La empresa puede realizar una profundización de los estudios e implementación de Lean Manufacturing, con lo cual se podría disminuir la merma de plástico en algunos puntos porcentuales más. Adicionalmente, la empresa puede analizar la posibilidad rentable de realizar el proceso de reciclado.
5. Al realizar el mapa de valor - VSM, este se debe realizar con mucho detenimiento y cuidado, para así establecer coherentemente las métricas requeridas.

6. Se recomienda que el stock de seguridad sea calculado cuidadosamente para disminuir la incertidumbre de la demanda y las posibles fallas de los proveedores. Lo cual mejorara el manejo de los stocks de seguridad.

7. Se recomienda que este análisis económico y financiero sea realizado con mucho detalle, utilizando fuentes confiables que nos brinden la seguridad de los indicadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTÍCULOS CONSULTADOS:

Afonso M., Gabriel, A., & Godina R. (2022). Propuesta de un modelo SMED ergonómico innovador en una unidad industrial de resortes de acero automotriz, *Revista ELSEVIER*, (4), 52-58.

Carrillo, M., Alvis, C., Mendoza, Y., & Cohen, H. (2018). Lean manufacturing: 5S y TPM, herramientas de mejora de la calidad, caso empresa metalmeccánica en Cartagena, *Revista signos*, (11), 71-86.

Fortuny F., Ruiz P., Luján I., & kou P. (2020). Evaluación de las sinergias entre lean manufacturing e industrias 4.0, *Revista dirección y organización*, (71), 71-86.

Luque J., & Rojas, J. (2021). Mejora en el proceso de confección de ropa deportiva usando herramientas de manufactura esbelta y optimización matemática, *Revista LACCEI*, (6), 25-29.

Paredes, A. (2017). Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio, *Revista grupo de lúdicas aplicadas a la solución de problemas*, (29), 47-52.

LIBROS CONSULTADOS:

Cruz, J. (2010). *Manual para la implementación sostenible de las 5S* (2da edición). Infotep.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta edición). McGraw Hill.

Madariaga, F. (2021). *Lean Manufacturing: exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos* (2da edición). Diaz de Santos.

Makajima, S. (1988). *Introducción al TMP, mantenimiento productivo total* (2da edición). Productivity Press.

Novau, A., & Suárez, A. (2020). *Estrategia y operaciones esbeltas camino directo a la supervivencia y desarrollo de nuestras empresas* (1ra edición). Tecnológico de Monterrey.

Rajadell, M. (2021). *Lean Manufacturing herramientas para producir* (2da edición). Diaz de Santos.

Socconini, L. (2019). *Lean Company más allá de la manufactura* (1ra edición). Marge Books.

Socconini, L., & Barrantes, M. (2020). *El proceso de las 5s en acción* (3ra edición). Marge Books.

Taiichi, O. (1991). *El sistema de producción Toyota (Spanish Edition): Mas allá de la producción a gran escala* (1ra edición). Productivity Press.

PÁGINAS WEB:

Ambito, *Riesgo país*.

<https://www.ambito.com/contenidos/riesgo-pais-peru-historico.html>

Damodaran, *Beta del sector*.

https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Instituto Peruano de Economía, *Riesgo país*.

<https://www.ipe.org.pe/portal/riesgo-pais-0/>

Superintendencia de Banca y Seguros, *Tasa de interés promedio*.

<https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIActivaMercado.aspx?tip=B>

Universidad ESAN, *Periodo de recuperación de la inversión*.

<https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-pri-uno-de-los-indicadores-que-mas-llama-la-atencion-de-los-inversionistas>

TESIS CONSULTADAS:

- Bermejo, J. (2020). *Lean manufacturing para la mejora del proceso de fabricación de calzado para damas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Capuñay, J. (2020). *Aplicación de herramientas de lean manufacturing para la mejora de proceso de fabricación de hilo acrílico en una empresa textil* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Carpio, R. (2017). *Modelo de Lean Manufacturing para el incremento de la productividad en el proceso de fabricación de calzado en una mediana empresa ubicada en Ate* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Gallardo, A. (2019). *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una empresa de confecciones de prendas femeninas mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta y un sistema tecnológico RFID* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Huaytara, S. (2019). *Aplicación de lean manufacturing para aumentar la productividad en una empresa que fabrica tubería de poliéster* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Ortiz, D. (2016). *Modelo Lean Manufacturing para mejora del sistema de producción de una Mype del sector de confecciones* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Sasco, S. (2019). *Análisis y propuesta de mejora aplicando herramientas de lean manufacturing en la línea de acabados de construcción, en una empresa fabricante de productos plásticos* [Tesis de pregrado Pontificia Universidad Católica del Perú].

ÍNDICE DE ANEXOS

<u>ANEXO N°1</u> : Matriz de consistencia	135
<u>ANEXO N°2</u> : Contratación de hipótesis.....	136
<u>ANEXO N°3</u> : Diagrama de operaciones – DOP de Soldar 2/0 AWG x 1,100 m.....	137
<u>ANEXO N°4</u> : Hoja de ingeniería del Soldar 2/0 AWG x 1,100 m	138
<u>ANEXO N°5</u> : Software para análisis de hipótesis - SPSS	139
<u>ANEXO N°6</u> : Certificado de analista de procesos y mejora continua.....	139
<u>ANEXO N°7</u> : Fotos antes y después de la metodología 5S.....	140
<u>ANEXO N°8</u> : Costo de reproceso del área de extrusión.....	141
<u>ANEXO N°9</u> : Resumen de los sueldos promedios de los trabajadores	141
<u>ANEXO N°10</u> : Plan de mantenimiento - 2021	142
<u>ANEXO N°11</u> : Tabla de distribución normal.....	143
<u>ANEXO N°12</u> : Glosario de terminos	144

ANEXO N°1 : Matriz de consistencia



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

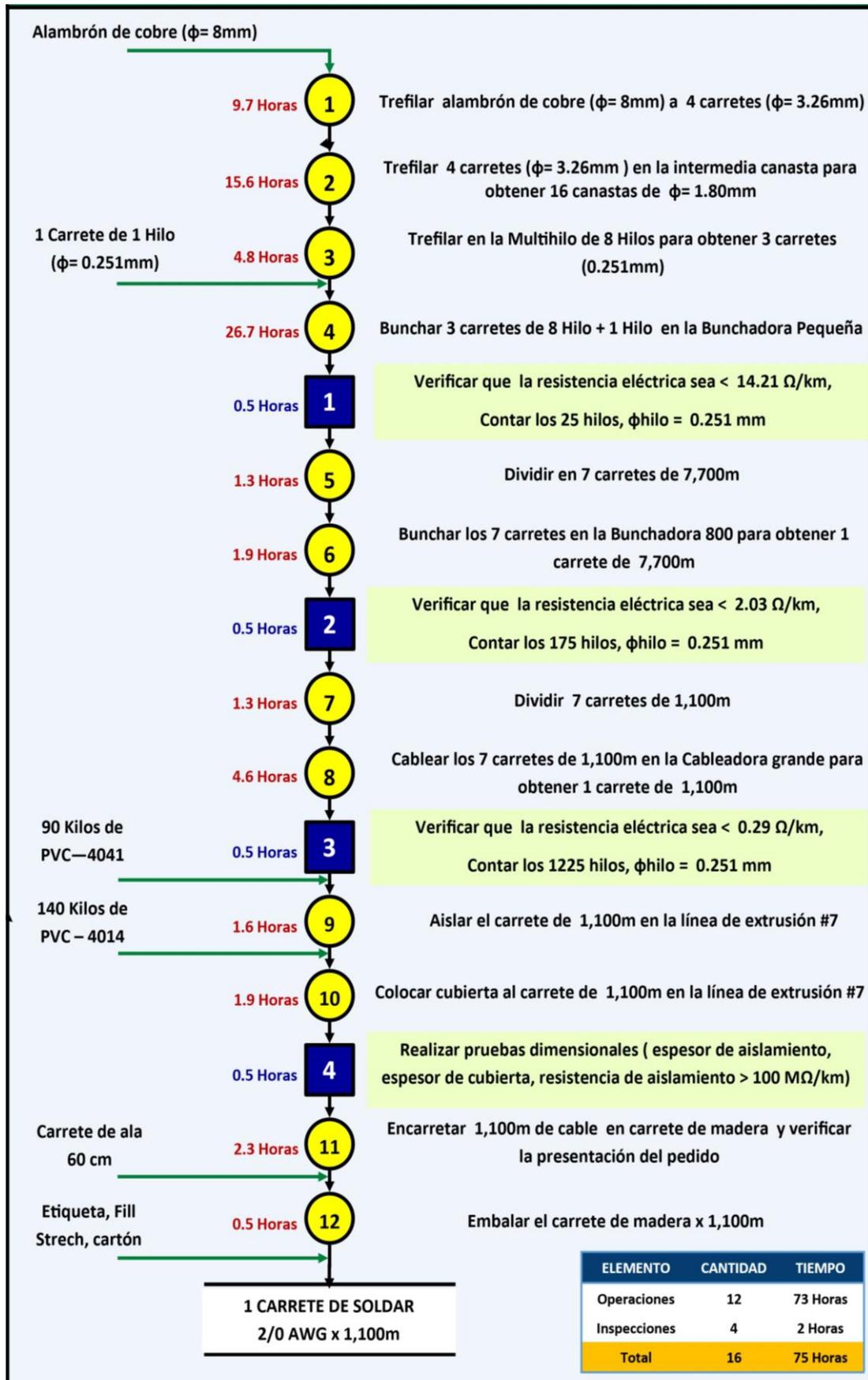
MATRIZ DE CONSISTENCIA: “APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA REDUCIR LA MERMA GENERADA EN UNA EMPRESA QUE FABRICA CONDUCTORES ELÉCTRICOS”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué manera la aplicación Lean Manufacturing influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Conocer la influencia de la aplicación Lean Manufacturing para reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La aplicación Lean Manufacturing influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Lean Manufacturing</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Planeamiento de la producción (5S) ❖ Procesos (VSM y SMED) ❖ <u>Just in time</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda mensual de maquina - Errores de proceso - Mantenimiento programado - Flujo continuo - Inventario de seguridad 	<p>Tipo:</p> <p>- Aplicada</p> <p>Diseño:</p> <p>- No experimental</p> <p>Nivel:</p> <p>-Explicativo, Descriptivo, Histórico y Correlacional</p>
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>1. ¿De qué manera la aplicación del Planeamiento de la producción influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos?</p> <p>2. ¿De qué manera la aplicación de los procesos influyen en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos?</p> <p>3. ¿De qué manera la aplicación del <u>Just in Time</u> y SMED influyen en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>1. Conocer la influencia del Planeamiento de la producción para reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos.</p> <p>2. Conocer la influencia de los procesos para reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p> <p>3. Conocer la influencia del <u>Just in Time</u> y SMED en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</p> <p>1. La aplicación del Planeamiento de la producción influye en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p> <p>2. La aplicación los procesos influyen en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p> <p>3. La aplicación del <u>Just in time</u> y SMED influyen en la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Revestimiento ❖ Aislamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - % de merma - % de merma 	

ANEXO N°2 : Contrastación de hipótesis

HIPÓTESIS GENERAL		CONTRASTACIÓN	INDICADORES	FORMULA	INICIAL	FINAL	MEJORA
1	Lean Manufacturing influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	Lean Manufacturing si influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	1) Takt Time (hr/tn)	Tiempo disponible / demanda diaria	7.1	5.5	-23%
			2) TVA (días)	$\Sigma (LT1 + LT2 + LT3 + LT4 + LT5 + LT6)$	1.8	1.3	-29%
			3) TNVA (días)	$\Sigma (TC1 + TC2 + TC3 + TC4 + TC5 + TC6)$	9.6	4.3	-55%
			4) Touch Time (%)	TVA / TNVA	19%	30%	59%
HIPÓTESIS ESPECIFICAS		CONTRASTACIÓN	INDICADORES	FORMULA	INICIAL	FINAL	MEJORA
1	El planeamiento de la producción influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	El planeamiento de la producción si influye en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	5) Demanda Mensual (tn)	Produccion de cobre	80.1	104.4	30%
			6) Flujo Continuo (tn/día)	Produccion de cobre / dia	3.1	4.0	30%
			7) Mantenimiento Programado (%)	$(Actividades realizada / Actividades Programadas) * 100\%$	76%	87%	15%
			8) Producto No Conforme (%)	$(\# \text{ Producto no conforme} / \text{Producción Total}) * 100\%$	7%	5%	-33%
2	Los procesos influyen en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	Los procesos si influyen en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	9) Disponibilidad de Maquina (%)	$(\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo no programado} / \text{Tiempo programado}) * 100\%$	66.7%	88.9%	33%
			10) OEE (%)	Disponibilidad*Tasa de rendimiento*Tasa de calidad	53.0%	77.9%	47%
			11) Merma de Plástico Revestimiento (%)	$(\text{Merma de plástico revestimiento} / \text{plástico total}) * 100\%$	6.8%	4.6%	-33%
			12) Merma de Plástico Aislamiento (%)	$(\text{Merma de plástico aislamiento} / \text{plástico total}) * 100\%$	6.8%	4.6%	-33%
3	El Just in time y SMED influyen en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	El Just in time y SMED si influyen en reducir la merma generada en una empresa que fabrica conductores eléctricos	13) Implementación 5S (%)	Área en el diagrama tipo radar	43%	75%	74%
			14) Stock de Seguridad (tn)	$(Z) * (\text{desviacion estandar}) * (\text{tiempo espera})^{0.5}$	24.5	8.2	-66%
			15) Tiempo de Cambio (min)	$\Sigma (TCL1 + TCL2 + TCL3 + TCL4 + TCL5 + TCL6) / 6$	121	89	-27%
			16) Tiempo de Limpieza (min)	$(\text{Tiempo de limpieza por área}) / \text{cantidad de áreas}$	73	50	-32%

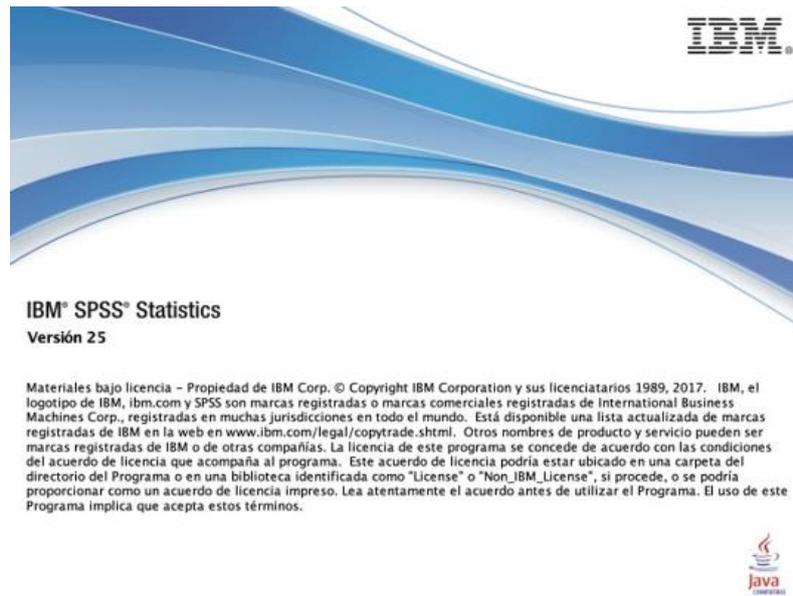
ANEXO N°3 : Diagrama de operaciones – DOP de Soldar 2/0 AWG x 1,100 m



ANEXO N°4 : Hoja de ingeniería del Soldar 2/0 AWG x 1,100 m

DATOS DEL PEDIDO				DIAGRAMA DE FABRICACIÓN												
NOMBRE DEL PRODUCTO	SOLDAR 2/0 AWG															
CANTIDAD	1,100 m.															
PRESENTACIÓN	1 CARRETE X 1,100 m															
DIAMETRO DEL HILO	Ø = 0.25 mm															
NUMERO DE HILOS POR TORÓN	25H = 3C X 8H + 1H															
NÚMERO DE HILOS TOTALES	1225H = 7C X 7C X 25 H															
MATERIAL DE AISLAMIENTO	PVC - 4041 (NEGRO)															
MATERIAL DE CUBIERTA	PVC - 4014 (NEGRO)															
FECHA	11/06/2021															
HORAS / TURNO	9.5															
				Esesor Aislamiento (mm)	Diametro Aislamiento (mm)		Esesor Cubierta (mm)		Diametro Exterior (mm)							
				1.50 - 1.55	13.67 - 13.77		1.80 - 1.85		17.27 - 17.37							
										Eficiencia = 100%			Eficiencia = 80%			
ÁREA	N°	MÁQUINA	FASE	FORMACIÓN DEL PRODUCTO	N° CARRETES REQUERIDO	LONGITUD REQUERIDA (m)	PRODUCCIÓN (m/min)	TIEMPO MÁQUINA (min)	HORAS REQUERIDA	TURNO REQUERIDO	PRODUCCIÓN (m/min)	TIEMPO MÁQUINA (min)	HORAS REQUERIDA	TURNO REQUERIDO		
TREFILA - CABLEADO	1	Trefiladora Gruesa (TH-8)	Abastecimiento	4 Carretes X 3.26 mm X 21,000 m	4	21,000	180	467	7.78	0.82	144	583	9.72	1.02		
	2	Trefiladora Intermedio Canasta	Abastecimiento	16 Canastas X 1.8 mm X 15,000 m	16	15,000	320	750	12.50	1.32	256	938	15.63	1.64		
	3	Trefiladora Multihilo de "16 Hilos"	3C X 8H + 5H	3 Carretes X 8 Hilos X 53,900 m	3	53,900	700	231	3.85	0.41	560	289	4.81	0.51		
	4	Bunchadora 800 (#1, #2)	1ra Fase (3C X 8H + 1H)	1 Carretes X 25 Hilos X 53,900 m	1	53,900	42	1283	21.39	2.25	34	1604	26.74	2.81		
	5	Divisora (#1, #2)	En 7C la 1ra Fase	7 Carretes X 25 Hilos X 7,700 m	7	7,700	123	438	7.30	0.77	98	548	9.13	0.96		
	6	Bunchadora 800 (#1, #2)	2da Fase (7C X 25H)	1 Carretes X 175 Hilos X 1,100 m	1	1,100	85	13	0.22	0.02	68	16	0.27	0.03		
	7	Divisora (#1, #2)	En 7C la 2da Fase	7 Carretes X 175 Hilos X 1,100 m	7	1,100	123	63	1.04	0.11	98	78	1.30	0.14		
	8	Cableadora (#1, #2, Grande)	Final (Cuerda WS 2/0 AWG)	1 Carretes X 1225 Hilos X 1,100 m	1	1,100	5	220	3.67	0.39	4	275	4.58	0.48		
TOTAL EN TREFILA - CABLEADO								3465	57.75	6.08		4331	72.18	7.60		
EXTRUSIÓN	9	Extrusora #7	Aislamiento	1 Carretes X 2/0 AWG X 1,100 m	1	1,100	14	79	1.31	0.14	11	98	1.64	0.17		
	10	Extrusora #7	Cubierta	1 Carretes X 2/0 AWG X 1,100 m	1	1,100	12	92	1.53	0.16	10	115	1.91	0.20		
TOTAL EN EXTRUSIÓN								170	2.84	0.30		213	3.55	0.37		
CORTE Y EMPAQUE	11	Encarretador #4	C.Madera (Ala 110 cm)	1 Carrete X 2/0 AWG X 1,100 m	1	1,100	10	110	1.83	0.19	8	138	2.29	0.24		
	12	Encarretador #4	Embalar (SOLDAR 2/0 AWG)	1 Carrete X 2/0 AWG X 1,100 m	1	1,100	10	110	1.83	0.19	8	138	2.29	0.24		
TIEMPO TOTAL DE FABRICACIÓN								3855	64	7		4819	80	8		

ANEXO N°5 : Software para análisis de hipótesis - SPSS



ANEXO N°6 : Certificado de analista de procesos y mejora continua



ANEXO N°7 : Fotos antes y después de la metodología 5S



Área de extrusión con carretes desordenados / carretes y maquinaria en su lugar



Área de corte y empaque con herramientas en el piso / encarretador ordenado



Área de control de calidad, con los instrumentos desordenados, todo en su lugar



Área de mantenimiento con suciedad y desorden / tachos en su lugar



ANEXO N°8 : Costo de reproceso del área de extrusión

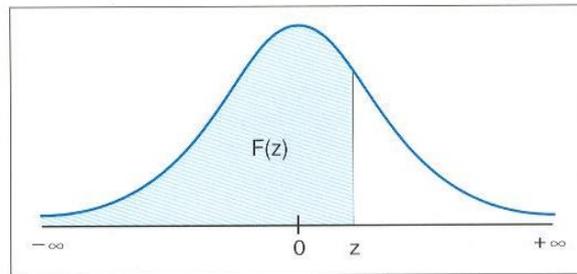
N°	COSTOS	TIEMPO (hr)	CANTIDAD (unidad)	COSTO UNITARIO		SUB TOTAL	
1	Costo de mano de obra	2	2	S/	7.5	S/	30
2	Costo de preparación	1.5	2	S/	7.5	S/	23
3	Costo por maquinaria	4	1	S/	50	S/	200
4	Costo por energía	4	1	S/	15	S/	60
5	Costo de oportunidad	4	1	S/	50	S/	200
TOTAL		15.5	7	S/	130	S/	513

ANEXO N°9 : Resumen de sueldo promedio de los trabajadores

N°	DESCRIPCIÓN	SUELDO PROMEDIO	COSTO SEMANA	COSTO POR HORA
1	Jefe de área	S/ 8,000	S/ 2,000	S/ 44.4
2	Administrativo	S/ 4,000	S/ 1,000	S/ 22.2
3	Operario	S/ 1,500	S/ 375	S/ 7.5
TOTAL			S/ 3,375	S/ 74

ANEXO N°11 : Tabla de distribución normal

$$F(z) = P(Z \leq z)$$



z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,7	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,9	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

ANEXO N°12 : Glosario de términos

AMFE: El análisis de Modos de Fallos y sus Efectos se emplea para evaluar y reducir los riesgos de un producto, proceso o proyecto.

AWG: Traducido al castellano significa: “Calibre de Alambre Estadounidense”.

CALIBRE: Diámetro de un objeto cilíndrico o esférico no hueco.

CALIDAD: Satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes con el mínimo coste posible.

CUELLO DE BOTELLA: en un proceso productivo es causa de un aumento de producto en curso, tanto en puesto posteriores como anteriores de la línea

DESPERDICIOS: Todas aquellas actividades que se producen en un proceso de una empresa y que no aportan valor al producto o servicio que se ofrece al cliente.

DIAGRAMA DE PARETO: herramienta gráfica que permite aplicar la regla del 80-20 en la priorización de las causas de un problema, aquellas con mayor impacto.

ESTANDARIZACIÓN: El trabajo estandarizado consiste en realizar una determinada operación de la misma forma siguiendo pautas establecidas para obtener resultados repetitivos y de esta manera reducir las variaciones. La operación debe estar libre de desperdicios y el empleado conocer las especificaciones del trabajo. Es el primer paso hacia la mejora continua.

FLUJO: La creación de flujo es una de las ideas principales del pensamiento Lean. Se refiere a la producción estable y continua de piezas sin retrasos o interrupciones con el objetivo de proporcionar al cliente sólo lo que requiere.

ISHIKAWA (CAUSA-EFECTO): método de análisis que permite obtener una visión detallada de las posibles causas de un problema de forma ordenada y priorizada, mostrando las relaciones causa/efecto entre las mismas. También llamado diagrama de espina por su representación gráfica.

JUST IN TIME: sistema de producción enfocado a producir únicamente los productos que pide el cliente, en el momento oportuno, la calidad requerida y cantidad justa.

KPI: Un KPI (Key Performance Indicator) es un indicador clave o métrica que mide el desempeño de un proceso. Cuantifican el grado de cumplimiento de los objetivos.

LEAN: Modelo de gestión centrado en el cliente cuyas soluciones se basan en el consumo del mínimo de recursos.

LEAD TIME: El production lead time (PTL) Es el tiempo de trabajo necesario para que una pieza sufra, en secuencia, los procesos que la transformen de material en bruto a producto acabado (incluyendo tiempos de espera, almacenamiento, transporte interno).

MERMA DE PLÁSTICO: es el residuo de plástico que se genera luego de un proceso de productivo.

MUDA: Término japonés que se refiere a los desperdicios, las actividades sin valor en los procesos. El modelo de gestión Lean se basa en la creación de flujo reduciendo los ocho desperdicios.

NO VALOR AÑADIDO: Actividades que se producen en los procesos de una empresa que no contribuyen de forma directa a satisfacer los requerimientos de los clientes y por las que el cliente no está dispuesto a pagar.

OEE: indicador que mide la eficiencia de un proceso o un equipo para ejecutar actividades con valor añadido y que se utiliza como herramienta clave en la cultura Lean. El OEE es el resultado de multiplicar tres ratios porcentuales: disponibilidad, rendimiento y calidad. Del inglés Overall equipment effectiveness o Eficiencia general de los equipos.

PDCA: de las siglas en inglés Plan (planificar), Do (hacer), Check (revisar) y Act (actuar). El círculo de Deming, también conocido como círculo PDCA es una estrategia para implementar la mejora continua en cuatro etapas cíclicas.

PROCESO: secuencia iterativa de actividades que tiene como fin transformar unas entradas en salidas con la intervención de personas y el uso y/o consumo de recursos.

ROE: indica a los inversionistas si les conviene invertir o no, así como también cual es la rentabilidad de la empresa.

5S: Técnica Lean esencial basada en cinco principios cuyo objetivo es lograr un entorno de trabajo organizado, ordenado y limpio de forma permanente con la participación activa del personal.

SMED: Acrónimo del inglés Single Minute Exchange of Die que se refiere al método Lean de organización del trabajo que busca reducir de manera sistemática los tiempos de cambio de series.

TAKT TIME: Establece el ritmo de producción a lo largo de la jornada para responder a la demanda del cliente. El principio básico es que todas las actividades del proceso sean sincronizadas para alcanzar el pulso fijado por la

demanda del cliente. Se obtiene de dividir el tiempo disponible de trabajo por la demanda del cliente.

TIEMPO DE CICLO: métrica que describe el tiempo que cuesta completar todos los pasos de un proceso

VALUE STREAM MAPPING (VSM): El mapa de los flujos de valor es una herramienta Lean de análisis que representa de forma gráfica los flujos de una cadena de valor dentro de una empresa – información, materiales y personas- que sirve para planificar de forma efectiva las acciones de mejora.

VALOR AÑADIDO: Actividades que contribuyen directamente a la satisfacción del cliente o por las que el cliente está dispuesto a pagar.