



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Lean Manufacturing para incrementar la productividad de la línea de  
Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

**AUTORES**

Holguin Rivera, Cristian Gregori  
ORCID: 0000-0001-8388-9623

Loro Diaz, Luis Eduardo  
ORCID: 0000-0002-3686-3268

**ASESOR**

Rivera Lynch, César Armando  
ORCID: 0000-0001-9418-5066

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Holguin Rivera, Cristian Gregori

DNI: 76361590

Loro Diaz, Luis Eduardo

DNI: 72548615

### **Datos de asesor**

Rivera Lynch, Cesar Armando

DNI: 07228483

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Ballero Núñez, Gino Sammy

DNI: 10426485

ORCID: 0000-0002-7991-3747

JURADO 2

Falcón Tuesta, José Abraham

DNI: 08183404

ORCID: 0000-0002-1070-7304

JURADO 3

Saito Silva, Carlos Agustín

DNI: 07823525

ORCID: 0000-0002-8328-5157

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.04

Código del Programa: 722026

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mi madre que me guía desde el cielo, a mi padre y a mi hermana, fuentes de apoyo e impulso del día a día que me fortalecen y guían hacia un mejor futuro y a mi tía, fuente de bondad y preocupación.

Holguin Rivera, Cristian Gregori

A mis padres, que siempre estuvieron conmigo cuando más los necesite, por su apoyo incondicional, a mi hermana, que es mi ejemplo a seguir, que siempre me alienta a ser un mejor profesional.

Loro Diaz, Luis Eduardo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestras familias, amigos y seres queridos que siempre están con nosotros en los momentos más difíciles. Agradecemos también a la Universidad Ricardo Palma por brindarnos experiencias y conocimientos como herencia para la vida y a la empresa Inversiones San Gabriel por darnos las facilidades para iniciar una investigación con proyección a su aplicación nacional.

Holguin Rivera, Cristian Gregori y  
Loro Diaz, Luis Eduardo

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	10
1.2.1. Problema general .....	11
1.2.2. Problemas específicos .....	11
1.3. Objetivos .....	11
1.3.1. Objetivo general .....	11
1.3.2. Objetivos específicos.....	11
1.4. Delimitación del problema .....	11
1.4.1. Delimitación espacial .....	11
1.4.2. Delimitación temporal .....	12
1.4.3. Delimitación temática.....	13
1.5. Importancia del estudio .....	14
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1. Marco Histórico .....	18
2.1.1. Antecedentes de Lean Manufacturing.....	18
2.1.2. Antecedentes de SMED.....	20
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema.....	22
2.2.1. Antecedentes nacionales.....	22
2.2.2. Antecedentes Internacionales .....	25
2.3. Estructuras teóricas vinculadas a la variable de estudio .....	26
2.3.1. Lean Manufacturing .....	26
2.3.2. Estructura del Sistema Lean .....	27
2.3.3. Principios del Sistema Lean .....	28
2.3.4. Herramientas del Lean Manufacturing.....	29
2.3.5. SMED .....	30
2.3.6. 5's .....	32
2.3.7. Mantenimiento Autónomo .....	36
2.3.8. Productividad.....	38
2.4. Definición de términos básicos .....	39

2.5. Fundamentos teóricos que sustenta las hipótesis .....	41
2.6. Hipótesis.....	43
2.6.1. Hipótesis General .....	43
2.6.2. Hipótesis Específica .....	43
2.7. Variables (definición y operacionalización de variables) .....	43
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>44</b>
3.1 Enfoque, tipo, método y diseño de la investigación.....	44
3.2 Población y muestra .....	45
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	48
3.3.1. Técnicas e instrumentos .....	48
3.3.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	50
3.3.3. Procedimiento para la recolección de datos .....	51
3.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos .....	51
<b>CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>53</b>
4.1 Presentación de resultados .....	53
4.1.1. Generalidades .....	53
4.1.2. Estudio y análisis sobre cada variable dependiente.....	65
4.2 Análisis de resultados.....	99
4.2.1 Generalidades .....	99
4.2.2. Análisis estadístico sobre cada variable dependiente.....	102
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>120</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>125</b>
Anexo 01: Matriz de Consistencia.....	125
Anexo 02: Matriz de Operacionalización .....	126
Anexo 03: Permiso de la empresa .....	127
Anexo 04: Diagrama de operaciones de proceso (línea de Cartónplast) .....	128
Anexo 05. Cronograma de limpieza .....	129
Anexo 06. Procedimiento de trabajo para lubricación en máquinas.....	130
Anexo 07. Formato de inspección general diaria .....	131
Anexo 08. Verificación y seguimiento del llenado del formato de inspección general diaria .....	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Participación en el mercado de productos plásticos a nivel nacional .....	2
Tabla N°2. Volumen de exportación de plásticos en billones de \$US (2018).....	3
Tabla N°3: Producción de planta (%) (2019-2021) .....	5
Tabla N°4: Tiempo de cambio de formato (15-02-2022).....	8
Tabla N°5: Numero de averías (julio-diciembre 2021) .....	9
Tabla N°6. Delimitación temporal de la investigación.....	13
Tabla N°7: Origen y evolución de los principios Lean .....	19
Tabla N°8: Unidad de análisis y muestra PRE y POST de cada una de las variables ....	47
Tabla N°9: Técnicas e instrumentos .....	49
Tabla N°10: Matriz de análisis de datos .....	52
Tabla N°11: Categoría 01- Envases plásticos.....	55
Tabla N°12. Categoría 02 - Bolsas plásticas.....	57
Tabla N°13. Categoría 03 - Plástico corrugado (Cartónplast) .....	57
Tabla N°14. Producción general 2021 .....	58
Tabla N°15. Producción total 2021 - Línea de Cartónplast.....	60
Tabla N°16. Ficha técnica polipropileno copolímero .....	63
Tabla N°17. Ficha técnica polipropileno homopolímero.....	63
Tabla N°18. Muestra Pre-Test Lead Time de producción - Días .....	67
Tabla N°19. Muestra Post Test Lead Time de producción - Días .....	76
Tabla N°20: Muestra Pre- Test Tiempo de actividad de las máquinas.....	78
Tabla N°21: Estructura de capacitación del personal .....	80
Tabla N°22. Paso 1: Limpieza .....	82
Tabla N°23. Tiempo de actividad de las máquinas – Horas semanales .....	85
Tabla N°24. Tiempo de cambio de formato – Horas semanales .....	86
Tabla N°25. Actividades de tiempo de malla .....	88
Tabla N°26. Clasificación de operaciones .....	91
Tabla N°27. Conversión de operaciones internas a externas.....	92
Tabla N°28. Reducción de las operaciones internas.....	95
Tabla N°29. Tiempo de cambio de formato – Horas semanales .....	97

Tabla N°30: Resumen de resultados .....	98
Tabla N°31. Resumen prueba de normalidad Lead Time de Producción.....	104
Tabla N°32. Resumen contrastación de hipótesis Lead Time de Producción .....	106
Tabla N°33. Resumen prueba de normalidad tiempo de actividad de las máquinas ....	109
Tabla N°34: Resumen contrastación de hipótesis tiempo de actividad .....	111
Tabla N°35. Resumen prueba de normalidad tiempo de cambio de formato .....	114
Tabla N°36. Resumen contrastación de hipótesis tiempo de cambio de formato.....	116



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mercado de la industria de productos de plástico - 2019 .....	4
Figura 2: Variación porcentual de producción de productos de plástico.....	5
Figura 3: Diagrama Ishikawa Causa-Efecto para delimitar la problemática .....	6
Figura 4: Desorden observado en las instalaciones de la empresa .....	7
Figura 5: Ubicación inadecuada de materiales .....	7
Figura 6: Ubicación de la empresa .....	12
Figura 7: Estructura del proyecto de investigación .....	13
Figura 8: Línea de Tiempo – Lean Manufacturing.....	20
Figura 9: Línea de tiempo - SMED .....	21
Figura 10: Estructura de Lean Manufacturing – Caso Toyota.....	28
Figura 11: Herramientas de Lean Manufacturing.....	30
Figura 12: Ejemplo de tarjeta roja para identificación de elementos inútiles.....	34
Figura 13: Resumen de las 5'S.....	36
Figura 14: Mapa conceptual del problema general.....	42
Figura 15: Producción mayoritaria de la empresa .....	59
Figura 16: Diagrama de Pareto – Producción 2021 Línea de Cartónplast.....	61
Figura 17: Secuencia de implementación metodología 5'S .....	68
Figura 18: Troqueles deteriorados .....	69
Figura 19: Mallas deterioradas .....	69
Figura 20: Tarjeta roja para la identificación de materiales .....	70
Figura 21: Planchas de Cartónplast defectuosas a desechar .....	71
Figura 22: Sacos de pellets desechables .....	71
Figura 23: Troqueles por realizar reparación.....	71
Figura 24: Pernos y uniones oxidadas .....	72
Figura 25: Ordenamiento de sacos de pellets cerca al almacén.....	73
Figura 26: Mallas de impresión cerca al área de serigrafía en anaqueles.....	73
Figura 27: Ubicación específica de materiales de limpieza.....	73
Figura 28: Limpieza de vías en almacén .....	75
Figura 29: Limpieza de área de troquel y picado.....	75

Figura 30: Pasos para la implementación del mantenimiento autónomo .....	79
Figura 31: Diagrama de Ishikawa (Causa - Efecto).....	80
Figura 32: Cronograma de capacitación .....	81
Figura 33. Capacitaciones para estándares de limpieza y lubricación.....	83
Figura 34. Mantenimiento autónomo área de impresión .....	84
Figura 35: Pasos de la implementación de la metodología SMED.....	87
Figura 36: Área de impresión .....	88
Figura 37: Herramientas área de impresión .....	88
Figura 38: Representación gráfica de tiempo de cambio de formato .....	90
Figura 39: Ciclo de operación de cambio de formato previo .....	90
Figura 40: Ciclo de operación cambio de formato clasificado .....	92
Figura 41: Ciclo de operación reclasificado .....	93
Figura 42: Nueva representación gráfica de tiempo de cambio de formato .....	94
Figura 43: Ciclo de operación mejorado.....	95
Figura 44: Representación gráfica mejorada del tiempo de cambio de formato .....	97
Figura 45: Secuencia prueba de normalidad.....	100
Figura 46: Secuencia contrastación de hipótesis .....	101
Figura 47: Datos Pre-Test y Post-Test Lead Time de Producción .....	103
Figura 48: Prueba de normalidad Lead Time de Producción .....	104
Figura 49: Prueba T de Student Lead Time de Producción .....	105
Figura 50: Prueba de Levene Lead Time de Producción .....	105
Figura 51: Estadísticos descriptivos Lead Time de Producción .....	106
Figura 52: Datos Pre-Test y Post-Test tiempo de actividad de las máquinas.....	108
Figura 53: Prueba de normalidad tiempo de actividad de las máquinas.....	109
Figura 54: Prueba U de Mann Whitney tiempo de actividad de las máquinas .....	110
Figura 55: Estadísticos descriptivos tiempo de actividad de las máquinas .....	111
Figura 56: Datos Pre-Test y Post-Test tiempo de cambio de formato.....	113
Figura 57: Prueba de normalidad tiempo de cambio de formato.....	114
Figura 58: Prueba T de Student tiempo de cambio de formato .....	115
Figura 59. Prueba de Levene tiempo de cambio de formato .....	115
Figura 60: Estadísticos descriptivos tiempo de cambio de formato .....	116

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación denota las falencias identificadas en la línea de producción de Cartónplast de la empresa objeto de estudio, una empresa que forma parte de la industria manufacturera de artículos plásticos en el Perú. Ante ello, se observó que a través de la aplicación de Lean Manufacturing como una herramienta de la ingeniería industrial relacionada a la eliminación de recursos innecesarios en la cadena de producción se pudo incrementar la productividad en la línea de producción antes mencionada.

El principal objetivo de investigación formuló la aplicación de Lean Manufacturing en la línea de producción de Cartónplast para incrementar la productividad.

Con la finalidad de cumplir con el objetivo, la investigación tuvo su sustento en el marco metodológico donde se determina un enfoque cuantitativo, a consecuencia de utilizar herramientas de estadística inferencial y fundar las referencias en datos estrictamente numéricos para la validación de los resultados obtenidos, se identifica el tipo de investigación aplicada en tanto se procede a aplicar un conocimiento fundamentado en la vida práctica y un nivel de investigación explicativa, en tanto se establecen relaciones de causalidad en los indicadores de producción. Se utilizaron herramientas de Lean Manufacturing tales como la metodología 5's para la identificación de materiales innecesarios, el cual permitió establecer mejores patrones de almacenaje y ubicación de herramientas y misceláneos, así como el ordenamiento del ambiente de trabajo en la estructura productiva y el establecimiento de cronogramas de limpieza para conservar espacios limpios y libres de agentes obstructores; el mantenimiento autónomo para la gestión de la capacidad del capital humano en la ejecución de mantenimientos rutinarios preventivos y predictivos para garantizar la operatividad de la maquinaria en cada turno requerido; y la metodología SMED como una filosofía para reducir los tiempos de cambio de formato entre lotes de producción. Con la presente propuesta se busca incrementar la productividad de la línea antes explicada.

Palabras clave: Lean Manufacturing, 5'S, mantenimiento autónomo, SMED.

## **ABSTRACT**

This research work denotes the shortcomings identified in the CartonPlast production line of the company under study, a company that is part of the manufacturing industry of plastic articles in Peru. In view of this, it was observed that through the application of Lean Manufacturing as an industrial engineering tool related to the elimination of unnecessary resources in the production chain, it was possible to increase productivity in the aforementioned production line.

The main research objective formulated the application of Lean Manufacturing in the CartonPlast production line to increase productivity.

In order to meet the objective, the research was based on the methodological framework where a quantitative approach is determined, as a result of using inferential statistical tools and basing the references on strictly numerical data for the validation of the results obtained, the type of applied research is identified as it proceeds to apply knowledge based on practical life and a level of explanatory research, as causal relationships are established in the production indicators. Lean Manufacturing tools were used, such as the 5's methodology for the identification of unnecessary materials, which allowed establishing better storage patterns and location of tools and miscellaneous, as well as the organization of the work environment in the production structure and the establishment of cleaning schedules to keep spaces clean and free of obstructing agents; autonomous maintenance for the management of human capital capacity in the execution of preventive and predictive routine maintenance to guarantee the operability of the machinery in each required shift; and the SMED methodology as a philosophy to reduce changeover times between production batches. This proposal seeks to increase the productivity of the aforementioned line.

**Keywords:** Lean Manufacturing, 5'S, autonomous maintenance, SMED.

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación busca mejorar la productividad a través de la aplicación del Lean Manufacturing en la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos.

El objetivo principal de la presente investigación es aplicar las herramientas de Lean Manufacturing en la línea de producción de Cartónplast de tal manera de que se pueda reducir el Lead Time de producción semanal, lo cual permitirá mejores tiempos de entrega y calidad de servicio para los clientes; incrementar el tiempo de actividad de la maquinaria involucrada en el proceso productivo y reducir los tiempos de cambio de formato entre diferentes lotes de producción.

La presente investigación nace a consecuencia de las falencias identificadas en la empresa objeto de estudio y poder frente a ello concretar una propuesta que permita dar solución a los problemas identificados mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el estudio de la carrera de ingeniería industrial.

La concepción del estudio se divide en cuatro (04) capítulos cuyos detalles se muestran a continuación:

En el primer capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, para ello se contrasta información relacionada al rubro a nivel nacional e internacional, se identifican patrones de causa efecto para determinar las falencias halladas durante la investigación y se recopilan datos iniciales de la empresa identificada, lo cual desencadena en la formulación del problema general y los problemas específicos, así como el objetivo del estudio. Del mismo modo se presenta la justificación e importancia del estudio para determinar el impacto de la investigación en nuestra sociedad.

En el segundo capítulo se inicia con el marco teórico que sienta los pilares a nivel de conocimiento de nuestra investigación, para ello se recurre a investigaciones relacionadas con el tema y se recopilan datos estadísticos y numéricos que podrían ser de utilidad para

la concepción de la investigación. Se detalla el marco conceptual e histórico que fundamentan las herramientas planteadas y que además permiten analizar la evolución de las herramientas para identificar patrones de línea de investigación. Asimismo, se derivan la hipótesis general y específicas que serán tratadas durante toda la investigación.

En el tercer capítulo se da a conocer la metodología que envuelve la investigación basada en el enfoque, tipo, método y diseño de la investigación, seguida de la población y muestra seleccionada. Se hace énfasis en las técnicas e instrumentos necesarios para la recolección de datos y los criterios de validez y confiabilidad de los mismos.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos, especificando a detalle el procedimiento seguido para la implementación de las herramientas de ingeniería planteadas, así como los resultados matemáticos obtenidos luego de la implementación de las mismas para realizar la comparación entre la situación antes y después de la implementación de las mismas.

Este trabajo de investigación busca promover una cultura de capacitación y aprendizaje constante ligado a herramientas de ingeniería vigentes en nuestros días. Asimismo, se busca ser base de otras investigaciones ligadas a la implementación de Lean Manufacturing en otros procesos de producción

# CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción del problema

El mercado de productos plásticos es un mercado en continua expansión y crecimiento. En nuestros días, resulta imposible encontrar algún lugar en donde el plástico no haya tenido un uso como agente reemplazante de otros materiales (madera, metales, vidrio, etc.) que antaño eran irremplazables en el uso cotidiano. Nuestra realidad, basada en la producción en masa y consumismo acelerado trae consigo nuevos desafíos para las empresas del rubro. Las herramientas de ingeniería y producción desempeñan un papel fundamental para poder abastecer la demanda propulsada por el crecimiento poblacional, a través de estudios en la metodología de procesos, estudios de mercado e impacto ambiental para gestionar la integridad del producto final distribuido.

La producción de plástico y su posterior manufactura para la elaboración de productos finales en la actualidad requiere un análisis exhaustivo en función a los beneficios en el desarrollo humano. Para empezar, se analizará el mercado actual de productos plásticos primarios, intermedios y finales. Según un informe de la UNCTAD (2020), la tendencia del comercio de productos plásticos ha superado las estimaciones previas del año 2018 en un 40% y el volumen de producción en un 25% a nivel internacional, esto nos muestra que la línea de comercio que sigue este sector proyecta un crecimiento sostenido para estimaciones futuras. Es importante resaltar también que la producción de estos productos plásticos no es uniforme a nivel mundial. Según estudios realizados por *Plastics Europe (2021)*, entidad no gubernamental de Bélgica, analiza la distribución de los mismos a nivel mundial, según lo mostrado en la tabla N°1:

Tabla N° 1: Participación en el mercado de productos plásticos a nivel nacional

<b>Bloque económico</b>	<b>Participación (%)</b>
China	32
NAFTA (Tratado de Libre Comercio de América del Norte)	19
Resto de Asia	17
Europa	15
África, Medio Oriente	7
Latinoamérica	4
Japón	3
Commonwealth y Estados Independientes (CIS)	3

Fuente: Plastics Europe (2021) *Plastics - the facts 2021* [Plásticos - Los hechos 2021]. Bélgica.

Elaboración propia

Se entiende por lo mostrado en la tabla N° 1 que China resalta como potencia mundial en la elaboración de productos plásticos y derivados; a su vez, junto al bloque económico NAFTA representan el 51% de la producción mundial. Los estudios demuestran que América Latina sigue mostrando un bajo nivel de competitividad para la elaboración y distribución de productos manufacturados. Según Sevares (2007), la política de nuestra área geográfica no impulsa el desarrollo ni las posibilidades tecnológicas de la materia prima provista por la naturaleza, no se concentran esfuerzos en la búsqueda del aumento de productividad, no existe un



engranaje que vincule la exportación primaria con las posibilidades de evolución que la manufactura ofrece al crecimiento del desarrollo humano.

Siguiendo el estudio del sector de esta industria, también se puede analizar el impacto económico a nivel mundial. En la tabla N°2 se muestra el valor económico del comercio de productos plásticos finales a escala internacional:

Tabla N°2. Volumen de exportación de plásticos en billones de \$US (2018)

<b>Productos plásticos</b>	<b>Billones de \$US</b>
Plástico en forma primaria	348
Plásticos en forma intermedia	158
Productos plásticos manufacturados - intermedios	83
Productos plásticos manufacturados - finales	416
Desperdicios plásticos	3
<b>TOTAL</b>	<b>1008</b>

Fuente: Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y Desarrollo [UNCTAD], 2020  
Elaboración propia

El impacto en la economía mostrado en la Tabla N° 2 conlleva a la reflexión sobre la capacidad de inyección económica que trae consigo un mayor grado de involucramiento del sector objeto de estudio. La producción de productos plásticos manufacturados - finales representan el 41,27% del comercio mundial de plásticos en un mercado que mueve más de 1 billón de dólares en el ambiente global.

En perspectiva, se observa un abanico de posibilidades para el desarrollo de una industria manufacturera de productos plásticos, sólida y con proyección a futuro. El

Perú, como agente participativo y tradicional exportador de materias primas tiene en base a esta problemática la posibilidad del despegue económico para insertar y posicionar su industria manufacturera, en función a políticas de inversión privada y financiamiento público, en objeto de atractivo de la industria internacional.

Siguiendo con la línea de estudio, se contextualiza la competencia del Perú en el sector. Se han analizado las perspectivas internacionales, con posibilidades que permiten el desarrollo de la industria local; ahora se procede ahora a englobar el mercado nacional. En esta visión, el INEI (2019) muestra las condiciones del mercado nacional en la figura 1:

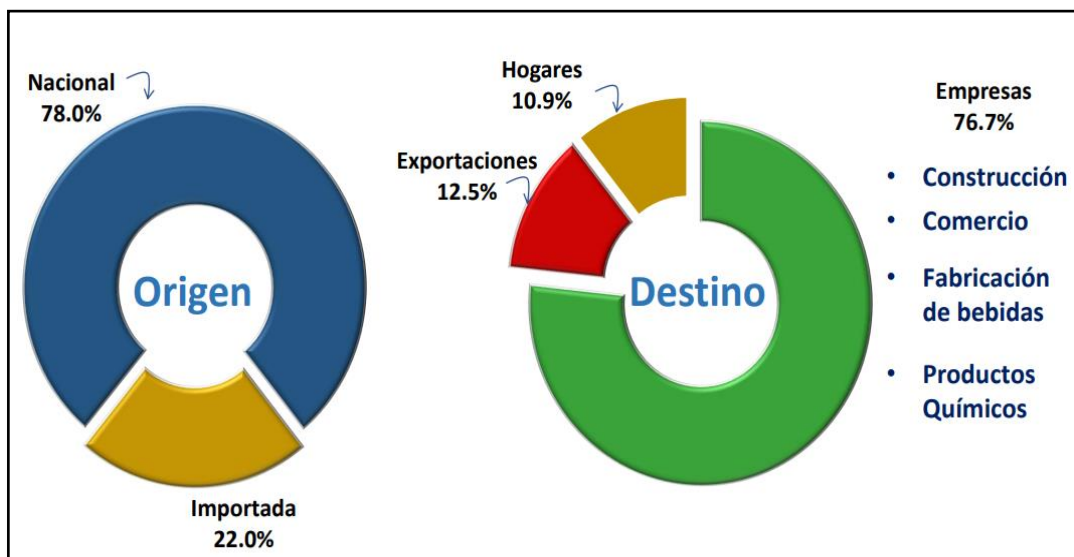


Figura 1: Mercado de la industria de productos de plástico - 2019  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Se observa que el 78% de productos plásticos tiene como origen la producción a nivel local que abastece los sectores de construcción, comercio, fabricación de bebidas y productos químicos, principalmente.

El planteamiento del problema hace énfasis en la productividad de la industria. De acuerdo con datos obtenidos del INEI (2019) se analiza la productividad del sector en la figura 2:

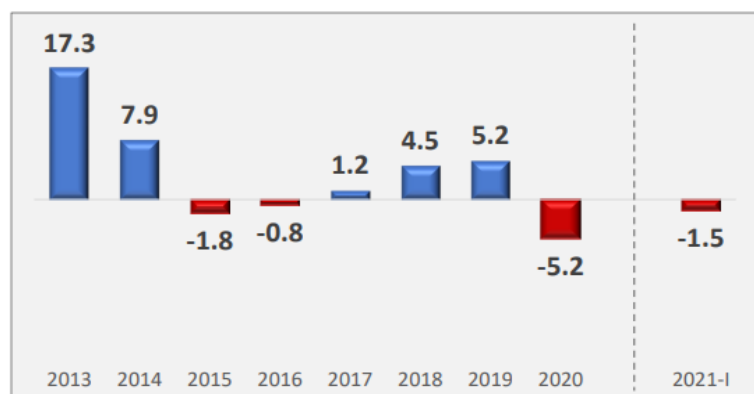


Figura 2: Variación porcentual de producción de productos de plástico

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Se observa un incremento gradual con proyección sostenida de los índices de productividad a partir del año 2020, que inició con índices negativos a consecuencia de la pandemia global a causa de la COVID-19 que paralizó a múltiples empresas manufactureras. Con esta guía, se procedió a analizar una empresa del sector, una matriz para analizar la productividad y formar la competitividad que requieren las empresas para su posicionamiento en el mercado.

Inversiones San Gabriel es una organización empresarial orientada a la elaboración de envases descartables, bolsas y cartón corrugado de material plástico, con más de 500 productos en su cartera de ventas. La producción general de la empresa se resume en la tabla N°3:

Tabla N°3: Producción de planta (%) (2019-2021)

Línea de producción	Producción de planta (%)		
	2019	2020	2021
Envases descartables	20.084	20.107	20.354
Bolsas plásticas	36.398	33.547	31.067
Plástico corrugado	43.518	46.346	48.579

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar de acuerdo a la tabla N° 3 que la producción de plástico corrugado ha denotado mayor concentración de capital en comparación a las otras 2 líneas de producción y que la línea de producción de bolsas plásticas ha iniciado una reducción sostenida en los 3 últimos años. La empresa, a lo largo de los años, ha desarrollado líneas de productos basados en las necesidades del cliente. Según la Ley N° 30884 (2018) entró en vigor una política de reducción de bolsas plásticas y otros productos plásticos de un solo uso, por lo que hubo una reducción paulatina en la producción de bolsas plásticas y envases descartables. A partir de ese momento, la cadena de producción de plástico corrugado tuvo un aumento significativo en sus índices de producción, algo que sin embargo no significó en pérdidas económicas dado que la política de la empresa ya se encontraba dirigida a la reducción de las otras líneas de producción y al impulso del cartón corrugado, un material con mejores propiedades de uso y biodegradabilidad que garantizan también la sostenibilidad del medio ambiente. De esta manera, se observa que la empresa realiza desde entonces una mayor inversión y obtiene una mayor rentabilidad en la línea de producción de plástico corrugado (en adelante línea de producción de CartonPlast).

Realizando un análisis de las causas raíz de diferentes problemáticas en la empresa motivo de estudio, se encontró lo siguiente expresado en el siguiente diagrama de Ishikawa mostrado en la figura 3:

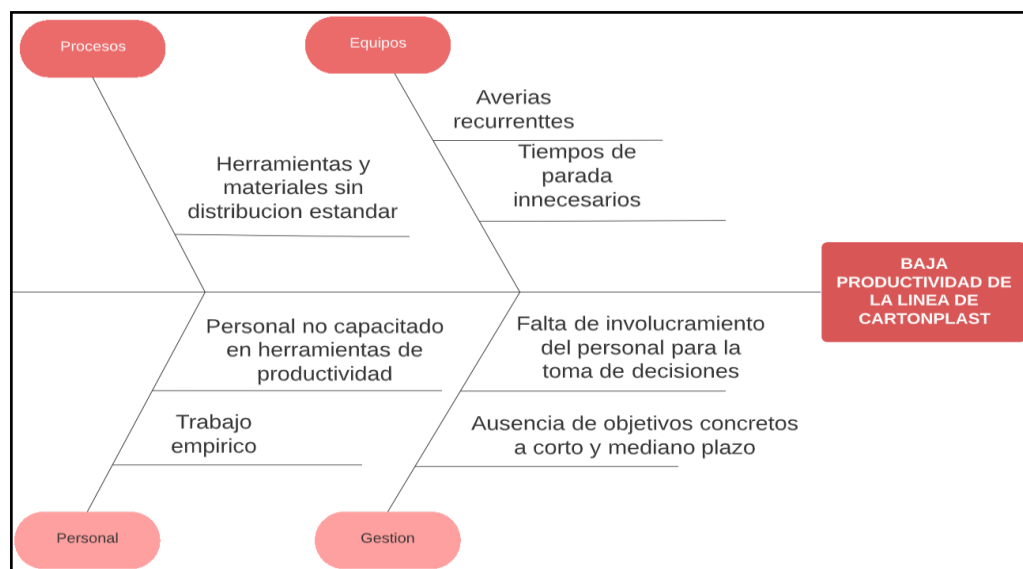


Figura 3: Diagrama Ishikawa Causa-Efecto para delimitar la problemática

Fuente: Elaboración propia

Según este análisis, se observa un enfoque de la problemática basado en cuatro aspectos esenciales en todo sistema productivo: procesos, personal, equipos y gestión.

Procesos: Se observó durante la etapa de estudio que no existía una distribución uniforme de los materiales y herramientas necesarios en la producción. La producción en todo sistema industrial requiere velocidad, disposición de materiales y versatilidad durante todas las etapas del proceso, estándares que se ven seriamente afectados si consideramos situaciones como se logran visualizar en las figuras 4 y 5 a continuación:



Figura 4: Desorden observado en las instalaciones de la empresa

Fuente: Datos de la empresa



Figura 5: Ubicación inadecuada de materiales

Fuente: Datos de la empresa

Asimismo, no se evidencia la presencia de herramientas de productividad para la gestión de los cambios de formato entre los diferentes productos de la línea de Cartónplast. La presencia de una variedad de productos en función a múltiples clientes conlleva a realizar cambios ágiles que reduzcan los tiempos de espera de producción. Se visualiza en la tabla N°4 datos de tiempos de cambio de formato en el área de impresión para un día estándar:

Tabla N°4: Tiempo de cambio de formato (15-02-2022)

<b>IMPRESIÓN – RECAMBIO DE MALLAS</b>						
Tiempo (min)	4,5	4,3	4,2	4,4	4,4	4,4
Reporte	15-02-2022					

Fuente: Elaboración propia

Equipos: La empresa presenta averías recurrentes durante el proceso productivo. Las averías retrasan los tiempos de entrega de lotes y pedidos incrementando el Lead Time de Producción, reducen los índices de hora – máquina de producción y conllevan al incremento del gasto operativo, al mismo tiempo que traen consigo tiempos de parada que deterioran el normal funcionamiento de la maquinaria del siguiente proceso. La tabla N°5 presenta las averías recurrentes analizadas de julio a diciembre del 2021:

Tabla N°5: Numero de averías (julio-diciembre 2021)

<b>Proceso</b>	<b>Extrusión</b>	<b>Impresión</b>	<b>Troquel y picado</b>
Julio	18	16	9
Agosto	20	15	10
Setiembre	19	13	10
Octubre	19	14	9
Noviembre	25	13	8
Diciembre	17	13	8
<b>TOTAL (a Dic-2021)</b>	<b>118</b>	<b>84</b>	<b>54</b>

Fuente: Elaboración propia

Personal: La formación académica de los operarios y otros partícipes de la cadena de producción no cuentan con herramientas de productividad y mejora continua, es decir, no cuentan con la capacitación adecuada para su desenvolvimiento eficiente en la producción. Según Chiavenato (2009), la capacitación forma parte de la esencia de un esfuerzo combinado dirigido al incremento del grado de competitividad del recurso humano que da como resultado la mejora en el desenvolvimiento de la organización (p. 337). La evolución de la producción en toda empresa depende en gran medida del capital humano. Asimismo, resultó clave analizar la forma en la que los trabajadores adquieren el conocimiento práctico de producción y ejecución de procesos. En tal sentido se encontró que esta capacidad de formación está ligada principalmente a su aprendizaje empírico, es decir, a través del aprendizaje dotado por otro operario como experiencia particular de trabajo. En tal sentido, se identifica una inadecuada gestión del conocimiento. De esta manera, se corrobora lo descrito por Pacheco (2016), que considera al conocimiento desde una óptica económica para

describirlo como un activo con capacidad de crecimiento continuo en el tiempo con nulo desgaste que, sin embargo, mantiene una unidad inherente con las personas y no se desliga de las mismas al no ser compartido

Gestión: La gestión organizacional desempeña un papel fundamental en la toma de decisiones para la gestión de políticas ligadas a la competitividad empresarial. Según la revista *Gestión en el Tercer Milenio* (2014) “la toma de decisiones es una herramienta que permite hacer las mejores decisiones en beneficio de la empresa, repercutiendo en la gestión, identificando los objetivos que llevarán a lograr las ventajas competitivas y el éxito en el mercado” (p.21). Mientras no haya un involucramiento serio de la alta dirección con los trabajadores no se formará el eje fundamental que permita potenciar todos los aspectos de la empresa con una visión de crecimiento y desarrollo. Asimismo, se observó que la empresa no tenía una gestión concreta de sus planes de trabajo a futuro, así como una proyección frontal de políticas de integración de sistemas productivos y alianzas estratégicas con proveedores y clientes finales para potenciar su competitividad general.

En función a las problemáticas antes descritas, se realizará un enfoque de ingeniería para reducir los niveles de afectación en lo que concierne a los procesos y los equipos del proceso productivo, factores de alta incidencia en los niveles de producción de la empresa. Se desarrollará, por tanto, la aplicación de la herramienta Lean Manufacturing que permita el ordenamiento de sistemas, gestión de los recursos y garantías de celeridad en la ejecución de procesos desde los más esenciales hasta los más complejos del sistema productivo.

## 1.2. Formulación del problema

El problema se formula en función a la necesidad de la empresa de incrementar sus niveles de producción para atender a una demanda creciente de productos de plástico corrugado en el mercado nacional e internacional, para lo cual se implementará un sistema de trabajo Lean Manufacturing que permita optimizar la línea de producción a través de las herramientas propias del sistema.



#### 1.2.1. Problema general

¿Cómo incrementar la productividad de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos?

#### 1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo reducir el Lead Time de Producción de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos?
- b) ¿Cómo incrementar el Tiempo de Actividad de las máquinas de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos?
- c) ¿Cómo reducir los cambios de formato de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos?

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

Implementar Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- a) Implementar la metodología 5's para reducir el lead time de producción de la línea de Cartónplast.
- b) Implementar un mantenimiento autónomo para incrementar el tiempo de actividad de las máquinas de la línea de Cartónplast.
- c) Implementar la metodología SMED para reducir el cambio de formato en la línea de Cartónplast.

### 1.4. Delimitación del problema

#### 1.4.1. Delimitación espacial

La delimitación espacial de la empresa de análisis para la presente investigación se puede visualizar en el siguiente mapa en la figura 6:

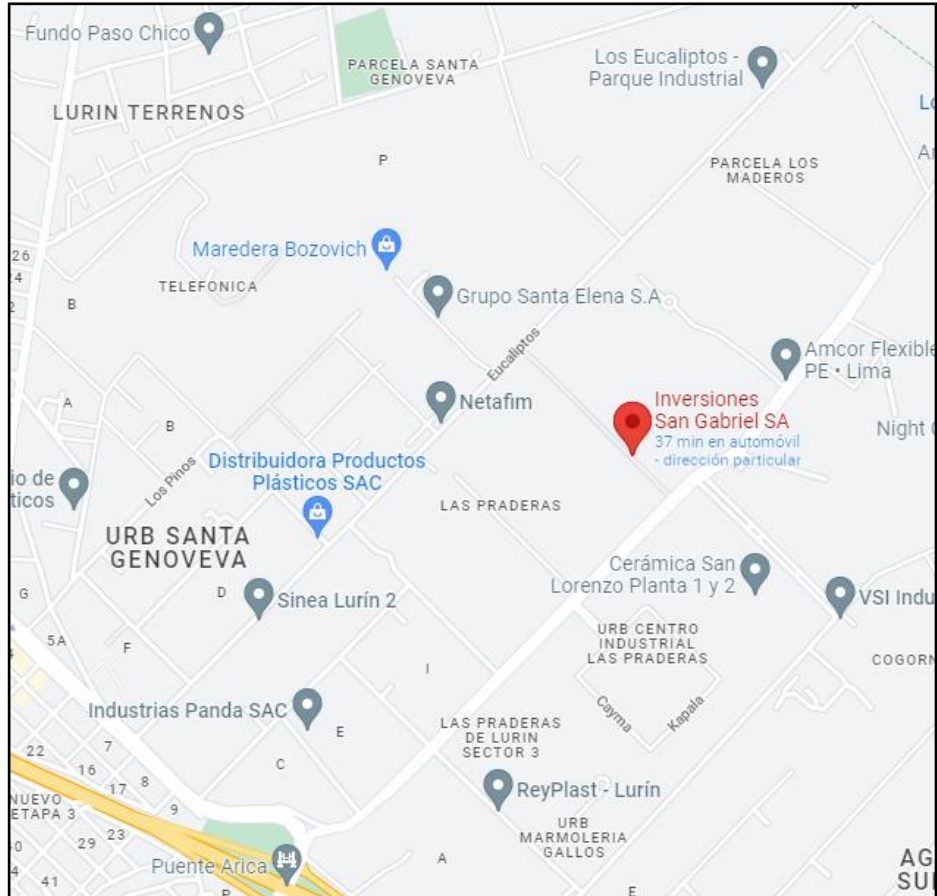


Figura 6: Ubicación de la empresa

Fuente: Google Maps

La empresa se ubica en el distrito de Lurín, provincia de Lima y región de Lima – Perú con dirección: Predios Acumulados 28 29 30 Y 31 Sector Las Praderas De Lurín.

#### 1.4.2. Delimitación temporal

El periodo de estudio para la presente investigación engloba los meses de enero a octubre del año 2022, tanto para el análisis de la situación previa de los niveles de los indicadores objeto de estudio como de la recopilación y análisis de la situación post aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing. La representación de la delimitación temporal se puede evidenciar en la tabla N°6:

Tabla N°6. Delimitación temporal de la investigación

DELIMITACION TEMPORAL DE LA INVESTIGACION		
03/01/2022 – 29/04/2022	30/05/2022 – 24/06/2022	27/06/2022 – 05/08/2022
Antes de implementar	Implementación de la solución	Después de implementar
PRE	Teoría (marco teórico)	POST
Levantamiento de información	Aplicación de herramientas y metodologías	Análisis de resultados
Recopilación de datos históricos		Comparacion de indicadores

Fuente: Elaboración propia

### 1.4.3. Delimitación temática

La delimitación temática se puede contextualizar según el siguiente diagrama de la figura 7:

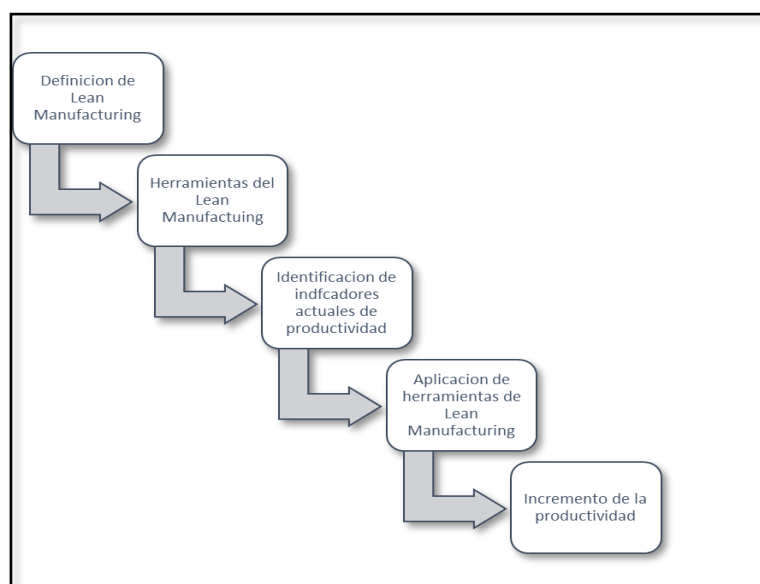


Figura 7: Estructura del proyecto de investigación

Fuente: Elaboración propia

## 1.5 Importancia del estudio

La importancia de esta investigación es para contribuir a la sociedad, generar conciencia que, en la actualidad, hay mucha competitividad entre las empresas y no basta con contar en tener la capacidad productiva para poder captar a los clientes, sino que es de mucha importancia controlar y mejorar día a día los procesos internos, ya que viendo por el lado del cliente, esto permite la reducción de tiempos de entrega, cumpliendo la satisfacción del cliente en poder recibir su pedido a tiempo y viendo de un enfoque interno, de gestión, esto permite optimizar mejor la materia prima, reducir o eliminar los costos que no generan valor y mejorar las condiciones de trabajo de los operarios.

Del lado individual, la aplicación de Lean Manufacturing y sus herramientas, nos permitirá poder ampliar nuestros conocimientos, permitiendo valorar la importancia de la variable tiempo, poder identificar posibles casos de mejoras, proponer propuestas de valor. A su vez, esta investigación nos permitirá poder cumplir con nuestros objetivos profesionales de nuestra carrera de Ingeniería Industrial, en el cual es, obtener nuestro título universitario y así de esta manera poder competir con mayor base en el mercado laboral.

Desde el lado metodológico, la importancia del estudio radica en que la puesta en marcha de las herramientas de Lean Manufacturing pueden contribuir al aumento de los índices productivos en la empresa analizada. Esto se concretará con mejoras en el Lead Time de producción, primer nivel de garantía del área de producción de toda empresa para la atención oportuna de las necesidades de los clientes que asegure finalmente la fidelización de estos a fin de producir lo necesario y evitar los stocks innecesarios.

Del mismo modo, el estudio plantea incrementar el tiempo de actividad operativo de las máquinas de producción, a mayor tiempo operativo se obtendrán mejores niveles de producción, reduciendo los tiempos ociosos y sobrecostos por horas extras laboradas por la necesidad de cumplir la entrega de un pedido.

Asimismo, la reducción de cambios de formato entre lotes de producción y líneas de productos será un factor esencial para reducir los tiempos de espera entre cada

pedido. Estos factores serán el pilar básico que orientará a esta y muchas otras empresas a iniciar su expansión en la búsqueda de nuevos mercados con los nuevos niveles de competitividad adquiridos en la productividad a fin de guiar la industria de la manufactura hacia el desarrollo social organizacional y económico del país.

- Justificación del estudio

El estudio tiene relevancia en cuanto se determina que la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing lograrán un mejor desempeño en el sistema productivo de la empresa, lo que conlleva a una reducción de costos, vital para garantizar la competitividad de cualquier empresa.

- Justificación teórica

Según Bernal (2010) se evidencia la justificación teórica de una investigación en tanto el objetivo del estudio se oriente a incitar la cavilación e intercambio de ideas a nivel académico del discernimiento actual, rebatir una suposición, cotejar un discernimiento o generar epistemología del conocimiento (p.106)

En tal sentido, la justificación teórica del proyecto de tesis se basa en que la mejora de la productividad de toda empresa conlleva a la generación de mayor rentabilidad económica y generación de utilidades en todos los sectores empresariales, vital para el crecimiento de toda organización. Se busca generar reflexión sobre la gestión del conocimiento a través de técnicas Lean para la mejora de la competitividad de la empresa en el rubro de la manufactura, a su vez lo que conlleva al desarrollo de cualquier país. Así lo aseguraba Krugman (1997) cuando realizaba una crítica al relacionar la productividad con el desarrollo: “La productividad no lo es todo, pero, en el largo plazo, es casi todo”.

- Justificación metodológica

Según Bernal (2010) se constata una justificación metodológica cuando la investigación dirige los estudios hacia un concepto nuevo e innovador que cuenten con la validez y confiabilidad necesarios para el enriquecimiento de la gnoseología (p.107)

De esta manera, la justificación metodológica se sustenta en la generación de conocimiento nuevo hacia las áreas de alta dirección y gestión de la organización a través de un enfoque Lean que son actualmente áreas de la red de pequeñas y microempresas a nivel nacional que desconocen de estas herramientas. De esta manera, según Calero (1999) a la organización se le abre la capacidad de gestionar el conocimiento de esta metodología como otro activo o recurso que se puede gestionar, monetizar y explotar (p.61).

- Justificación práctica

De acuerdo con Bernal (2010) “se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo”

La justificación práctica de la implementación del Lean Manufacturing en la mejora de la productividad se interpreta por la mejora en los índices de eficiencia productiva. La filosofía Lean propone, según Rojas y Gisbert (2017) “la disminución de despilfarro de todo tipo ya sea inventarios, tiempos, productos defectuosos, transportes, retrabajos por parte de equipos y personas.” (p.118). Por tanto, aspectos críticos de la empresa como el Lead Time de producción o cambios de formatos, que se entienden como despilfarro de tiempo y recursos pueden tener una notable reducción al aplicar las herramientas según la metodología a utilizar.

- Justificación económica

Baena (2017) propone la justificación de una investigación desde el punto de vista económico al preguntar si el proyecto justifica la inversión de dinero en el mismo.

La investigación se justifica desde el punto de vista económico a consecuencia de que el aumento de productividad genera un mayor ingreso económico a la industria a consecuencia de la presencia de una demanda creciente en el mercado nacional e internacional que garantiza que existe una necesidad de mayores índices de producción.

- **Justificación social**

Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que la importancia potencial de una investigación debe tener una relevancia social, es decir, un alcance o proyección de beneficio común. (p. 40)

En este lineamiento, la justificación social se encuentra ligada al hecho que permite establecer una relación entre incremento de la productividad y la disminución del desempleo. Según Carro y González (2012) “a largo plazo se impone la conclusión de que la productividad, apoyada en métodos eficaces y en el funcionamiento de todas las actividades de un país, ha de ser el verdadero motor de eliminación del desempleo” (p.7)

- **Justificación Legal**

Según Aranzamendi (2005) existe una justificación legal cuando el proyecto de investigación supone propuestas o injerencias legislativas, sea el caso que las interprete, que modifique o sostenga las actualmente existentes.

La justificación legal radica en la importancia del estudio en las empresas bajo el régimen de las PYMES en el Perú. Según el portal de negocios Conexión ESAN (2017) “las PYMES representan un sector muy importante para la economía y el crecimiento del Perú. Por eso es necesario que sean cada vez más las que implementen prácticas como las del Lean Manufacturing en sus procedimientos”.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Histórico

#### 2.1.1 Antecedentes de Lean Manufacturing

Los inicios de Lean Manufacturing tuvo lugar después de la 2da guerra mundial (comienzos del siglo XX), las empresas japonesas tuvieron que enfrentar una difícil situación donde no tenían precariedad en el escenario económico mundial, debido a que, por la situación que pasaban en esos momentos, los privaron de recursos energéticos, esto les obligó a ingeniárselas para poder sobrevivir y desarrollarse (Hernández, M. & Vizán, I., 2013).

Los japoneses tenían un gran reto, lo cual era obtener beneficios en la productividad, por lo que, empezaron a investigar y estudiar diferentes métodos de producción, principalmente en Estados Unidos. Primero, comenzaron estudiando las prácticas productivas de Ford. Segundo, con el control estadístico de procesos por W. Shewart. Y tercero, con las técnicas de calidad de Edwards Deming. El estudio lo realizaron Taiicho Ohno y Eji Toyoda (fundadores de la empresa Toyota), visitando empresas automovilísticas americanas llegando a la conclusión que no era aplicable en Japón, debido a que el sistema estadounidense sostenía que se reducía los costos, fabricando vehículos en serie, pero limitando la variedad de modelos, y eso no les convencía a estos japoneses, ya que, en el futuro, iban a requerir construir automóviles pequeños y modelos variados a bajo coste. (Hernández, M. & Vizán, I., 2013).

A partir de estas reflexiones, surgieron nuevos sistemas de gestión, como por ejemplo el propuesto por Ohno, el JIT/JUST IN TIME (Justo a Tiempo), “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicite”. Las aportaciones de Ohno junto con los trabajos de Shigeo Shingo, entendieron la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, centrando su atención en cómo reducir los tiempos de preparación. Sus primeras aplicaciones se enfocaron en reducir los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos base del sistema SMED. Así, de esta manera, fueron desarrollándose



diferentes técnicas como el sistema Poka-Yoke, Jidoka, Kanban. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Por primera vez se empleó el término de Lean Manufacturing, con la publicación de la obra “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos, en donde exponen las características de un nuevo sistema de producción capaz de unir calidad, flexibilidad y eficiencia utilizable en cualquier lugar del mundo (Hernández, M. & Vizán, I., 2013).

Hernández, M. & Vizán, I., (2013) consideran que el JIT y sus técnicas, con el sistema de organización japonés JWO (Japanese Work Organization) y el Jidoka, son los fundamentos base que componen el Lean Manufacturing, El JWO se centra en idear y establecer una manera de la organización del trabajo según las habilidades de los trabajadores. El Jidoka sostiene en proporcionar a las máquinas la capacidad de parar el proceso si detecta que no puede fabricar una pieza sin errores.

Tabla N°7: Origen y evolución de los principios Lean

JIT	JWO	Lean
Reducción producto en curso	Trabajadores multidisciplinares	Jidoka
Flujo continuo	Calidad en el puesto	Calidad Total
Reducción tiempos de entrega	Mantenimiento en el puesto	Mejora continua
Reducción tiempos de fabricación	Mejoras del puesto de trabajo	Compromiso dirección y empleados

Fuente: Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

En la tabla N°7 se muestra un pequeño extracto de los principios que se han incorporado al modelo Lean. En un primer sector, están los principios fundamentales del JIT, que afectan a los costes, productividad, plazo de entrega y diversidad de productos. En un segundo sector, están los principios del JWO que se centra en el potencial del recurso humano. Y en el último sector, son aquellos principios que a lo largo se han ido sumando para configurar finalmente lo que se entiende por Lean.

A continuación, se detalla, para su mayor entendimiento, una línea de tiempo de la historia del Lean Manufacturing, rescatando los hitos más importantes mostrados en la figura 8:

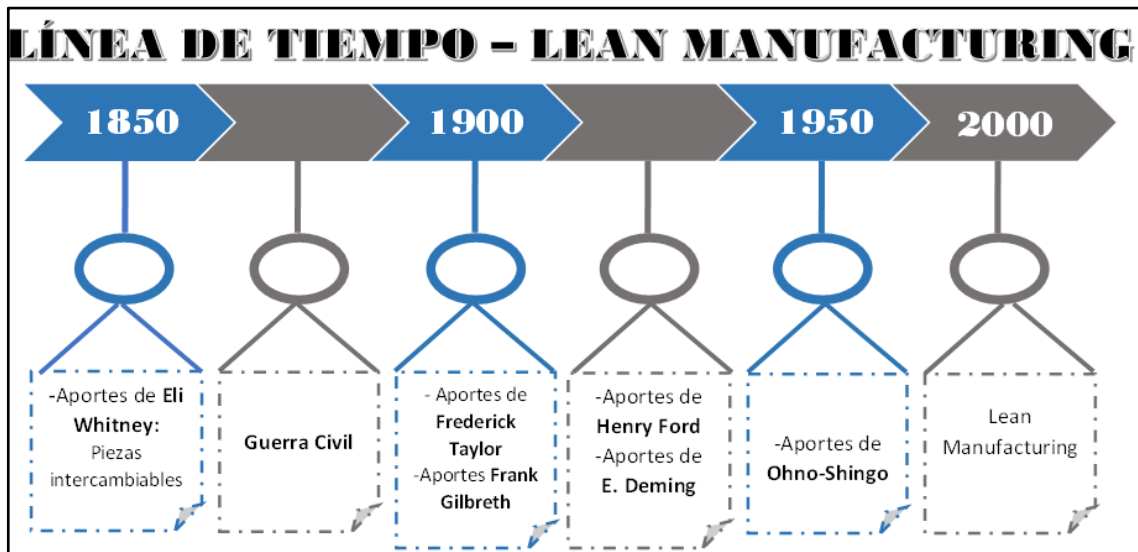


Figura 8: Línea de Tiempo – Lean Manufacturing

Fuente: Lema, 2014, p.12

### 2.1.2 Antecedentes de SMED

Según Shigeo, S. (1983), Los inicios de la metodología SMED comienza cuando se realizaba una investigación para incrementar las eficiencias en la Planta de Mazda Toyo Kogyo en el año 1950. En esta planta contaban con un problema de “cuello de botella” en las prensas de moldura de grandes cuerpos de 350, 750 y 800 toneladas por la razón, que no estaban aprovechando su capacidad.

Debido a este problema, Shigeo, S. (1983), determinó dar seguimiento a la carga de un dado de una prensa, en el cuál, señaló que estaba cambiando. La solución que destinó en ese momento fue en añadir mayor complejidad al cambio. Esto motivo la importancia de la preparación interna y preparación externa, en este primer encuentro con el SMED, se dio énfasis a establecer un procedimiento externo, en el cuál, se supervisaría que todo lo necesario (pernos, llaves, etc.) estuvieran listos antes de empezar una nueva preparación, esto tuvo como resultado el incremento de la eficacia en un 50%, eliminando el cuello de botella.

En el año 1969, en la empresa automovilística japonesa Toyota Motor Company, es donde se perfecciona el SMED, con la siguiente problemática, que una prensa de 1000 toneladas requería 4 horas para cada cambio de ajuste. Se distinguió la preparación interna y externa, reduciendo el tiempo de la problemática a novena minutos, no obstante, la empresa Toyota Motor, se disgustó con los resultados obtenidos, pidiendo que se pueda reducir aún más los tiempos, a tres minutos. Para ello Shigeo pensó en homogeneizar las operaciones internas a externas, utilizando este nuevo concepto el tiempo de preparación de cualquier actividad vendría ser al menos 10 minutos, finalmente es donde nace el concepto SMED, como: Cambios de herramientas en menos de 10 minutos. Esta experiencia fue aplicada en las demás plantas industriales de Toyota y se evidenció que el sistema de producción cambio de manera positiva y extendiendo su utilización ahora en compañías en todo el mundo. (Shigeo, S., 1983)

A continuación, se detalla en la figura 9 para su mayor entendimiento, una línea de tiempo de la historia del SMED, rescatando los hitos más importantes.

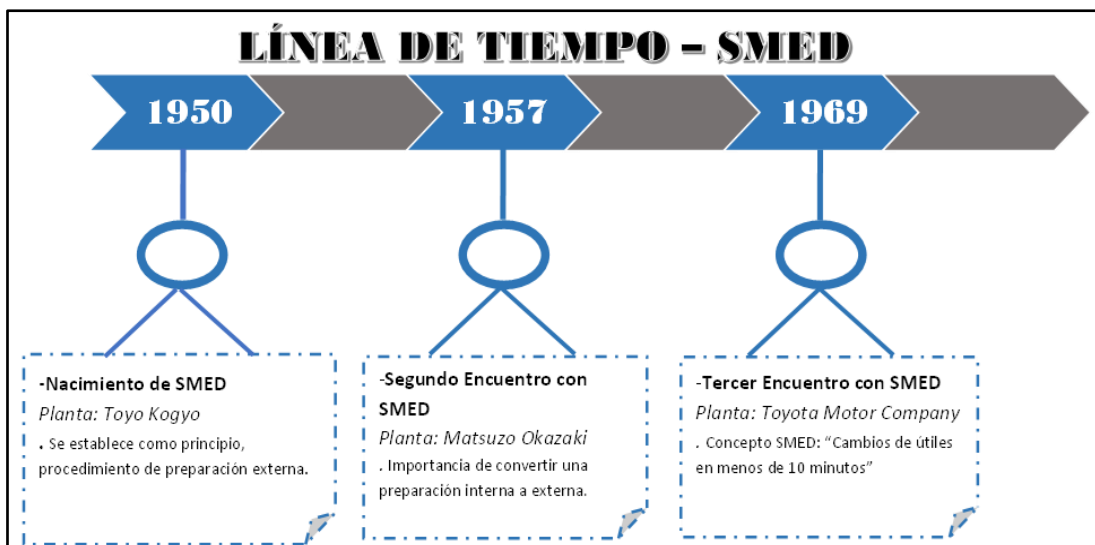


Figura 9: Línea de tiempo - SMED

Fuente: Shigeo Shingo (1983)

## 2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

### 2.2.1. Antecedentes nacionales

En el ámbito nacional se presenta las siguientes investigaciones:

(Gálvez, M., 2019), en su investigación para obtener el título de pregrado: “Mejora de la productividad en la unidad de desarrollo de producto en una empresa de confecciones mediante herramientas de Lean Manufacturing” en la ciudad de Lima - Perú presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, reflexionaron lo siguiente:

Se trazó como objetivo mejorar el tiempo de ciclo, identificando y eliminando los desperdicios a lo largo del proceso productivo, de una empresa de confecciones con la implementación de herramientas de Lean Manufacturing. Como consecuencia de analizar el tiempo de ciclo de todo el proceso productivo, delimitó su estudio en el grupo 5 del proceso productivo, siendo el proceso con la capacidad más restrictiva.

Expuso su tesis de tipo explicativo, con un diseño preexperimental y el grado de control de variable es cuasi-experimental, a causa de, si la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing afecta la productividad, al implementarla deberá variar la productividad.

Entre sus conclusiones se tiene:

1. Según (Gálvez, M., 2019), “Se determinó el predominio de la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la productividad, logrando cumplir con los objetivos trazados y las hipótesis planteadas en la presente investigación”.
2. Según (Gálvez, M., 2019), “Se determinó el predominio de la aplicación de la metodología 5’s en la productividad, obteniendo que se redujera 39% la unidad de desarrollo de producto”.

Esta investigación está relacionada con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en un proceso productivo, ya que, al implementar la herramienta de las 5’s, logra reducir el tiempo de ciclo, mejorando así el proceso de producción

mediante el orden y limpieza en la fábrica. Por lo que se concluye, que esta herramienta nos servirá para ser aplicada en esta investigación.

(Calua, A. & Jara, M., 2020), en su investigación, para obtener el título de pregrado: “Propuesta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad de una empresa metalmecánica” en la ciudad de Lima – Perú presentada en la Universidad Tecnológica del Perú, consideraron lo siguiente:

Se planteó como objetivo mejorar la productividad del proceso productivo de la empresa a partir del uso de dos técnicas de la metodología Lean Manufacturing, reduciendo la cantidad de fallas en la fabricación de productos terminados aplicando la técnica Poka-Yoke y reduciendo la cantidad de horas improductivas por paradas de máquina aplicando la técnica de Mantenimiento Autónomo.

Desarrolló su investigación de tipo explicativo, con un diseño no experimental de tipo transversal, proponiendo la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing como la herramienta del Poka-Yoke y Mantenimiento Autónomo para mejorar la productividad.

Entre sus conclusiones se tiene:

1. Según (Calua, A. & Jara, M., 2020), “Los análisis realizados en el diagrama de Ishikawa se determinan las causas que originan la baja productividad y a través del Pareto se identificó que las causas principales son: Fallas continuas en la fabricación de productos, ausencias de programas de mantenimiento y cambio de grado incorrectos.”
2. Según (Calua, A. & Jara, M., 2020), “La aplicación de las técnicas planteadas (Poka-Yoke y mantenimiento autónomo) estima incrementar la productividad de la empresa en 8.5 unidades/hora, lo cual representa un incremento de un 29% en comparación al año 2019.”

Esta tesis está relacionada con la presente investigación en la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en un proceso productivo, ya que, al implementar la herramienta de Mantenimiento Autónomo, se logra un incremento

en la disponibilidad de las máquinas, además de generar un personal más competente con conocimientos técnicos sobre la técnica. Por lo que se concluye, que esta herramienta nos servirá para ser aplicada en esta investigación.

(Pérez y Sandoval, 2020), en su tesis, para obtener el título de pregrado: “Lean Manufacturing para mejorar la capacidad de la línea de producción sin impresión en una planta etiquetadora” en la ciudad de Lima – Perú, presentada en la Universidad Ricardo Palma, consideraron lo siguiente:

Se planteó como objetivo mejorar la capacidad de la línea de producción sin impresión en una planta etiquetadora implementando herramientas de Lean Manufacturing. Reduciendo los tiempos de cambios de productos aplicando el método SMED, mejorar los tiempos de espera de materiales auxiliares aplicando la herramienta Kanban y mejorar el tiempo de producción estándar con la herramienta Trabajo Estandarizado.

Desarrolló su investigación de tipo explicativo, con un diseño preexperimental y el grado de control de variable es cuasi experimental, implementando las herramientas de Lean Manufacturing como la herramienta del método SMED, Kanban y Trabajo Estandarizado.

Entre sus conclusiones se tiene:

1. Según Pérez y Sandoval, (2020), gracias a la aplicación de la herramienta SMED del Lean Manufacturing, permitió que se redujera las operaciones internas del proceso de cambio de producto en la línea de producción sin impresión, transformando 7 actividades internas a externas. Tuvo como resultado una reducción de tiempo de cambio de producto con talonador de 166 a 97 minutos, mientras que el cambio de producto sin talonador de 113.5 a 71.5 minutos, reflejándose en cada orden de producción ejecutada, finalmente se logró alcanzar una reducción de un 48% representando 306.8 minutos, permitiendo incrementar el tiempo disponible de producción y brindar mayor disponibilidad de máquina.
2. Según Pérez y Sandoval, (2020), las herramientas de Lean Manufacturing, permitió obtener un incremento de tiempos disponibles de producción, suprimiendo actividades que no agregan valor y mejoró a estructurar de manera

eficiente las operaciones productivas dentro de la línea sin impresión, en consecuencia, se obtuvo un incremento en la capacidad teórica de 28,418 m<sup>2</sup> a 30,227 m<sup>2</sup> representando un 6%, de incremento de uso de la capacidad productiva de 86% a 92%, finalmente ante la nueva propuesta de capacidad teórica productiva se estima un beneficio económico de \$ 23,517.”

Esta tesis está relacionada con la presente investigación en la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, el método SMED, ya que al implementarlo en el proceso productivo permitió reducir las actividades internas del proceso de cambio de producto de la línea estudiada. Por lo que se concluye, que esta herramienta nos servirá para ser aplicada en esta investigación.

### 2.2.2. Antecedentes internacionales

En el ámbito internacional se muestra las siguientes investigaciones:

Umba, N. y Duarte, J (2017) en su investigación para obtener el título de pregrado, mencionó: “Propuesta para Implementar herramientas de Lean Manufacturing para la reducción del tiempo de ciclo en la fábrica de almojábanas El Goloso”, en la ciudad de Bogotá-Colombia, consideró lo siguiente, Es muy importante el seguimiento en el desarrollo de los procesos. Cuando no se tiene diseñado un mapeo de los procesos productivos, se genera un impacto económico negativo. La baja productividad eleva los costes de fabricación. La disminución del tiempo de ciclo productivo se evalúa frente al análisis situacional de la empresa diagnóstico de operaciones, cuello de botellas, mudas. Las herramientas estudiadas para llevar a cabo la mejora en el proceso productivo son: SMED, 5’s y Cédula de trabajo. La viabilidad económica que refleja la disminución del tiempo de horneado es en un 7.1%. Así mismo, se ve una reducción del tiempo de calentamiento de Horno en un 46% aplicando la herramienta SMED. El resultado de los indicadores financieros TIR y VPN aseguran la viabilidad de la propuesta con un retorno del 41% anual.

Pilay (2011), en su investigación para obtener el título de pregrado: “Implementación del Mantenimiento Autónomo en la empresa de Oxígenos del Guayas S.A”, en la ciudad de Guayaquil–Ecuador. Se planteó como objetivo

implementar esta herramienta del Lean Manufacturing para disminuir fallas eléctricas y mecánicas que presentan las máquinas, además de capacitar al personal operativo a través de la aplicación de la herramienta de Mantenimiento Autónomo. Concluyendo que, gracias a la aplicación de esta herramienta, se consiguió incrementar la eficiencia de producción de un 63% a un 68%, además se logró reducir las horas paradas en máquinas gracias a las tareas de Mantenimiento rutinario que realiza cada operario de máquina.

## 2.3. Estructuras teóricas vinculadas a la variable de estudio

### 2.3.1. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, que se enfoca en las personas, define la forma de mejorar y optimizar un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, éstos definidos como aquellas actividades, tareas o procesos que usan más recursos de los necesarios. Esta filosofía se basa en identificar todo tipos de “desperdicios” que se observan en el proceso productivo como, por ejemplo: sobreproducción, exceso de procesado, tiempo de espera, transporte, movimiento, inventario y defectos. Para alcanzar el propósito de este pensamiento, se tiene que llevar a cabo una serie de principios y herramientas que cubren la totalidad de las áreas operativas en un proceso productivo, los cuales son: organización de puestos de trabajo, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la calidad, gestión de la cadena de suministro. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Según Soconini (2008), Lean se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios, en el cual, estos serían todas aquellas actividades que no agregan valor, pero sí costo, trabajo y tiempo. Para alcanzar este objetivo se debe llevar a cabo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas.

“La verdadera capacidad de Lean Manufacturing radica en encontrar continuamente las oportunidades de mejora que se oculta en toda empresa, ya que siempre existirán desperdicios que podrán ser desechados. Se trata de crear un pensamiento en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre será



un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y excluirlos.” (Soconini, 2008, p. 20).

### 2.3.2. Estructura del Sistema Lean

“De forma representativa se ha recurrido al esquema de la Casa del Sistema de Producción Toyota para visualizar detalladamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una vivienda porque ésta establece un sistema estructurado que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema.” (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013, p.17).

Cabe destacar que el mismo autor señala, “El esquema es una forma de trasladar al papel todas las facetas del sistema. Cada empresa, en función de sus características, mercado, experiencias, personal y objetivos, tanto a corto como a medio plazo, debe confeccionar un plan de implantación con objetivos acotados; seleccionando e implantando, paso a paso, las técnicas más adecuadas.”

A continuación, se muestra una representación gráfica de la Casa Toyota, en el cual, nos muestra todos los elementos que construye al Lean, a través de la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según su diagnóstico del sistema a nivel operativo o de seguimiento, de acuerdo a la figura 10.

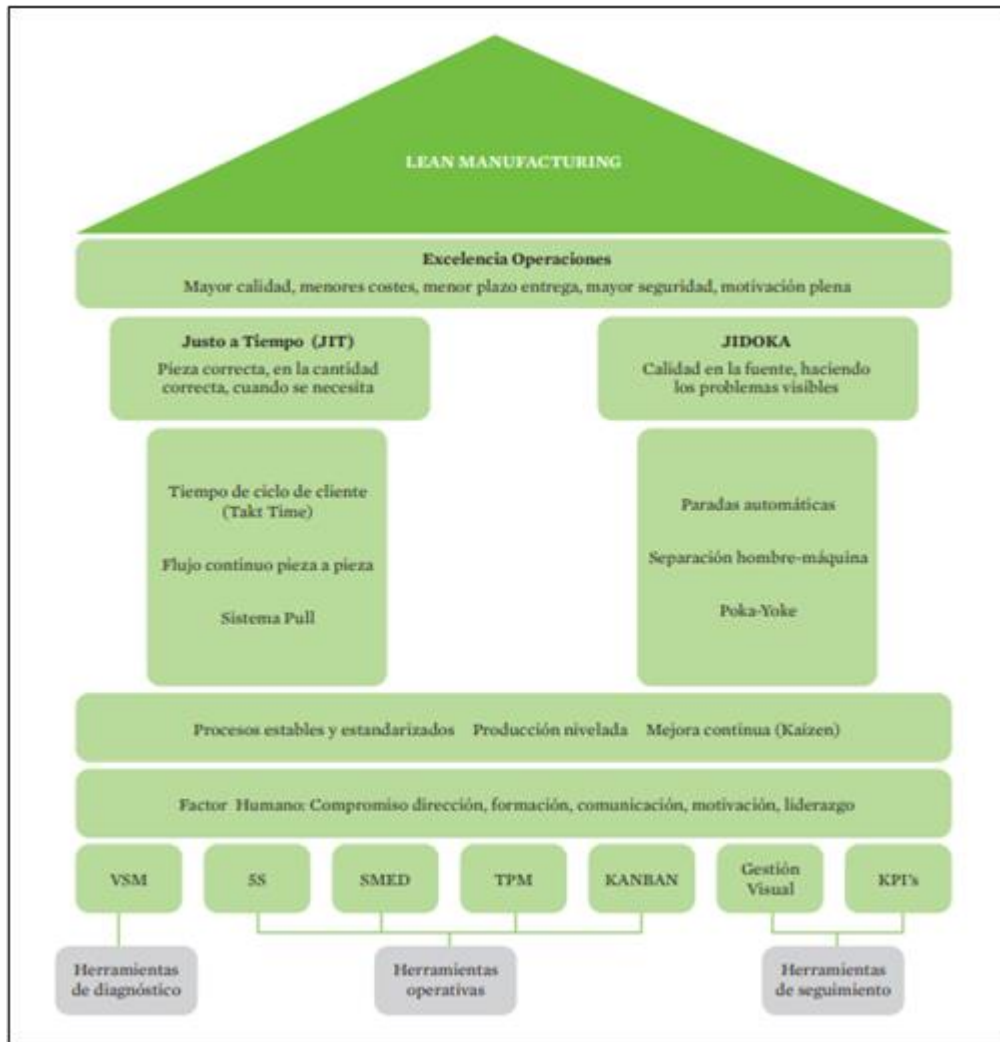


Figura 10: Estructura de Lean Manufacturing – Caso Toyota

Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

### 2.3.3. Principios del Sistema Lean

Según Hernández y Vizán (2013), sostienen que, “Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del factor humano y de la manera de trabajar y pensar, son:

- Trabajar en la planta y comprobar las cosas in situ.
- Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.

- Crear una organización que aprende mediante la reflexión constante y la mejora continua
- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinares.
- Descentralizar la toma de decisiones.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean. (p.20)

#### 2.3.4. Herramientas del Lean Manufacturing

Las herramientas de la metodología logran el alcance de una mejora en la productividad, tener una organización más competitiva y rentable. (Villaseñor & Galindo, 2016).

En las siguientes líneas se escribirá una breve descripción de los beneficios al emplear cada una de estas herramientas.

- Las 5'S. Técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de la organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- SMED. Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación de las máquinas.
- Estandarización. Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas.
- TPM. Conjunto de múltiples acciones de mantenimiento que persigue eliminar las pérdidas por tiempos de paradas de las máquinas.
- Control visual. Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Cabe resaltar que estas herramientas mencionadas, son algunas de las 10 que contiene el Lean Manufacturing, se hace mención solo a estas debido a que son indispensables para el desarrollo de esta investigación. A continuación, se muestra un gráfico de acuerdo a la figura 11 de todas las herramientas del Lean para su mayor entendimiento.



Figura 11: Herramientas de Lean Manufacturing

Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

### 2.3.5. SMED

“Son cambios de herramienta en un solo dígito, significa que, el cambio de herramienta se realiza en menos de un minuto. Esta idea se origina según las características de los procesos productivos que tiene cada sector industrial. Cabe precisar, que es una de las mayores pérdidas en una organización, cuando una máquina está parada por falta de suministro”. (Ramos, J, 2018, p.87).

Cruelles (2013) señala que “sin el sistema SMED no hay manufactura ágil posible. Los tiempos de cambio deben ser lo suficientemente bajos para que la fábrica solo pueda hacer rentables sus lotes de fabricación si estos son grandes y cuando los lotes son pequeños la manufactura no puede ser ágil.” (p. 219).

Perez, K & Sandoval,M (2021) menciona lo siguiente sobre las técnicas del SMED:

Las técnicas se desarrollan por fases, y son las siguientes:

a) Fase preliminar

Es la fase primordial, debido a que las preparaciones internas y externas no se diferencian entre sí, dentro de lo cual se reconocen estas variedades de desperdicios:

- Movimiento de materia prima después de culminar el lote anterior o el movimiento de productos terminados a almacén, donde se genera máquinas paradas. La observación importante a esta actividad es el tiempo que se genera en el transporte, mientras las máquinas están paradas. (p.40)
  - Cuchillas, matrices y/o piezas defectuosas. Se deben entregar las herramientas después de la preparación interna o dentro de las máquinas en operatividad, se instalan piezas defectuosas. Las observaciones importantes en la actividad, es el total de tiempo que se ejecuta cambiando la pieza defectuosa, lo cual conlleva a reiniciar las actividades, entre otras circunstancias. En esta fase inicial, se obtienen los tiempos de despilfarro que se realizan dentro del proceso de producción, los cuales se deben a la falta de verificación, disponibilidad, continuos errores, entre otros.
- b) Primera etapa: En esta etapa se forma un equipo de trabajo multidisciplinario. Además, este, debe identificar y cuantificar las operaciones que se realiza para el cambio de un producto A a un producto B
- Lista de comprobación. Es donde se describe las partes y secuencia de una operación, puntos resaltantes: Nombre, especificaciones, peso, cantidad, temperatura, presión, mediciones, entre otros. Bajo esta lista, se debe realizar una segunda verificación de los cambios a realizar y así reducir la cantidad de errores y pruebas. Es importante contar con la mesa de comprobación, en el cual se describen las piezas y herramientas necesarias para la preparación de la operación. Es una técnica de control visual, para verificar que todas las piezas y herramientas

que se van a utilizar se encuentren en la lista. Se debe establecer una lista y una mesa por cada máquina a operar.

- Realización de lista de comprobaciones funcionales. Esto con la finalidad de cerciorarse que todas las cosas se encuentren en el lugar operativo, la limitación es que no indica en qué estado se encuentra.
- Mejora del transporte de útiles y piezas

Para el transporte de piezas y/o partes, después de finalizar una producción, debe llevarse bajo un procedimiento externo, realizado por el personal a cargo o un personal encargado del transporte, según el proceso a desarrollar sea automático o manual.

- c) Segunda etapa: Una vez identificado todas las operaciones, estas se deben separar en operaciones internas y externas, con la finalidad que las operaciones externas se realicen en paralelo con la máquina en marcha.
- d) Tercera etapa: En esta etapa se debe de convertir algunas de las operaciones internas que pueden pasar a ser operaciones externas, esto previo de una investigación si es posible.
- e) Cuarta etapa: Reducir las operaciones internas o el tiempo de estas. Para esto, se debe tener en cuenta los ajustes, los desplazamientos de los operadores y el trabajo en paralelo.
- f) Quinta etapa: Reducir las operaciones externas o el tiempo de estas. Para ello, se debe tener en cuenta los desplazamientos y esperas.
- g) Sexta etapa: Se debe estandarizar el proceso. Con un documento donde indique el procedimiento del nuevo método de cambio, para así poder capacitar a los operarios.

#### 2.3.6. 5's

“Es una técnica que se originó en Japón que surgió durante la Segunda Guerra Mundial como un movimiento para mejorar la productividad, la calidad y la competitividad de las industrias. Su metodología es de sencilla aplicación y está

centrado en tan solo cinco principios simples que tienen por objetivo eliminar las dificultades que impidan una producción eficiente.

Cuando se creó la empresa Toyota, esta técnica trajo una mejora significativa en la rentabilidad, higiene y la seguridad de los trabajadores en almacenes, plantas y oficinas, por lo que su aplicación abarca desde un puesto ubicado en una línea de ensamble hasta el escritorio de una secretaria.

La nombraron metodología 5'S porque representan cinco acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan con la letra "S". Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Las 5S son Seiri, Seiton, Seiso, Seiktsu y Shitsuke.” (Velásquez, 2018).

1. Seleccionar (Seiri): Según Velásquez (2018) define que, “Se debe excluir todo lo innecesario (lo que no se usa). Consiste en retirar del área de trabajo todos los elementos innecesarios.

Beneficios:

- Reducción de los tiempos de acceso a la materia prima o a otros elementos de trabajo.
- Facilita el control visual de materias primas que se van agotando y que se requiere para otro proceso o área.
- Liberación de espacio en planta, almacenes y oficinas.
- Stocks de repuestos.”

“En la práctica, el procedimiento para llegar a cabo la metodología 5'S es muy fácil, ya que consiste en usar tarjetas rojas para poder identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho”. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013, p.38). Como ejemplo de un identificador de tarjeta roja se muestra la figura 12:

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESCHECHO			

Figura 12: Ejemplo de tarjeta roja para identificación de elementos inútiles

Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

2. Ordenar (Seiton): Según Velásquez (2018) sostiene que, “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Ello involucra la organización de los elementos anteriormente seleccionados como necesarios para encontrarlos con facilidad, mejorando así la visualización de éstos.

Beneficios:

- Materias primas en Stock.
- Eliminación de pérdidas por errores.
- Acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo.”

3. Limpiar (Seiso): Según Hernández Matías & Vizán Idoipe (2013) aseguran que, “es necesario inspeccionar el entorno laboral para identificar los defectos y eliminarlos, concluyendo, anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Asumir la limpieza como una tarea de inspección constante y necesaria.
- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.” (p.39).



4. Estandarizar (Seiketsu): Según Hernández Matías & Vizán Idoipe (2013) define que, “Estandarizar conlleva a seguir un modelo para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. Su aplicación comporta las siguientes ventajas:
- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras S.
  - Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que éstos se aplican correctamente.
  - Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.” (p.40).
5. Disciplinar (Shitsuke): Según Velásquez (2018) sostiene que, “Se debe establecer autodisciplina y convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para el orden y la limpieza en el lugar de trabajo. Se refiere a la voluntad de crear un entorno laboral en base a buenos hábitos, mediante capacitaciones, formación para los trabajadores y puesta en práctica de estos conceptos.
- Beneficios:
- Mantiene lo trazado y da viabilidad al proceso con una filosofía de mejora continua, reduciendo las pérdidas, el reproceso, los atrasos y los accidentes laborales, y aumentando considerablemente la rentabilidad del negocio”.
- En línea con lo antes descrito, en la figura 13 se adjunta un resumen de esta metodología para su mejor visualización:

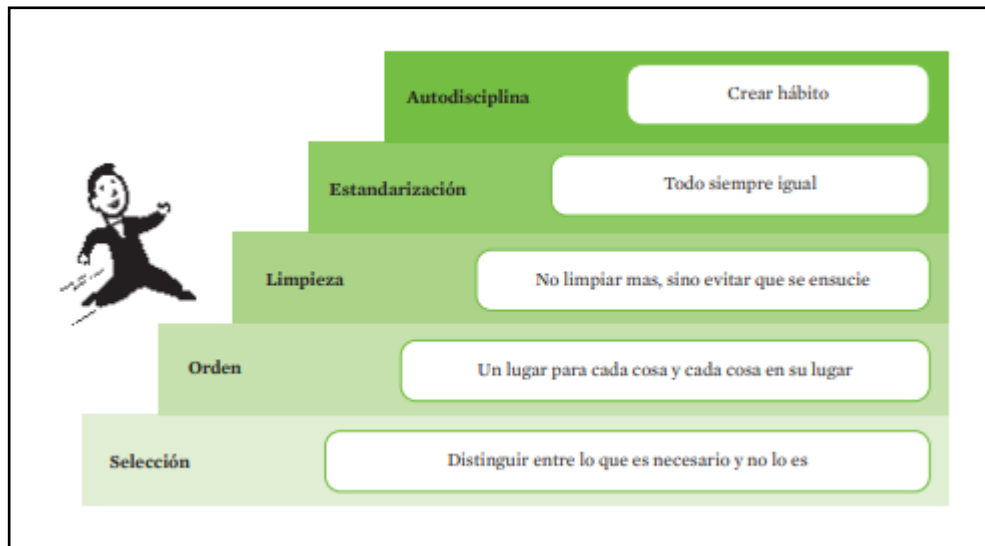


Figura 13: Resumen de las 5'S

Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

### 2.3.7. Mantenimiento Autónomo

En la actualidad, las empresas de rubros como: Textil, papelera, automotrices, metalmecánica, alimentos, plásticos, etc. Necesita que, en cuanto a la productividad alcance lo máximo posible y justamente, unas de las metodologías del Lean Manufacturing que están dando resultado es la aplicación del Mantenimiento Autónomo, donde básicamente consiste en capacitar e involucrar a todo el personal para que desarrollen el interés y compromiso con el mantenimiento de las máquinas que están a cargo, a través de una inspección y limpieza, dicha aplicación permite lograr al operador que desarrolle sus sentidos convirtiéndose en un sensor humano que será capaz de detectar anomalías y evitar paradas innecesarias logrando así aumentar la vida útil de los equipos evitando el desgaste de los componentes y a su vez eliminar accidentes. (Bocanegra, A. & Calvo V., 2016).

#### Los siete pasos del mantenimiento autónomo

Paso 1: Limpieza inicial.

- Se sobreentiende a todas las actividades de sustraer completamente alguna sustancia extraña como polvo, virutas, mugres, residuos que se pueden adherir en

las herramientas, en las máquinas y las plantillas. Esta actividad concierne no solo a los ayudantes de producción, sino todos los involucrados en el proceso de producción. Desde gerencia hasta los operarios. Así de esta manera todos aprenderán sobre el equipo y podrán identificar defectos escondidos y saber cómo resolver los defectos menores. (García, A., s.f.).

- Se identifica todos los defectos posibles, por ejemplo: falta de tornillos, tuercas o en su defecto que algún elemento de la máquina este desgastado o aflojado, la mayoría de las veces la suciedad nos puede indicar un posible defecto. Es por eso, que es necesario eliminar todas aquellas partículas extrañas que se adhieren a la máquina o equipos. (García, A., s.f.).

- La limpieza permite hacer una inspección exhaustiva, durante su desarrollo, el operario tiene acercamiento de las partes del equipo y permite que este pueda hallar algún defecto escondido, que son fáciles de identificar en una máquina que esté libre de contaminantes reduciendo los grandes defectos provocados por aquellos que se presentan a menor escala. (García, A., s.f.).

#### Paso 2: Eliminar puntos de contaminación y áreas inaccesibles

Aquí se adopta medidas para eliminar los contaminantes y fugas de aire, aceite, manchas, virutas, polvo, suciedad, en caso de no cumplir satisfactoriamente el objetivo, se tendrá que realizar una serie de procedimientos más específicos de cómo sobrellevar a cabo la limpieza y eliminación de los contaminantes. En este paso se tendrá que hacer también reemplazar las piezas gastadas o deterioradas, claro que si es necesario se pueden modificar las partes del equipo para hacer las inspecciones más sencillas y poder eliminar las fuentes de defectos. (García, A., s.f.).

#### Paso 3: Estándares de limpieza y lubricación

Para este paso se generan círculos de trabajo que se dedican a establecer estándares para un trabajo de mantenimiento básico, rápido y efectivo para esquivar el o los deterioros posibles. (García, A., s.f.).

Se sobreentiende que estos estándares deben ser fijados por personal experto en la manipulación de las piezas del equipo, conocer cuando y como deben limpiar y lubricar y como debe llevarse a la práctica. Establecer que lubricantes se debe de usar, así como también deberá indicar los lugares exactos en donde lubricar, sin dañar la máquina. (García, A., s.f.).

#### Paso 4: Inspección General

Para este paso se debe realizar una capacitación de como inspeccionar y desarrollar procedimientos que le corresponden, debido a que del paso uno al tres evita el deterioro de la máquina y controlan las nociones básicas de mantenimiento. En este paso, se debe dar confianza a los operarios de poner en práctica el conocimiento adquirido. (García, A., s.f.).

Es necesario guiar a los operarios en conocimientos que vayan familiarizándose con el funcionamiento de la máquina, para que este pueda ser capaz de poder identificar problemas menores y saber cómo solucionarlo. (García, A., s.f.).

#### Paso 5: Inspección autónoma

En este paso se debe de realizar las inspecciones frecuentemente con la finalidad de mejorar los procedimientos de inspección, por esto es que utilizan hojas de control de mantenimiento autónomo, como también estándares para inspección rutinaria. Al lograr que el operario ejecute este paso correctamente se obtendrán las mejoras con mayor facilidad. (García, A., s.f.).

### 2.3.8. Productividad

La productividad es una medida que por lo general se emplea para conocer qué tan bien están utilizando los recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. Dado que la administración de operaciones y suministro se maneja en realizar el mejor uso de los bienes que están a disposición de una empresa, resulta indispensable medir la productividad para conocer realmente el desempeño de las operaciones.

En este sentido amplio, la productividad se define como:

$$Productividad = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

Para aumentar la productividad, en teoría es que la razón de salida a comparación a la de entrada sea lo más grande posible. La productividad es una medida relativa; es decir, para que tenga sentido, se debe comparar con otra cosa. Por ejemplo, ¿qué pasaría si el hecho de que la semana pasada al operar un restaurante su productividad fue de 8.4 clientes por hora-hombre? ¡Absolutamente nada! La productividad se puede comparar en dos sentidos. En primer término, una empresa se puede comparar con operaciones similares de su mismo sector o, si existen, puede utilizar datos del sector (por ejemplo, comparar la productividad de diferentes establecimientos de una misma franquicia). Otro enfoque sería medir la productividad de una misma operación a lo largo del tiempo. En este caso se compararía la productividad registrada en un periodo determinado con la registrada en otro. (Chase, Jacobs, & Aquiliano, 2009, p.28)

La productividad se enfoca en el resultado. Es la relación Output/Input en un determinado tiempo (por año, mes, día, hora). Mide la relación de los bienes y/o servicios elaborados sobre recursos que han sido utilizados, el criterio de incremento de la productividad partimos de que las productividades son determinables de la relación producto–insumo entonces existen teóricamente tres formas de incrementarlos:

- a) Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
- b) Aumentar el producto y reducir el consumo de insumo
- c) Reducir el insumo y mantener el mismo producto

Entonces, la productividad es el grado con el que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos. En este caso el objetivo es cumplir con el plazo de entrega acordado del pedido, reduciendo los costos de producción, en el cual el buen uso de los recursos es fundamental. (Acevedo & Cachay, 2010, p.13).

#### 2.4. Definición de términos básicos

- Orden de producción: De acuerdo con Vallejos y Chiquinga (2017), en su libro de Costos expresan que una Orden de producción o una Orden de fabricación, es

aquel orden donde se detalla la programación de la fabricación de un producto, como también, su cantidad (tamaño de lote) y la fecha de inicio y fin.

- Tiempo de Ciclo: “Se define aquel tiempo que se demora en producir un producto, un lote o una actividad, por lo que puede ser un servicio, entonces se concluye que es el tiempo transcurrido desde que se comienza la primera actividad hasta la última actividad necesaria para obtener un bien o un servicio requerido.” (Zapata, A et., p.56).
- Área de Cartónplast: Es una zona dentro de la empresa que está destinada a la producción de cartón corrugado (Cartónplast).
- Extrusión: Es un proceso para crear láminas de cartón corrugado (Cartónplast), de diferentes espesores, gramajes y colores.
- Impresión: Proceso utilizado donde se adhiere tinta de un color o conjunto de colores a un determinado objeto.
- Troquelado: Proceso donde se utiliza un molde o troquel para cortar un objeto y de este salga un objeto con la forma deseada.
- Lead Time de Producción: De acuerdo con Kinsey (2020), menciona “Lead Time de producción, también conocida como Lead Time de manufactura, es el tiempo entre cuando se genera una orden y cuando los bienes son entregados al cliente”.
- Tiempo de Actividad: Según MBA School Team (2013), explica que, “es la relación entre el tiempo total durante el cual una maquinaria o equipo está operativo o el tiempo de producción y el tiempo total disponible, es decir, el tiempo total durante el cual la maquinaria o equipo está disponible”.
- Cambio de Formato: Según Rodríguez & Cárcel (2013), sostiene que, “Son aquellas actividades que se realizan sobre las maquinarias y/o equipos de producción, con la finalidad de poderlos preparar y así puedan producir el producto que se requiera”.

## 2.5. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

En la figura 14, se sustentan las hipótesis en base a los fundamentos teóricos, por el motivo por el cual se está implementando el Lean Manufacturing, que está logrando mejorar la productividad en la línea de Cartónplast en una empresa productora de productos plásticos. Esto será posible, con la aplicación de las herramientas de Lean. Para mejorar el tiempo de ciclo se aplicará la metodología de las 5'S, para reducir el tiempo de recambio de las máquinas se aplicará la herramienta SMED y por último para incrementar el tiempo de actividad de las máquinas se aplicará la herramienta Mantenimiento Autónomo.

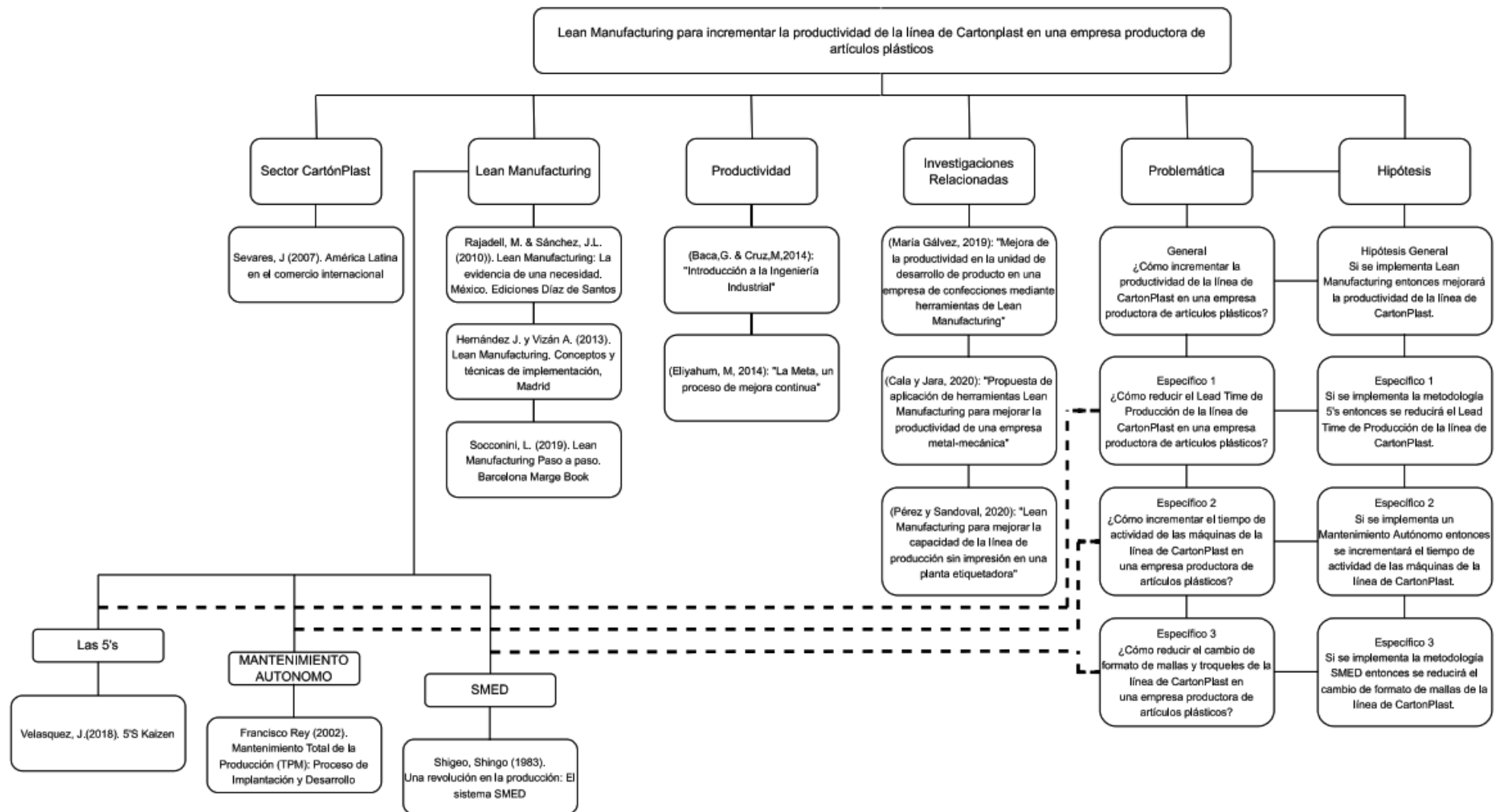


Figura 14: Mapa conceptual del problema general

Fuente: Elaboración propia



## 2.6. Hipótesis

### 2.6.1. Hipótesis General

Si se implementa Lean Manufacturing entonces mejorará la productividad de la Línea de Cartónplast en una empresa productora de artículos plásticos.

### 2.6.2. Hipótesis Específica

- a. Si se implementa la metodología 5'S entonces se reducirá el Lead Time de producción de la línea de Cartónplast.
- b. Si se implementa un Mantenimiento Autónomo entonces se incrementará el tiempo de actividad de las máquinas de la línea de Cartónplast.
- c. Si se implementa la metodología SMED entonces se reducirán los tiempos de cambio de formato de la línea de Cartónplast.

## 2.7. Variables (definición y operacionalización de variables)

- ✓ Independiente
  - Metodología 5'S
  - Mantenimiento Autónomo
  - Metodología SMED
- ✓ Dependiente
  - Lead Time de Producción
  - Tiempo de Actividad
  - Cambio de Formato
- ✓ Indicadores
  - Lead Time de Producción (Semanal)
  - Tiempo de actividad semanal de las máquinas
  - Tiempo de cambio de formato semanal

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Enfoque, tipo, método y diseño de la investigación

- Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación siguió un enfoque cuantitativo. El enfoque cuantitativo de la investigación, como lo explican Hernández, Fernández y Baptista (2014) se orienta a la recopilación de información para demostrar hipótesis con sustento en los métodos de medición matemáticos y estadísticos que permiten la demostración de patrones lógicos para la comprobación de teorías (p.4). La línea de investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo a consecuencia de gestionar una estructura de acopio de datos en adición al análisis de estos con el propósito de parametrizar el incremento de la productividad de la línea de Cartónplast en una empresa productora de productos plásticos.

- Tipo de investigación

La investigación seguida por el presente trabajo es del tipo aplicada. Desde el punto de vista de Nicomedes (2018) esta forma de investigación se caracteriza por dar uso a las ciencias formales o fácticas existentes para la formulación de hipótesis para dar solución a problemas productivos generales de la sociedad (p.2). En tal sentido, se direcciona la investigación en torno a conocimientos previos de diversas investigaciones como la metodología 5's, el mantenimiento autónomo y el SMED con la finalidad de reducir el lead time de producción, incrementar el tiempo de actividad de las máquinas de trabajo y reducir los cambios de formato en la línea de Cartónplast.

- Nivel de la investigación

La investigación explicativa es definida por Bernal (2010) como una investigación que tiene como pilar la comprobación de hipótesis en donde se analiza la relación causa efecto entre las variables planteadas (p.115). En concordancia con esta definición, la investigación tiene un carácter explicativo a su vez que se busca establecer la relación de causalidad en la resolución del problema propuesto.

- Diseño de la investigación

El diseño que siguió la presente investigación fue del tipo cuasiexperimental. En línea a lo planteado por Bernal (2010) cada uno de los individuos o elementos implicados en la investigación se pueden designar sin un orden o categoría preestablecida a los grupos, en algunas situaciones se debe generar un grupo de control (p.146). Según esta definición, se concluyó que la investigación actual es del tipo cuasi experimental en tanto que se aplicaron las variables independientes (metodología 5's, mantenimiento autónomo y SMED) con la búsqueda de explicar su impacto en las variables dependientes (lead time de producción, tiempo de actividad y cambios de formato) en un entorno de control. Para ello se utilizaron grupos de control aleatorios antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing para comprobar su incidencia en la productividad de la línea de Cartónplast.

### 3.2 Población y muestra

La población se define según Arias (2006) como un conjunto de elementos limitados o ilimitados objetos de una investigación a través de los cuales se pueden generar soluciones aplicables a situaciones con características similares. (p.81). Lema (2009) define la población como un grupo formado por elementos de la misma categoría constituidos por una particularidad específica o derivados hacia una misma conceptualización y a cuyos elementos constitutivos se les examinarán sus peculiaridades y conexiones.

La muestra, según Arias (2006) “es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. Lema (2009) sostiene que la muestra es un conjunto dentro de la población utilizado para hacer las mediciones objeto de estudio cuando se tiene una población de grandes dimensiones que dificultan hacer el estudio en cada elemento en particular, en donde a través de la recolección de información estadística de sus variables, se puede generalizar los resultados de estudio hacia la población (p.73).

A continuación, se presenta la unidad de análisis y la muestra que se emplearon por cada una de las variables dependientes planteadas en esta investigación:

- ✓ Variable Dependiente 01 – Lead Time de producción
  - **Unidad de análisis 01 y periodo**  
Población: Lead Time de producción del área de Cartónplast, de enero a agosto del 2022
  - **Muestra Pre-Test**  
Lead Time de producción de los 5 productos más representativos de enero a mayo del 2022
  - **Muestra Post Test**  
Lead Time de producción de los 5 productos más representativos de junio a agosto del 2022
  
- ✓ Variable Dependiente 02 – Tiempo de actividad
  - **Unidad de análisis 02 y periodo**  
Población: Tiempo de actividad semanal de las máquinas del área de Cartónplast de enero a agosto del 2022
  - **Muestra Pre-Test**  
Tiempo de actividad semanal de las máquinas impresoras de enero a mayo del 2022
  - **Muestra Post Test**  
Tiempo de actividad semanal de las máquinas impresoras de junio a agosto del 2022
  
- ✓ Variable Dependiente 03 – Cambio de formato
  - **Unidad de análisis 03 y periodo**  
 $\Sigma$  de tiempos de cambio de formato semanal de las máquinas del área de impresión de Cartónplast de enero a agosto del 2022.

- **Muestra Pre-Test**

Σ de tiempos de cambio de formato semanal de 4 máquinas impresoras de enero a mayo del 2022

- **Muestra Post Test**

Σ de tiempos de cambio de formato semanal de 4 máquinas impresoras de junio a agosto 2022

En la tabla N° 8 se muestran las unidades de análisis y las muestras en una situación PRE-TEST y POST Test:

Tabla N°8: Unidad de análisis y muestra PRE y POST de cada una de las variables

	Variable Dependiente	Indicador	Unidad de análisis y Periodos	Muestra PRE	Muestra POST
1	Lead time de producción	Lead Time de producción semanal	Lead Time de Producción de enero a agosto del 2022	Registros de Lead Time de Producción de los 5 productos más representativos de enero 2022 a mayo 2022	Registros de Lead Time de Producción de los 5 productos más representativos de julio 2022 a agosto 2022
2	Tiempo de actividad	Tiempo de actividad semanal de las máquinas	Tiempo de actividad de enero a agosto del 2022	Registros de tiempo de actividad semanal de las máquinas impresoras de enero 2022 a mayo 2022	Registros de tiempo de actividad semanal de las máquinas impresoras de junio 2022 a agosto 2022
3	Cambio de formato	Sumatoria de tiempos de cambio de formato semanal	Cambio de formato de enero a agosto del 2022	Registros de tiempos de cambio de formato semanal de 4 impresoras de enero 2022 a mayo 2022	Registros de tiempos de cambio de formato semanal de 4 impresoras de junio 2022 a agosto 2022

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.3.1. Técnicas e instrumentos

##### **Técnica para recolección de datos:**

Según Urbano y Yuni (2014) las técnicas de recolección de datos se constituyen por una serie de métodos a través de los que se genera una data efectiva y válida utilizada para generar información científica (p.29). Los resultados de la aplicación de una técnica de recolección de datos deben ser almacenada en un medio material a fin de disponer de la misma posteriormente.

##### **Instrumentos para recolección de datos:**

Según Urbano y Yuni (2014): “El instrumento es el mecanismo o dispositivo que utiliza el investigador para generar la información. Estos instrumentos pueden ser aparatos de carácter mecánico, los formularios de un cuestionario, una guía de observación estructurada, una cámara de vídeo, etc.” (p.33)

Asimismo, Arias (2012) señala que un instrumento para recolección de datos “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o analizar información” (p.69)

En la misma línea, se señala que los instrumentos para recolección de datos deben reunir 3 características esenciales: confiabilidad como una característica de nivel del instrumento para generar respuestas sólidas y acordes al tema de investigación, validez como el nivel en el que un instrumento se enfoca en la variable elegida y objetividad como el nivel en el que el instrumento es o no afín al sesgo o tendencia proveniente del investigador (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Las técnicas que se emplearon en la investigación de las 3 variables fueron:  
El análisis documental.

El análisis documental, según Pinto (1991) es “el conjunto de operaciones (unas de orden intelectual y otras mecánicas y repetitivas) que afectan al contenido y a la forma de los documentos originales, elaborándolos y

transformándolos en otros de carácter instrumental o secundarios, que faciliten al usuario la identificación precisa, la recuperación y la difusión de aquellos”. (p.61)

Como instrumentos para la recolección de datos que se implementó en nuestras 3 variables fueron: registro de contenido de documento brindado por la empresa.

Los registros, según la Comunidad de Madrid (2016) son documentos almacenados de forma física o digital que denotan evidencia de los trabajos ejecutados, resultados recogidos de una actividad o la fusión de ambas partes con el fin de conservar información para posteriormente ser utilizada en el análisis, gestión y demostración de procedimientos funcionales o no funcionales aplicados.

En la tabla N°9 se muestran las técnicas a emplear en el presente estudio; así como, los instrumentos a utilizar para cada una de ellas.

Tabla N°9: Técnicas e instrumentos

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Lead Time de Producción	Lead Time de producción semanal	Análisis documental	Registro de Lead Time de producción semanal
Tiempo de actividad	Tiempo de actividad semanal de las máquinas	Análisis documental	Registro de tiempo de actividad semanal de las máquinas
Cambio de formato	Sumatoria de tiempos de cambio de formato semanal	Análisis documental	Registro de tiempos de cambio de formato semanal

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

#### **Criterio de Validez**

Según LoBiondo-Wood y Haber (2013) la validez de un instrumento es la capacidad que tiene el mismo de medir una característica de un concepto de forma precisa (p. 290).

#### **Criterio de confiabilidad**

De la misma manera, LoBiondo-Wood & Haber (2013) sostienen que la confiabilidad de un instrumento se entiende como la capacidad de producir los mismos resultados en diferentes mediciones. Simultáneamente a través de los cuestionamientos de validez se logra también entender la confiabilidad del instrumento. (p.298)

En relación a las técnicas e instrumentos planteadas para la presente investigación se deriva el criterio de validez y confiabilidad de las mismas:

Instrumento general de las 3 variables dependientes

✓ Análisis documental

- **Validez**

La validez de este instrumento se relaciona integralmente con la información provista por la misma empresa. Resulta de un análisis de hechos tangibles en la empresa y un conjunto de datos recopilados en el ambiente natural de trabajo, sin la presencia de sesgos u opiniones subjetivas del personal encargado de la gestión de almacenamiento de la información.

- **Confiabilidad**

La confiabilidad de este instrumento involucra directamente las mediciones repetitivas realizadas por la misma empresa durante su horario de trabajo rutinario, es decir, la confiabilidad óptima del análisis documental se basa en procedimientos recurrentes con ambientes de trabajo en condiciones habituales.



### 3.3.3. Procedimiento para la recolección de datos

Para la recolección de datos se inició con la solicitud al área de producción de la documentación relacionada a las variables dependientes del presente trabajo de investigación como son: Lead Time de Producción, tiempo de actividad de las máquinas y tiempos de cambio de formatos entre lotes de producción. La empresa disponía de información documentada en forma física a través de reportes archivados con resúmenes mensuales producto de la observación directa. En línea con la delimitación temporal del estudio, se procedió a extraer la información pertinente ligada a las variables desde enero a mayo del 2022.

A continuación, se procedió con el análisis exhaustivo de los datos obtenidos luego de la observación de los registros provistos por la empresa a fin de implementar herramientas de mejora para los problemas encontrados. Las técnicas apropiadas para implementar fueron: la metodología 5 'S, el mantenimiento autónomo y el SMED englobadas en el sistema de Lean Manufacturing.

### 3.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos

A través del establecimiento de las variables y sus indicadores estructurados en los puntos anteriores es posible medir, analizar y verificar los datos, y de esta manera generar la información consolidada y requerida para el estudio de los resultados de la investigación. Se utilizaron herramientas de análisis de información como el software Microsoft Excel y SPSS.

Se desarrolló la matriz de análisis de datos que permite una rápida identificación de las herramientas y estadísticas empleadas las cuales se muestran en la tabla N°10:

Tabla N°10: Matriz de análisis de datos

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Estadísticos descriptivos</b>	<b>Análisis inferencial</b>
Lead Time de producción	Lead Time de producción semanal	Escala de proporción o razón	Tendencia central (media aritmética, mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba paramétrica (Prueba T de Student para muestras independientes)
Tiempo de actividad	Tiempo de actividad semanal	Escala de proporción o razón	Tendencia central (media aritmética, mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba no paramétrica (Prueba U de Mann Whitney para muestras independientes)
Tiempo de cambio de formato	Sumatoria de tiempos de cambio de formato semanal	Escala de proporción o razón	Tendencia central (media aritmética, mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba paramétrica (Prueba T de Student para muestras independientes)

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Presentación de resultados

#### 4.1.1. Generalidades

La empresa Inversiones San Gabriel es una empresa del rubro de producción de productos plásticos descartables, con presencia y experiencia en el mercado nacional desde hace más de 30 años. Cuenta con una cartera de más de 500 productos con altos índices de calidad y tecnología en su manufactura. Realiza ventas al mercado nacional e internacional alineado con los estándares de calidad de la FDA (*Food And Drug Administration*) que permite el contacto de los productos plásticos con alimentos diversos a almacenar.

A lo largo de los años, la empresa ha cambiado sus proyecciones en función a la coyuntura del momento, partiendo desde una producción en masa orientado al mercado emergente nacional, con un alto índice de generación de mermas y bajos niveles de calidad hacia una producción basada en las iniciativas medioambientales de activistas y expertos conocedores de las necesidades del planeta. De esta manera, se siguen en la actualidad los estándares internacionales de los países europeos comprometidos con el medio ambiente en su eje de desarrollo como parte de la visión de desarrollo sostenible, de esta manera, asegura que sus productos puedan ser exportados a estos mercados y puedan cumplir con las expectativas de los clientes internacionales, un mercado con alta demanda y necesidad latente.

- Misión

La misión de Inversiones San Gabriel consiste en reinventar el concepto de productos plásticos, reduciendo en la medida posible, alineado a los estándares internacionales, el impacto ambiental de sus productos para asegurar el desarrollo sostenible de las generaciones futuras.

- Visión

La visión de Inversiones San Gabriel se orienta a consolidarse como una empresa líder en el mercado nacional de productos plásticos descartables, desarrollando un concepto de sostenibilidad ambiental de los mismos, alineado a los estándares medioambientales existentes para una expansión internacional a nivel mundial.

La empresa Inversiones San Gabriel cuenta actualmente con 3 categorías de productos plásticos descartables:

- Categoría 01: Envases plásticos
- Categoría 02: Bolsas plásticas
- Categoría 03: Plástico corrugado (Cartónplast)

En las tablas N°11, N°12 y N°13 se pueden visualizar algunos modelos de cada categoría para un mejor entendimiento de la producción general:

Tabla N°11: Categoría 01- Envases plásticos

<b>Categoría 01- Envases plásticos</b>	
 <p>ENVASE PP 01 LT "B" S/TAPA</p> <p>Fuente: Datos de la empresa</p>	 <p>ENVASE PP 02 OZ S/TAPA</p> <p>Fuente: Datos de la empresa</p>
 <p>GELATINERO PP S/TAPA</p> <p>Fuente: Datos de la empresa</p>	 <p>VASO PP 12 OZ BLANCO</p> <p>Fuente: Datos de la empresa</p>
 <p>TENEDOR PP N 06 DE COLORES</p> <p>Fuente: Datos de la empresa</p>	 <p>VASO PP AVION</p> <p>Fuente: Datos de la empresa</p>



VASO PP 09 OZ SEMI ANILLADO

Fuente: Datos de la empresa



VASO PP 07 OZ "A"

Fuente: Datos de la empresa



TAPA PS P/CONTAINER TÉRMICO 04 OZ

Fuente: Datos de la empresa



TAPA PS P/ENVASE PS 1/2 - 01 OZ OVAL

Fuente: Datos de la empresa



VASO PP 08.5 OZ SEMI ANILLADO

Fuente: Datos de la empresa






VASO PP 130 CC

Fuente: Datos de la empresa

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tabla N°12. Categoría 02 - Bolsas plásticas

<b>Categoría 02: Bolsas plásticas</b>	
 <p>BOLSA TIPO ASA Fuente: Datos de la empresa</p>	 <p>BOLSA TIPO CHEQUERA Fuente: Datos de la empresa</p>
 <p>BOLSA TIPO ROLLO Fuente: Datos de la empresa</p>	

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tabla N°13. Categoría 03 - Plástico corrugado (Cartónplast)

<b>Categoría 03: Plástico corrugado (Cartónplast)</b>	
 <p>CAJA CP BLANCO 2715B (20.0X30.0X27.7) Fuente: Datos de la empresa</p>	 <p>CAJA CP BLANCO 013D (25.0X22.9X27.0) Fuente: Datos de la empresa</p>



CAJA CP BLANCO 5863B (30.0X50.0X9.3)

Fuente: Datos de la empresa



CAJA CP NEGRO 016B (25.5X24.0X28.0)

Fuente: Datos de la empresa

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En función a las categorías de producción antes descritas, se procedió a la evaluación e implementación de las herramientas de Lean Manufacturing a la categoría de Cartónplast al representar la producción mayoritaria de la empresa durante el período 2021, lo cual se sustenta en el diagrama mostrado en la figura 15 basado en la tabla N°14:

Tabla N°14. Producción general 2021

<b>Periodo 2021</b>	<b>Producción de planta (%)</b>
Envases descartables	20.354
Bolsas plásticas	31.067
Plástico corrugado (Cartónplast)	48.579
<b>Total</b>	<b>100.000</b>

Fuente: Elaboración propia



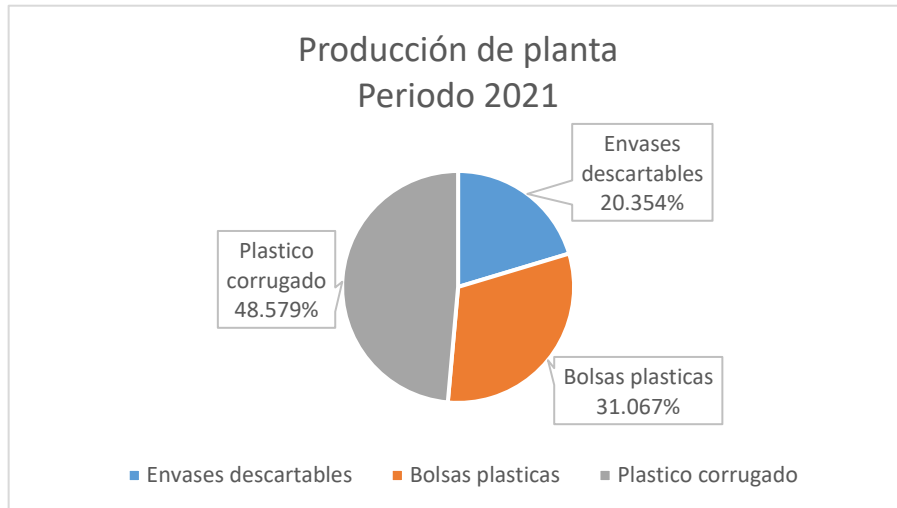


Figura 15: Producción mayoritaria de la empresa

Elaboración propia

De esta manera, podemos corroborar que la producción de plástico corrugado constituye la producción mayoritaria en la empresa con un 48.579 % en lo representativo del año 2021, con proyección similar para el año 2022.

Esta categoría productiva a lo largo de los años se ha consolidado como un pilar y un eje de gran relevancia de la empresa en el mercado nacional e internacional. La producción de plástico corrugado principalmente en su uso como envases para la importación y exportación de productos agrícolas de múltiples empresas se ha intensificado fruto de las necesidades medioambientales y leyes ecológicas existentes en el sector.

En línea con el enfoque de producción, se constituye en siguiente diagrama de Pareto para el análisis de los productos más representativos, mostrado en la figura 16 basados en la tabla N°15.

Tabla N°15. Producción total 2021 - Línea de Cartónplast

<b>Producción 2021 - Línea de Cartónplast</b>			
<b>Descripción de Productos</b>	<b>Cantidad Producida (UND)</b>	<b>Acumulado (%)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
CAJA CP BLANCO 2801 (32.0X42.6X27.7)	800,000.000	21.50	21.50
CAJA CP NEGRO 016B (25.5X24.0X28.0)	700,000.000	40.32	18.82
CAJA CP NEGRO 2815B (20.0X30.0X28.0)	650,000.000	57.79	17.47
CAJA CP NEGRO 2715G (20.3X30.3X27.7)	450,000.000	69.89	12.10
CAJA CP BLANCO 2715G (20.3X30.3X27.7)	375,000.000	79.97	10.08
CAJA CP NEGRO 2815 (20.0X30.0X28.0)	118,500.000	83.16	3.19
CAJA CP BLANCO 202 (17.0X27.0X8.3) S/IMPRESION	115,300.000	86.26	3.10
CAJA CP BLANCO 2715B (20.0X30.0X27.7)	115,325.000	89.36	3.10
CAJA CP AZUL 013 (25.2X22.4X28.0)	113,700.000	92.41	3.06
CAJA CP NEGRO 2715G (20.3X30.3X27.7)	112,750.000	95.44	3.03
CAJA CP BLANCO 013 (25.2X22.4X28.0)	90,900.000	97.89	2.44
CAJA CP NEGRO 5863B (30.0X50.0X9.3)	78,600.000	100.00	2.11
<b>TOTAL</b>	<b>3,720,075.000</b>		<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

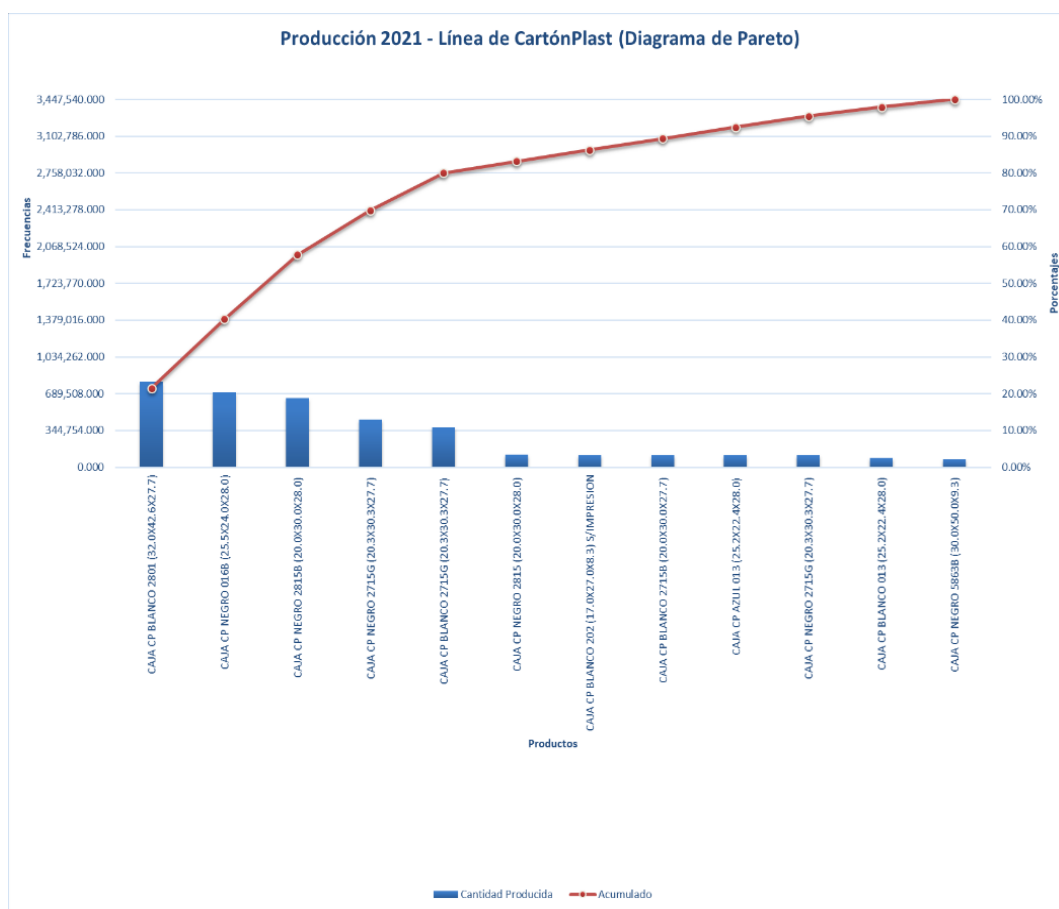


Figura 16: Diagrama de Pareto – Producción 2021 Línea de Cartónplast

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico mostrado en la figura 16, podemos observar que existen 5 productos más representativos de la línea de producción, representando el 79,97% del total de producción anual a partir de los datos recogidos para el año 2021. Por tanto, serán los productos que se tomarán en consideración para realizar el análisis respectivo de la herramienta de Lean Manufacturing.

### Proceso productivo

El área de producción de Cartónplast desarrolla un esquema productivo explicado en el diagrama de operaciones mostrado en el anexo 04.

De acuerdo al diagrama mostrado, se procede a explicar el método de producción, basado en 3 etapas productivas: extrusión, impresión y troquelado.

- Extrusión
- 1. La extrusión es el proceso de fundición y moldeado de plástico a través de un flujo continuo para obtener el producto a través de una mezcla de polímeros en una proporción y medida específicos. Para la fabricación del plástico corrugado en la empresa en estudio la mezcla se compone de:
  - ✓ Polipropileno copolímero
  - ✓ Polipropileno homopolímero
  - ✓ Masterbach (aditivo colorante)
  - ✓ Pelletizado (material recuperado)

Las especificaciones técnicas de la materia prima se detallan en las tablas N°16 y N°17 mostradas a continuación:

Tabla N°16. Ficha técnica polipropileno copolímero

FICHA TECNICA			
CODIGO PROD.		PROPILCO 01C25	
CARACTERISTICAS		Polipropileno copolímero de impacto de baja fluidez, excelente equilibrio rigidez/impacto	
RECOMENDADO PARA		Fabricación de compuestos para la industria del automóvil, extrusión de láminas. Cartónplast, envases soplados de grandes volúmenes, extrusión termoconformado donde se requiere conservar el producto bajo 0°C extrusión e inyección de artículos de propósito general	
PROPIEDADES	UNIDADES TRADICIONALES	UNIDADES SI	METODO ASTM
Índice de fluidez (230 °C – 2.16 kg)	0.7 g/ 10 min	0.7 g/ 10 min	D 1238 00 B
Resistencia máxima a la tracción (50 mm/min.)	3400 psi	23.4 MPa	D 638 03
Elongación al punto de cesión (50 mm/min.)	10.2 %	10,2%	D 638 03
Módulo de flexión 1% secante (1.3 mm/min.)	158 000 psi	1086 MPa	D 790 03 1A
Impacto Izod con ranura (23°C)	13 pie-lb/ pulg	695 J/m	D 256 03 A
Impacto Gardner (-30 °C)	310 pulg - lb	34.7 J	D 5420 04 A

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17. Ficha técnica polipropileno homopolímero

FICHA TECNICA			
CODIGO PROD.		ESENCIA 01H41	
CARACTERISTICAS		Polipropileno homopolímero de bajo índice de fluidez, con excelentes propiedades mecánicas y color, excelente control de calibre y alta resistencia a la fusión	
RECOMENDADO PARA		Extrusión de flejes, laminas, Cartónplast, extrusión termoformada, extrusión soplada de botellas, inyección de tacones. Extrusión e inyección de aplicaciones de propósito general	
PROPIEDADES	UNIDADES TRADICIONALES	UNIDADES SI	METODO ASTM
Índice de fluidez (230 °C – 2.16 kg)	1.4 g/ 10 min	1.4 g/ 10 min	D-1238 B
Resistencia máxima a la tracción (50 mm/min.)	4900 psi	33.78 MPa	D-638
Elongación al punto de cesión (50 mm/min.)	10.5 %	10,5%	D-638
Módulo de flexión 1% secante (1.3 mm/min.)	210 000 psi	1447.9 MPa	D-790-1A
Impacto Izod con ranura (23°C)	0.9 pie-lb/ pulg	48.04 J/m	D-256-A

Fuente: Elaboración propia

2. Los componentes pasan por altas temperaturas a través de un tornillo en el cual los materiales se funden para posteriormente pasar por flautas, las cuales son una serie de orificios compuestos de platino que conforman el perfil de la plancha de Cartónplast.
3. Luego, las planchas continuas pasan por un proceso llamado “tratamiento Corona” que consiste en una descarga de alta frecuencia a la plancha corrugada para que aumente la capacidad de adhesión de tinta para su proceso posterior.
4. Una vez realizado el tratamiento, las planchas continuas pasan a través de una serie de rodillos con la finalidad de darles forma y consistencia, donde gradualmente se reduce la temperatura de la misma, culminando el tratamiento con el corte de la plancha por medio de una guillotina según las medidas especificadas.

- Impresión

1. Las planchas de CartonPlast se transportan al área de serigrafía en donde se imprime el diseño solicitado por el cliente. Las planchas se colocan en la maquina serigráfica que se encuentra preparada con topes fijados según el tamaño de la plancha y con relación a la malla preparada. La máquina serigráfica por medio de un sistema semiautomático de rodillos imprime la plancha en función a un color único específico que se prepara según el modelo requerido.
2. Las planchas pasan por un proceso de secado en un horno convencional a 70° C para consolidar la adhesión de la impresión.
3. De ser necesario, las planchas pasan nuevamente por la maquina serigráfica si el diseño cuenta con otros colores de impresión para lo cual se realiza el cambio respectivo de mallas y tintas.

- Troquel y picado

1. Las planchas ya impresas se derivan al área de troquel y picado, en donde las planchas se someten a la presión de un troquel preparado para realizar los cortes que requiera la plancha en función a la cantidad de cajas que se

requerirán por plancha (de este procedimiento se obtienen las cajas desarrolladas, es decir, la figura de la caja que posteriormente el cliente podrá armar en función a las juntas y dobleces especificados por el diseño)

2. Las planchas de cajas desarrolladas se derivan al área de picado, en donde se retiran a través de la presión de un molde los orificios o cavidades internas restantes del troquel.
3. Finalmente, se verifican las medidas, espesor, impresión y masa de las cajas para comprobar los estándares de calidad exigidos por el cliente para finalmente ser embaladas en paquetes de 50 unidades y apiladas en pallets en el almacén de productos terminados.
4. Los restos de material (mermas) pasan a reproceso a través de un molino semiautomático, el cual tritura el material con ayuda de operarios que por medio de combas muelen el material hasta que pueda ser procesado por el molino. Este material se incorpora a la mezcla de polímeros de la máquina extrusora.

#### 4.1.2. Estudio y análisis sobre cada variable dependiente

- Objetivo específico 01: Implementar la metodología 5's para reducir el Lead Time de producción de la línea de Cartónplast.

##### Situación Antes (Pre-Test)

La situación antes de la aplicación de la metodología 5's era la siguiente:

Para la aplicación de esta metodología, se tomó como muestra un requerimiento de 1200000 unidades de los 5 productos más importantes en la producción de la línea de Cartónplast sustentado según el diagrama de Pareto mostrado anteriormente, los cuales se requirieron a través de un plan de producción que consistía en la entrega de 50000 unidades semanales hasta el fin del mes de agosto del 2022. Sin embargo, durante la observación de la situación de la empresa en esta entrega programada se observaron deficiencias computables al desconocimiento del manejo de herramientas básicas de ingeniería de producción. Se observó en las áreas de extrusión y almacén de materias primas una serie de elementos en desorden que dificultaban el acceso a ciertas

herramientas requeridas para el normal desempeño del proceso productivo, tales como rollos de embalajes, sacos de pellets de polipropileno, cuchillas para la apertura de los sacos que muchas veces resultaban inubicables y retrasaban el inicio del proceso. En el área de impresión, se observó que las tintas requeridas en la maquina serigráfica, que ya se encontraban preparadas con la escala de tonalidad requerida, no se encontraban en un área cercana al proceso, sino que se requería nuevamente acudir al almacén de materias primas para conseguirla, incluso al momento de buscarla se encontraban dificultades en su identificación debido a que la tinta solía derramarse, cubriendo la parte externa del recipiente y por ende se requería la asistencia del personal encargado de su preparación para su nueva identificación, resultando nuevamente en un retraso productivo.

Asimismo, durante el horario habitual de trabajo, se observó que los operarios dejaban algunas herramientas en lugares inadecuados e incluso peligrosos que después dificultaban su búsqueda o significaban un factor latente de riesgo de parada de máquina. Del mismo modo, en el área de troquel y picado, se observaron espacios desordenados donde se guardaban los moldes de la máquina troqueladora, los cuales incluso llegaban a dificultar el tránsito de los operarios entre cada máquina. La carencia de espacios de fácil acceso o identificación con señalética restringían el potencial de producción de la empresa, lo cual generaba registrar un Lead Time de producción elevado que implicaba una demora en la producción y la insatisfacción del cliente por las horas de retraso en sus entregas.

#### Muestra antes

La muestra Pre-Test se puede visualizar en la tabla N°18 mostrada a continuación:



Tabla N°18. Muestra Pre-Test Lead Time de producción - Días

	<b>TIEMPO</b>	VALOR variable dependiente (Lead Time de producción - Días)
<b>ene-22</b>	SEMANA 1	5,89
	SEMANA 2	5,98
	SEMANA 3	6,25
	SEMANA 4	6,10
<b>feb-22</b>	SEMANA 5	6,05
	SEMANA 6	6,12
	SEMANA 7	6,18
	SEMANA 8	5,99
<b>mar-22</b>	SEMANA 9	6,18
	SEMANA 10	6,15
	SEMANA 11	6,16
	SEMANA 12	6,01
<b>abr-22</b>	SEMANA 13	5,99
	SEMANA 14	5,91
	SEMANA 15	6,20
	SEMANA 16	6,17
<b>PROMEDIO</b>		6.0831

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°18 podemos analizar que en promedio el Lead Time de producción de la línea de Cartónplast es de 6,08 días. Se observa que existe una demora

considerable considerando que las entregas programadas deberían ser de 5 días según lo solicitado por el cliente.

### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

La metodología 5 's sigue una secuencia de implementación, la cual según lo explicado en el marco teórico se procedió a implementar según la figura 17 mostrada a continuación:



Figura 17: Secuencia de implementación metodología 5'S

Fuente: Elaboración propia

#### 1. Seleccionar (Seiri)

Se procedió a hacer una inspección en el área de producción de Cartónplast para revisar los elementos necesarios en el proceso productivo. Mediante la verificación de la secuencia de operaciones en cada área se obtuvieron las siguientes observaciones:

- Ciertos materiales como cúteres y combas presentaban un funcionamiento deficiente o un estado de deterioro notorio, lo cual traía consigo que se deba acudir nuevamente al almacén para buscar otra herramienta en mejor estado
- Existían troqueles deteriorados que se encontraban inoperativos, sin embargo, se ubicaban junto a troqueles en buen estado usados frecuentemente, en ocasiones ciertos operarios por descuido combinaban los troqueles operativos junto a los inoperativos, dificultando su ubicación.

- Se encontraron mallas deterioradas en el área de serigrafía que ocupaban un espacio innecesario en el mismo.
- Se ubicaron moldes de la maquina picadora en mal estado o con presencia de oxido que no permitían asegurar una buena calidad del producto terminado

Como evidencia de lo mencionado, se adjuntan las figuras 18 y 19 que denotan estas falencias:



Figura 18: Troqueles deteriorados

Fuente: Datos de la empresa



Figura 19: Mallas deterioradas

Fuente: Datos de la empresa

En función a lo antes descrito, se procedió a aplicar el criterio del primer paso de la metodología 5's, lo cual, según lo indicado en el marco teórico, implica la colocación de una señalización o un símbolo para identificar aquellos materiales que no aportan beneficio alguno al proceso productivo para su eliminación o

procedimiento de reparación requerido. Se procedió a identificar mediante las denominadas “etiquetas rojas” estos materiales, la cual se elaboró según el formato señalado en la figura 20:

**ETIQUETA ROJA**

AREA: CARTÓNPLAST

RESPONSABLE:

MATERIAL:

FECHA DE IDENTIFICACIÓN:

LOCALIZACION:

**MOTIVO**

DETERIORADO     INSERVIBLE

USO NO CONOCIDO     INNECESARIO

CADUCADO     OTRO: \_\_\_\_\_

Figura 20: Tarjeta roja para la identificación de materiales

Fuente: Elaboración propia

Con el formato elaborado y el conocimiento previo de las condiciones del lugar de trabajo se procedió a la identificación de los materiales innecesarios de la línea de trabajo en función a los siguientes motivos:

- Deteriorado: aquellos elementos que presentaban indicadores de desgaste tales como oxido, resquebrajamiento, roturas, entre otros con posibilidad de reparación o algún otro tipo de tratamiento que permitiera su recuperación para nuevo uso.
- Uso no conocido: aquellos elementos encontrados durante la inspección de los cuales no se podía precisar su uso en alguna secuencia de producción de la línea objeto de estudio.
- Caducado: aquellos elementos identificados que ya no se utilizan en el proceso productivo por motivos diversos como cancelación de línea de producto, adquisición de material actualizado, etc.
- Inservible: aquellos elementos irrecuperables que precisan de eliminación inmediata.

- Innesario: aquellos elementos encontrados que no aportan alguna utilidad en el proceso pero que podrían servir a otras áreas, podrían tener algún otro uso en particular o debían ser reubicados.

La identificación de algunos elementos del área de trabajo se puede evidenciar en las figuras 21, 22, 23 y 24 mostradas a continuación:



Figura 21: Planchas de Cartónplast defectuosas a desechar  
Fuente: Datos de la empresa



Figura 22: Sacos de pellets desechables  
Fuente: Datos de la empresa



Figura 23: Troqueles por realizar reparación  
Fuente: Datos de la empresa



Figura 24: Pernos y uniones oxidadas  
Fuente: Datos de la empresa

## 2. Ordenar (Seiton)

El siguiente paso implica la gestión del orden del ambiente de trabajo. Gracias a la naturaleza del estudio, la verificación inicial permite identificar también de forma paralela las problemáticas de orden en las áreas de trabajo, las cuales se describen a continuación:

- No existía una ubicación específica de cada material en los anaqueles del almacén y en ciertas ocasiones las herramientas se dejaban sobre equipos como la maquina serigráfica o la tolva de extrusión, es decir, había un manejo deficiente por parte de los operarios de sus herramientas de trabajo.
- Los pallets se encontraban en lugares inadecuados que dificultaban el libre tránsito de los operarios y materia prima.
- Los artículos de limpieza se hallaban en diferentes lugares del área de Cartónplast (apoyados en una paleta, al costado de una máquina e incluso en el suelo) obstaculizando las actividades de producción y retrasando la limpieza diaria.

Para la implementación de esta etapa, se inició con la reubicación de los artículos útiles por su frecuencia de uso en anaqueles próximos a su lugar de trabajo, en lugar del almacén principal, puesto que por su necesidad recurrente resultaba imperativo que estén cerca al lugar de trabajo para evitar recorridos innecesarios. Del mismo modo, se continuó con la identificación visual de los mismos a través de letreros señalizadores para mejorar su accesibilidad. Finalmente, a través de la incorporación de una señalización adecuada en el suelo por medio de cintas amarillas se conformaron las guías para que cada elemento se encuentre en un lugar específico fácil de identificar en la planta de producción.

La implementación de esta etapa se puede evidenciar en las figuras 25, 26 y 27 mostradas a continuación:



Figura 25: Ordenamiento de sacos de pellets cerca al almacén

Fuente: Datos de la empresa



Figura 26: Mallas de impresión cerca al área de serigrafía en anaqueles

Fuente: Datos de la empresa



Figura 27: Ubicación específica de materiales de limpieza

Fuente: Datos de la empresa

### 3. Limpiar (Seiso)

La limpieza resulta un procedimiento intrínseco en toda actividad de trabajo. El esquema de la metodología 5's lo implementa con un procedimiento que orienta su enfoque en eliminar los focos de suciedad. La fase de limpieza resultó ser más práctica debido a que se habían realizado las labores de orden y selección que dotaron de mejor comodidad y practicidad para efectuar la limpieza.

Durante la inspección visual en la implementación de esta etapa se encontraron las siguientes situaciones:

- En el área de extrusión, en los molinos de trituración de material recuperado, se encontró la presencia de grandes cantidades de polvo acumulado en suelos y alrededores de la máquina. En algunas ocasiones, este polvo acumulado resultaba en indisposición de áreas de trabajo, lo que implicaba una parada de producción para efectuar la limpieza y por consiguiente el aumento del Lead Time de producción para el lote de trabajo.
- En el área de troquel y picado, los pasillos y alrededores de la maquina picadora tenían un aspecto poco agradable e incómodo para el trabajador, debido a que se acumulaban trozos de merma producto del proceso y no se efectuaban labores de limpieza.

Para hacer efectiva la limpieza de estos ambientes, se procedió con la elaboración de cronogramas de limpieza a fin de asignar a los mismos operarios estas labores de forma equitativa, de esta forma se reducen los tiempos ociosos y se puede tener un ambiente de trabajo más acogedor y seguro que pueda reducir los tiempos de entrega de los lotes.

El cronograma de limpieza sigue el formato según lo indicado en el anexo 05. Asimismo, en las figuras 28 y 29, se muestran fotografías que denotan el compromiso de los trabajadores con la limpieza de su lugar de trabajo en función a una mejora en su ambiente laboral para facilitar la ejecución de sus actividades diarias.





Figura 28: Limpieza de vías en almacén

Fuente: Datos de la empresa



Figura 29: Limpieza de área de troquel y picado

Fuente: Datos de la empresa

#### 4. Estandarizar (Seiketsu)

La labor de estandarización se basará en el desarrollo de capacitaciones, controles de auditoría y seguimiento de las actividades del personal a fin de estandarizar lo conseguido con los 3 primeros pasos de implementación. Se iniciarán con las labores de estandarización de carteles indicativos de posición de cada elemento de trabajo, acopio y eliminación de material inservible no identificado en la inspección de estudio, señalización de más ambientes de trabajo con proyección al control de más elementos en otros procesos productivos de la planta y un paquete de incentivos con el fin de implantar estas medidas como parte inherente al área de trabajo.

Asimismo, se procederá con la implementación de guías y manuales de usuario al personal con la metodología aplicada, de tal manera que se obtenga un

conocimiento documentado en tanto no sea particular de la persona, sino que sea aplicable según la rotación del personal.

#### 5. Disciplina (Shitsuke)

La disciplina en esta metodología implica conectar al trabajador a la actividad y asociarla como parte del hábito de trabajo diario. Este paso se ejecutará siguiendo los lineamientos de la estandarización previa. En tal sentido, se continuarán con las capacitaciones, aplicación de otros formatos de apoyo tales como listas de verificación adicionales o diagramas de frecuencia de hábitos y costumbres laborales a fin de que los operarios asimilen el conocimiento y la metodología se puedan convertir en algo rutinario.

#### Situación Después (Post Test)

Luego de aplicadas las etapas de la metodología 5's, se procedió con el registro y verificación del Lead Time de producción, obteniéndose de esta manera los siguientes resultados mostrados en la tabla N°19:

Tabla N°19. Muestra Post Test Lead Time de producción - Días

	TIEMPO	VALOR variable dependiente (Lead Time de producción - Días)
<b>jun-22</b>	1	5,71
<b>jul-22</b>	2	5,63
	3	5,51
	4	5.55
	5	5.60
<b>ago-22</b>	6	5.59
<b>PROMEDIO</b>		5.5983

Fuente: Elaboración propia

- Objetivo específico 02: Implementar un mantenimiento autónomo para aumentar el tiempo de actividad de las máquinas en la línea de Cartónplast.

#### Situación Antes (Pre-Test)

La situación antes de la aplicación de Mantenimiento Autónomo era la siguiente:

La empresa Inversiones San Gabriel cuenta con un área de Mantenimiento, en donde, cada vez que una máquina falla, el supervisor de turno se encarga de crear una Orden de Trabajo (OT) a Mantenimiento, para que, el personal de mantenimiento se acerque a solucionar el problema de la máquina. Por lo general, son muy repetitivas veces que el personal de Mantenimiento se acerca a las máquinas por los siguientes motivos: falta de lubricación, regulación de los sensores, medición de presión y polvo (falta de limpieza). Esto ocasionando que no se aproveche la disponibilidad de las máquinas por completo. Observando aquello, las máquinas impresoras, son las que mayor presentan estos percances mencionados y analizando, hemos detectado que el problema de fondo es que los ayudantes de producción que operan en las máquinas no tienen principalmente el conocimiento de cómo cuidar la máquina que operan, desconocen por completo su funcionalidad, desconocen de cómo darle mantenimiento, también de cómo realizar su respectiva limpieza a la máquina. En pocas palabras, no están familiarizados con sus máquinas. Es por eso, que al estudiar el Lean Manufacturing, y uno de sus herramientas, el TPM (Mantenimiento Productivo Total), vemos que la implementación de uno de sus pilares, que vendría hacer, el Mantenimiento Autónomo, nos ayudará a aumentar la disponibilidad de las máquinas impresoras y así poder incrementar la productividad en la línea de Cartónplast, ya que, esta herramienta propone que los operadores vigilen sus propias máquinas y adquieran un sentido de intuición cuando la máquina pueda presentar una posible falla o que cuando la presente, puedan solucionarlo por sí solos, sin la intervención o el llamado de los técnicos de mantenimiento.

Para lograr un aumento en la disponibilidad de las máquinas (impresoras) se comparará el tiempo de las máquinas en actividad (información obtenida de los registros de las incidencias a mantenimiento) con el tiempo de las máquinas en

actividad después de la implementación del Mantenimiento Autónomo. Para ello, procedimos a filtrar los tiempos de actividad, desde el mes de enero 2022 hasta junio 2022, donde promediamos de manera semanal, para así poder realizar la comparativa, con los registros de información del mes desde finales de junio e inicios de agosto 2022.

Muestra antes

La muestra Pre-Test se puede visualizar en la tabla N°20:

Tabla N°20: Muestra Pre- Test Tiempo de actividad de las máquinas

	<b>TIEMPO</b>	VALOR variable dependiente (Tiempo de actividad de las máquinas – Horas semanales)
<b>ene-22</b>	SEMANA 1	71.25
	SEMANA 2	71.58
	SEMANA 3	71.89
	SEMANA 4	71.85
<b>feb-22</b>	SEMANA 5	72.01
	SEMANA 6	72.15
	SEMANA 7	71.00
	SEMANA 8	71.91
<b>mar-22</b>	SEMANA 9	71.45
	SEMANA 10	71.95
	SEMANA 11	71.79
	SEMANA 12	71.98
<b>abr-22</b>	SEMANA 13	72.01

	SEMANA 14	71.60
	SEMANA 15	71.69
	SEMANA 16	71.83
	PROMEDIO	71.7463

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°20 podemos analizar que en promedio el tiempo por parada de máquina por mantenimiento en la línea de Cartónplast es de 71.7463 horas. En comparación con la capacidad de tiempo disponible para las máquinas (excluyendo los tiempos de parada programados y cambios de turno) que es de 80 horas semanales, se observa que existe una gran indisponibilidad de las máquinas por temas de mantenimiento no programados

#### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Para la aplicación de Mantenimiento Autónomo, se detalla los siguientes pasos a seguir, los cuales se simplifican en la figura 30:

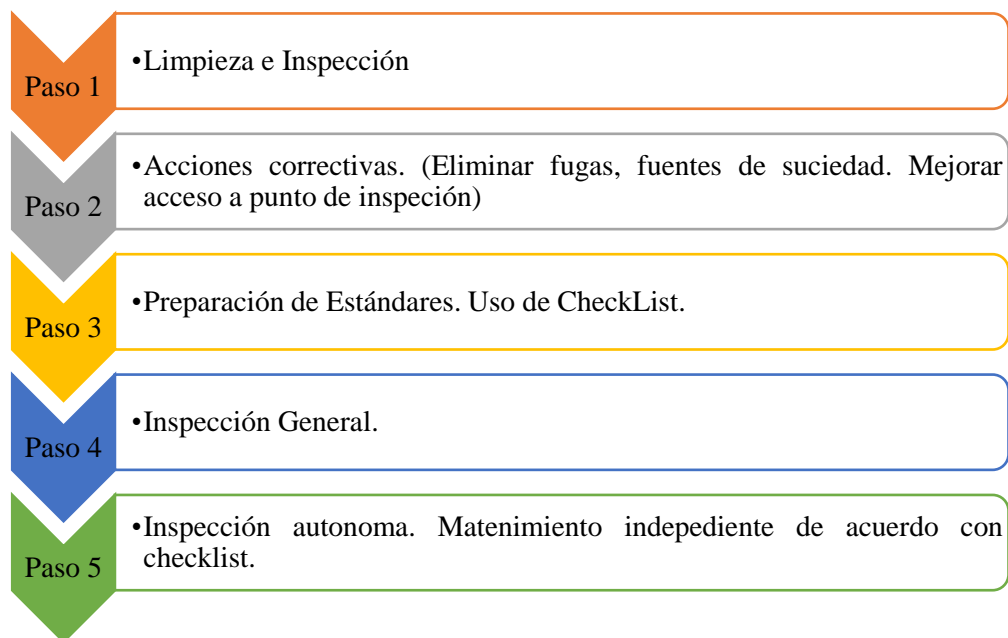


Figura 30: Pasos para la implementación del mantenimiento autónomo

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual, para llevar a cabo la implementación, nos soportaremos en las fases del ciclo de Deming (Planear, Hacer, Verificar y Actuar).

- Primera Fase: “Planificar”:

Se inició la implementación del Mantenimiento Autónomo, primero capacitando al personal, con un tema fundamental, el por qué las máquinas tienen una alta indisponibilidad, producidas por las constantes fallas o averías de estas. Es por eso, que para mayor sea el entendimiento, nos ayudamos con la herramienta, el diagrama de Ishikawa, para poderles explicar las causas raíz a este problema y así tengan un impacto de gran interés sobre la importancia del Mantenimiento Autónomo, la cual se muestra en la figura 31:

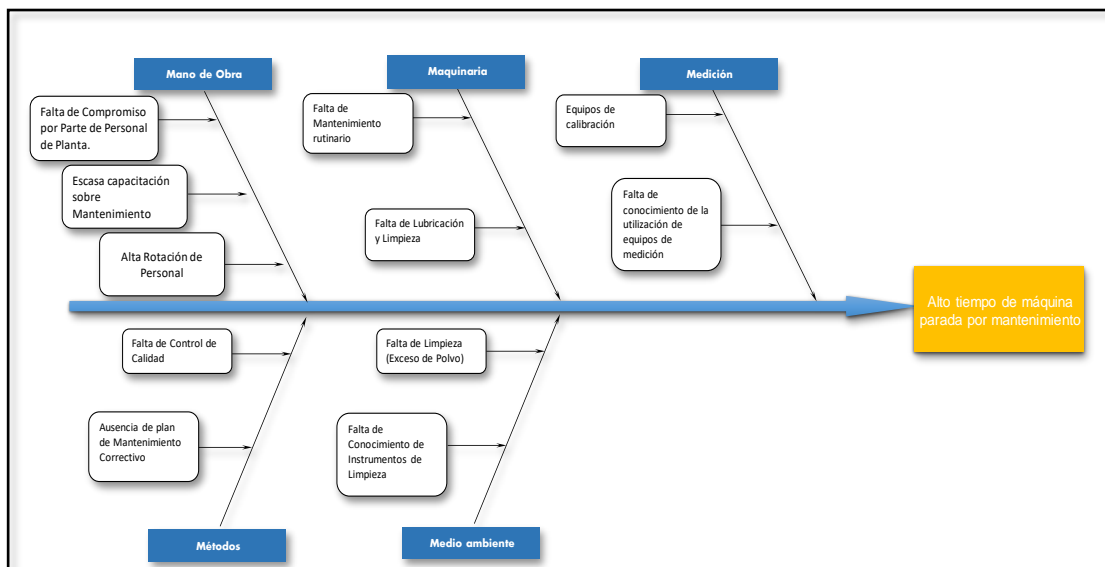


Figura 31: Diagrama de Ishikawa (Causa - Efecto)

Elaboración propia

Una vez explicado el Diagrama de Ishikawa, se procede a la capacitación del personal de los temas detallados en la tabla N°21:

Tabla N°21: Estructura de capacitación del personal

N°	Temas Capacitados
1	¿Qué es el TPM?
2	Mantenimiento Autónomo

3	Causa Raíz de las Paradas de Máquinas
4	Mantenimiento Básico a las Máquinas
5	Conocimiento de Limpieza a las Máquinas
6	Reparación de fallas comunes
7	Capacitación de instrumentos de medición
8	Capacitación del uso y llenado de formatos.

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar, que la capacitación se dio tanto al personal de Producción como también al personal de Mantenimiento, durante 2 semanas con duración de 2 horas por día. (De 7 am a 9 am) de lunes a sábado el cual se programó de acuerdo a lo mostrado en la figura 32:

Fecha de inicio	Fecha de finalización	Asignado	Tema (Duración 2 horas)	04.07.2022	05.07.2022	06.07.2022	07.07.2022	08.07.2022	09.07.2022	11.07.2022	12.07.2022	13.07.2022	14.07.2022	15.07.2022	16.07.2022
04.07.2022	04.07.2022	Luis Loro	¿Que es el TPM?	■											
05.07.2022	05.07.2022	Luis Loro	Mantenimiento Autónomo		■										
06.07.2022	06.07.2022	Luis Loro	Causa Raíz de las Paradas de Máquinas			■									
07.07.2022	07.07.2022	Luis Loro	Mantenimiento Básico a las Máquinas				■								
08.07.2022	08.07.2022	Luis Loro	Conocimiento de Limpieza a las Máquinas					■							
09.07.2022	09.07.2022	Luis Loro	Reparación de fallas comunes						■						
11.07.2022	11.07.2022	Cristian Holguin	Capacitación de instrumentos de medición							■					
12.07.2022	12.07.2022	Cristian Holguin	Capacitación del uso y llenado de formatos								■				
13.07.2022	13.07.2022	Cristian Holguin	Mantenimiento Correctivo									■			
14.07.2022	14.07.2022	Cristian Holguin	Causa Raíz de las Paradas de Máquinas										■		
15.07.2022	15.07.2022	Cristian Holguin	Certificación de Mantenimiento Autónomo											■	
16.07.2022	16.07.2022	Cristian Holguin	Aplicación de los Conocimientos												■

Figura 32: Cronograma de capacitación

Fuente: Elaboración propia


- Segundo Fase: “Hacer”: De acuerdo con lo planificado se inicia con los pasos para implementar el mantenimiento autónomo.

#### Paso 1: Limpieza e inspección

Los ayudantes de producción una vez asimilado lo aprendido de las capacitaciones del Mantenimiento Autónomo, ellos mismos se encargan de realizar una limpieza diaria a las máquinas con la finalidad de eliminar el polvo, grasa, pinturas y suciedad que se adhiere a la máquina. Esto se inició a la par

cuando pusimos en marcha la metodología de limpieza establecida en la tercera “S”. Por ello, se estableció que, al momento de finalizar el turno, se deje todo limpio para el siguiente turno, es decir, de 6:30 a 7 se encargaran de realizar la limpieza necesaria, con la finalidad de minimizar defectos, fallas o averías para el siguiente turno, esto se hará todos los días (lunes a sábado), esta experiencia se puede evidenciar en la tabla N°22:

Tabla N°22. Paso 1: Limpieza

<b>Paso 1: Limpieza</b>	
 <p>Situación antes de la 3'S – 1er Paso Mantenimiento Autónomo Fuente: Datos de la Empresa.</p>	 <p>Situación despues de la 3'S – 1er Paso Mantenimiento Autónomo Fuente: Datos de la Empresa.</p>
 <p>Situación antes de finalizar un turno Fuente: Datos de la Empresa.</p>	 <p>Situación despues de finalizar un turno Fuente: Datos de la Empresa.</p>

Fuente: Elaboración propia



Paso 2: Eliminación de problemas de contaminación en la fuente y áreas inaccesibles

Se realizó la identificación de las fuentes de contaminación y puntos inaccesibles de las máquinas con la finalidad de eliminar la suciedad generado por el polvo, mejorando así de esta manera los lugares de difícil acceso para limpiar la máquina.

Paso 3: Creación de Estándares de Limpieza y lubricación

- a. Estándar de limpieza de áreas: Estó se realizó en base a capacitaciones, se inició a la par con las capacitaciones durante la implementación de las 3 primeras S. Cabe resaltar que estas capacitaciones han sido dinámicas, es decir, que los ayudantes de producción han participado en las reuniones y se les ha tomado en cuenta lo que han dado como punto de vista, debido a que ellos están constantemente manipulando las máquinas en su respectiva área. Se observan las capacitaciones brindadas en la figura 33:



Figura 33. Capacitaciones para estándares de limpieza y lubricación

Fuente: Datos de la empresa

- b. Estándar de lubricación en cada máquina: Se realizó un estándar de lubricación para cada máquina, para que el ayudante de producción realice sin ningun inconveniente esta tarea. Cabe resaltar que está función, lo realizará de manera semanal. En tal sentido, se evidencia en el anexo 06 el procedimiento de trabajo para la lubricación en máquinas y la figura 34 donde se muestra el trabajo conjunto del área de mantenimiento y los operarios del área de impresión.



Figura 34. Mantenimiento autónomo área de impresión

Fuente: Datos de la empresa

#### Paso 4: Inspección General del Equipo

Este paso se realizó las siguientes tareas:

- b. Se entrenó a los ayudantes de producción. Esto se realizó con la ayuda de los técnicos de mantenimiento, con la finalidad de que puedan detectar problemas por una simple inspección, de manera que puedan ser capaces de corregir ellos mismos algún defecto de la máquina en el tiempo oportuno.
- c. Al finalizar la inspección general de equipos, todos los trabajadores realizan el control visual en el área de trabajo

#### Paso 5: Inspección Autónoma de equipos y procesos

Para llevar a cabo este paso, se realizó formatos de Mantenimiento Autónomo para cada máquina. Este formato ayudará a la inspección general de manera diaria, donde se detallará una serie de tareas con sus respectivos parámetros. Cabe mencionar, que estos formatos son unos checklist, con la finalidad de facilitarle el llenado de los formatos al ayudante de producción. Los formatos respectivos se pueden visualizar en el anexo 07.

#### Tercera Fase: Verificar:

En esta etapa se comparará los datos obtenidos antes de la implementación, con los datos después de la implementación, pero antes de ello, en esta misma etapa, se procede a verificar que todo lo planificado, se esté cumpliendo, es por ello, que se controló y se archivó el llenado de los formatos de Mantenimiento autónomo de Inspección General Diario (Paso 5 del Mantenimiento Autónomo), lo cual se muestra en el anexo 08.

### Situación Después (Post Test)

Luego de aplicadas las etapas del mantenimiento autónomo, se procedió con el registro y verificación del tiempo de actividad semanal de las máquinas, obteniéndose los siguientes resultados mostrados en la tabla N°23:

Tabla N°23. Tiempo de actividad de las máquinas – Horas semanales

	TIEMPO	VALOR variable dependiente (Tiempo de actividad de las máquinas – Horas semanales)
<b>jun-22</b>	1	74.42
<b>jul-22</b>	2	74.69
	3	74.75
	4	74.68
	5	74.65
<b>ago-22</b>	6	74.71
PROMEDIO		74.65

Fuente: Elaboración propia

- Objetivo específico 03: Implementar la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio de formato en la línea de Cartónplast

### Situación Antes (Pre-Test)

La situación antes de la aplicación de la metodología SMED era la siguiente:

La empresa Inversiones San Gabriel cuenta en su área de Cartónplast con 7 impresoras, en lo cual cada una de estas necesitan un cambio de formato al momento de empezar una nueva orden de producción. Éstas necesitan de una malla para poder empezar una producción, es decir, al momento de que terminen una orden de producción y empiecen otra nueva orden, necesitan cambiar la malla que estaba en la máquina, por otra, en el cual se observó que cuatro de estas impresoras, son máquinas convencionales operativas, por lo cual involucra mayor tiempo para cambiar la malla, por el motivo que se requiere de más herramientas, más movimientos a realizar por parte del maquinista para poder cambiar la malla.

Por ello, al estudiar la metodología Lean Manufacturing y uno de sus herramientas, SMED, nos ayudará a mejorar a realizar el cambio de estos formatos de una manera eficaz.

Para medir los resultados del estado actual del cambio de formato en el área de Impresión, nos apoyamos en la medición de tiempos (uso de cronómetro) para poder determinar el tiempo que les toma cambiar de formato. Para ello, procedimos a realizar esta tarea de medición de tiempos semanales, desde el mes de enero 2022 hasta junio 2022, donde promediamos de manera semanal el tiempo que les toma el cambio de formato, para así poder realizar la comparativa, con los registros de información de finales del mes de junio hasta inicios del agosto 2022

Muestra antes

La muestra Pre-Test se puede visualizar en la tabla N°24 mostrada a continuación:

Tabla N°24. Tiempo de cambio de formato – Horas semanales

	<b>TIEMPO</b>	VALOR variable dependiente (Tiempo de cambio de formato – Horas semanales)
<b>ene-22</b>	SEMANA 1	14.98
	SEMANA 2	15.15
	SEMANA 3	15.08
	SEMANA 4	15.09
<b>feb-22</b>	SEMANA 5	15.21
	SEMANA 6	15.07
	SEMANA 7	15.25
	SEMANA 8	15.32
<b>mar-22</b>	SEMANA 9	15.39
	SEMANA 10	15.11
	SEMANA 11	14.98
	SEMANA 12	15.05

<b>abr-22</b>	SEMANA 13	14.99
	SEMANA 14	15.12
	SEMANA 15	15.22
	SEMANA 16	15.14
PROMEDIO		15.1344

Fuente: Elaboración propia

### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Para la aplicación de la metodología SMED, se detalla los siguientes pasos a seguir, de acuerdo a la figura 34:

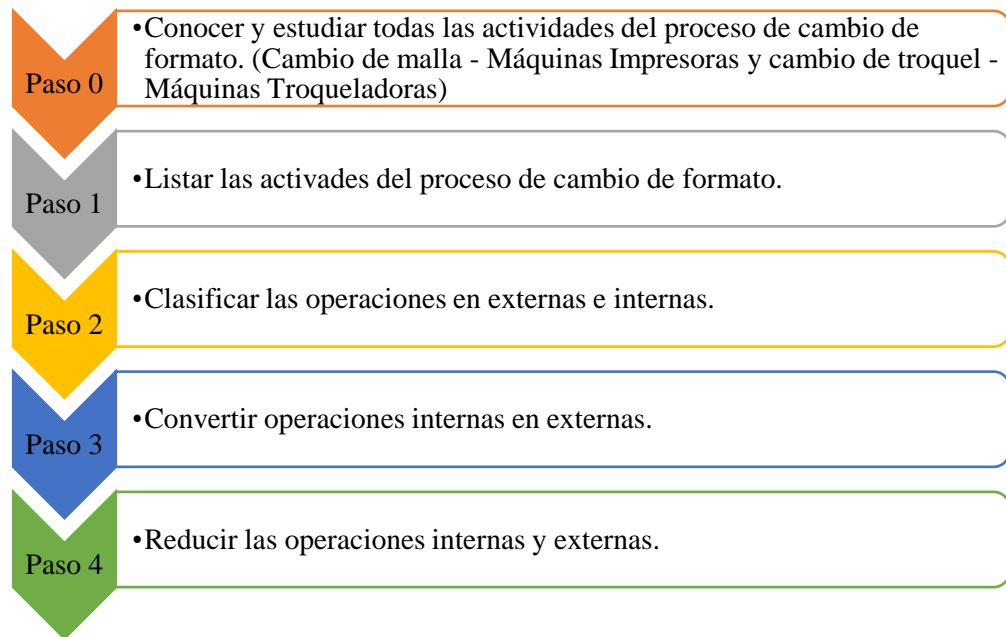


Figura 35: Pasos de la implementación de la metodología SMED

Fuente: Elaboración propia

Paso 0: Conocer y estudiar todas las actividades del proceso de cambio de formato. (Cambio de malla - Máquinas Impresoras). Algunas herramientas y maquinaria se muestran en las figuras 36 y 37:

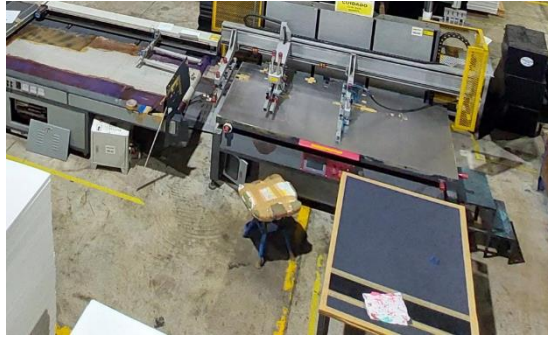


Figura 36: Área de impresión

Fuente: Datos de la empresa

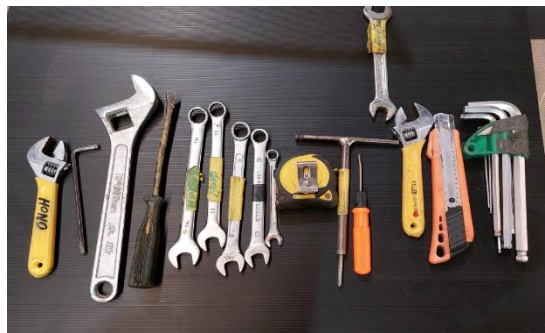


Figura 37: Herramientas área de impresión

Fuente: Datos de la empresa

Paso 1: Listar las actividades del proceso de cambio de formato.

A continuación, se muestra las operaciones del proceso de cambio de malla para el área de Impresión. Se hace hincapié que el responsable de estas actividades lo realiza el encargado de turno (maquinista). Cabe mencionar, que estas actividades, le corresponde realizar de la misma secuencia a todas las impresoras y los tiempos mostrados en la tabla N°25 son obtenidos para una máquina.

Tabla N°25. Actividades de tiempo de malla

N°	Actividades de Cambio de Malla – Máquinas Impresoras	Tiempo (min)
1	Traer malla preparada	0.5
2	Ir por caja de herramientas	8
3	Acercar herramientas	1.5
4	Acercar las tintas a usar	1.5

5	Quitar tinta de la impresora	1.3
6	Quitar jefe	4
7	Aflojar tornillos, tuercas y pernos	2
8	Quitar Malla (Anterior)	1
9	Colocar Malla (Nueva)	1
10	Ajustar tornillos, tuercas y pernos	2
11	Colocar jefe	3
12	Colocar topes	5
13	Colocar tinta en la impresora	0.9
14	Realizar prueba de impresión	1
15	Regular presión del jefe	1
16	Verificación de topes	4

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°25 se obtiene un tiempo de 37.7 min para realizar el cambio de malla. Cabe resaltar que, por día, se cambia una vez de malla por máquina, es decir, en un día, habrá 4 cambios de malla (porque como se mencionó inicialmente, el área de impresión cuenta con 4 impresoras), dando como resultado, en horas semanales =  $37.7 \text{ min} \times 4 \text{ máquinas} \times 6 \text{ días} \times 1\text{h}/60\text{min} = 15.08 \text{ h/semanales}$ .

Para pasar al paso 2, se muestra la figura 38, en el cual nos da una representación gráfica del tiempo que toma realizar todas las operaciones del cambio de formato (sin haber clasificado en operaciones externas e internas). Asimismo, en la figura 39 se representa el proceso en un ciclo:

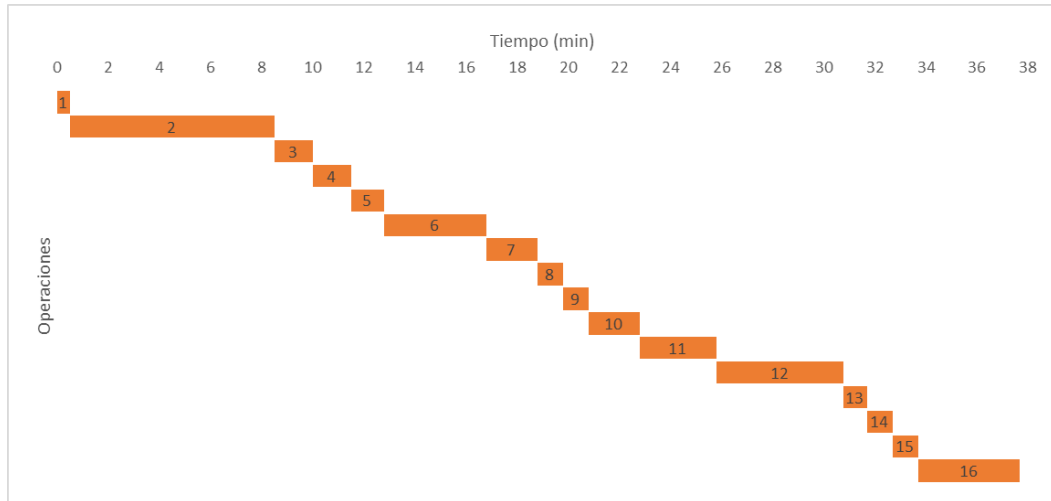


Figura 38: Representación gráfica de tiempo de cambio de formato

Fuente: Elaboración propia

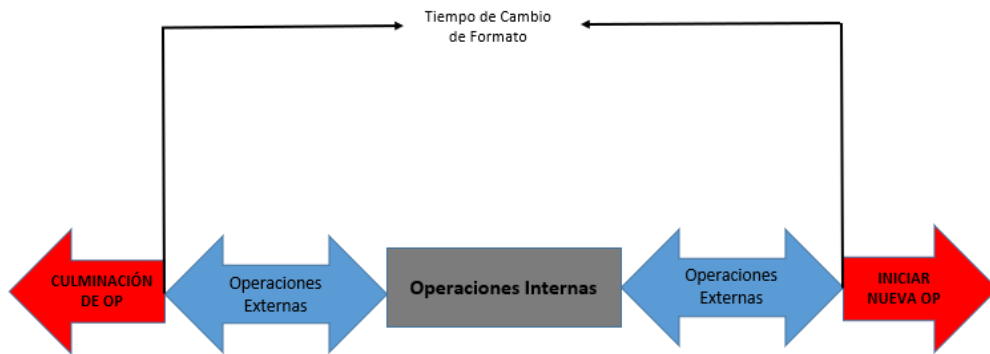


Figura 39: Ciclo de operación de cambio de formato previo

Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Clasificar las operaciones en externas e internas.

Se procede a identificar todas las actividades del proceso de cambio de formato en operaciones internas y externas. Se evidencia que todas las actividades de cambio de formato era operaciones internas, es decir, todas estas operaciones se realizaban cuando la máquina estaba apagada. Esta información se muestra en la tabla N°26:



Tabla N°26. Clasificación de operaciones

N	Actividad	Tiempo (min)	Tipo de Operación
1	Traer malla preparada	0.5	Interna
2	Ir por caja de herramientas	4	Interna
3	Acercar herramientas	1	Interna
4	Acercar las tintas a usar	1	Interna
5	Quitar tinta de la impresora	1.3	Interna
6	Quitar jefe	4	Interna
7	Aflojar tornillos, tuercas y pernos	3	Interna
8	Quitar Malla (Anterior)	1	Interna
9	Colocar Malla (Nueva)	1	Interna
10	Ajustar tornillos, tuercas y pernos	2	Interna
11	Colocar jefe	4	Interna
12	Colocar topes	6	Interna
13	Colocar tinta en la impresora	0.9	Interna
14	Realizar prueba de impresión	2	Interna
15	Regular presión del jefe	2	Interna
16	Verificación de topes	4	Interna

Fuente: Elaboración propia

En la figura 40, se representa gráficamente la clasificación de todas las actividades del cambio de formato, todas estas actividades se realizaban con la máquina parada, es decir, que cuando la máquina ya terminaba su orden de producción, el maquinista recién se ponía a buscar sus herramientas, recién traía la malla preparada como también traía las tintas a usar para esta nueva orden de producción.

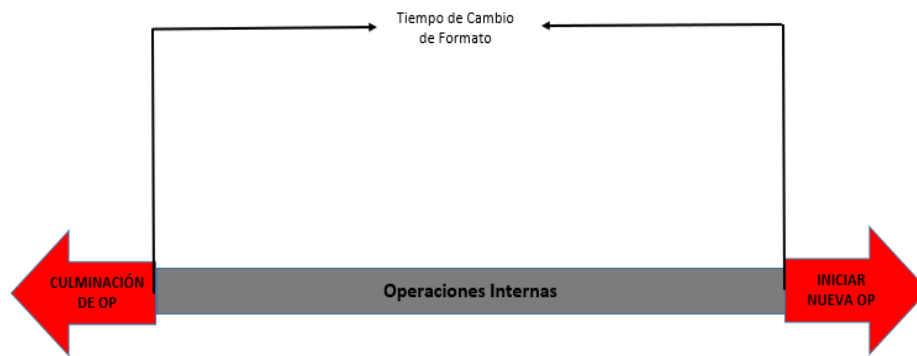


Figura 40: Ciclo de operación cambio de formato clasificado

Fuente: Elaboración propia

### Paso 3: Convertir operaciones internas a externas

En esta etapa se estudió que operaciones internas pueden ser operaciones externas, es decir; que operaciones se pueden trabajar con la máquina en marcha, llegando a la conclusión de que las operaciones 1, 2, 3, y 4 se logran convertir en operaciones externas, lo cual se muestra en la tabla N°27:

Tabla N°27. Conversión de operaciones internas a externas

N	Actividad	Tiempo (min)	Tipo de Operación
1	Traer malla preparada	0.5	<b>Externa</b>
2	Ir por caja de herramientas	4	<b>Externa</b>
3	Acercar herramientas	1	<b>Externa</b>
4	Acercar las tintas a usar	1	<b>Externa</b>
5	Quitar tinta de la impresora	1.3	Interna
6	Quitar jefe	4	Interna
7	Aflojar tornillos, tuercas y pernos	3	Interna
8	Quitar Malla (Anterior)	1	Interna
9	Colocar Malla (Nueva)	1	Interna
10	Ajustar tornillos, tuercas y pernos	2	Interna

11	Colocar jefe	4	Interna
12	Colocar topes	6	Interna
13	Colocar tinta en la impresora	0.9	Interna
14	Realizar prueba de impresión	2	Interna
15	Regular presión del jefe	2	Interna
16	Verificación de topes	4	Interna

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la figura 41 se representa gráficamente lo clasificado en la tabla 27, donde el tiempo de cambio de formato considera solo las operaciones internas, las operaciones externas, se deben de realizar cuando la maquina esté operativa.

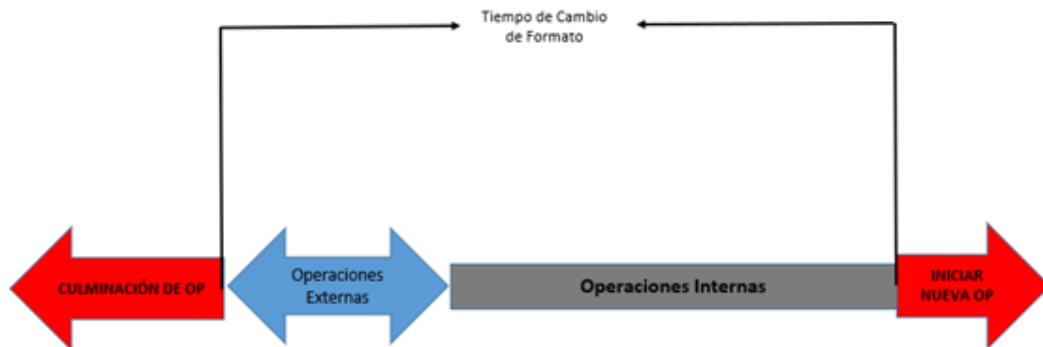


Figura 41: Ciclo de operación reclasificado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 42 se muestra que las operaciones externas no se consideran, solo las operaciones internas, dando un nuevo tiempo de 31.2 min por cambio de malla en la impresora.

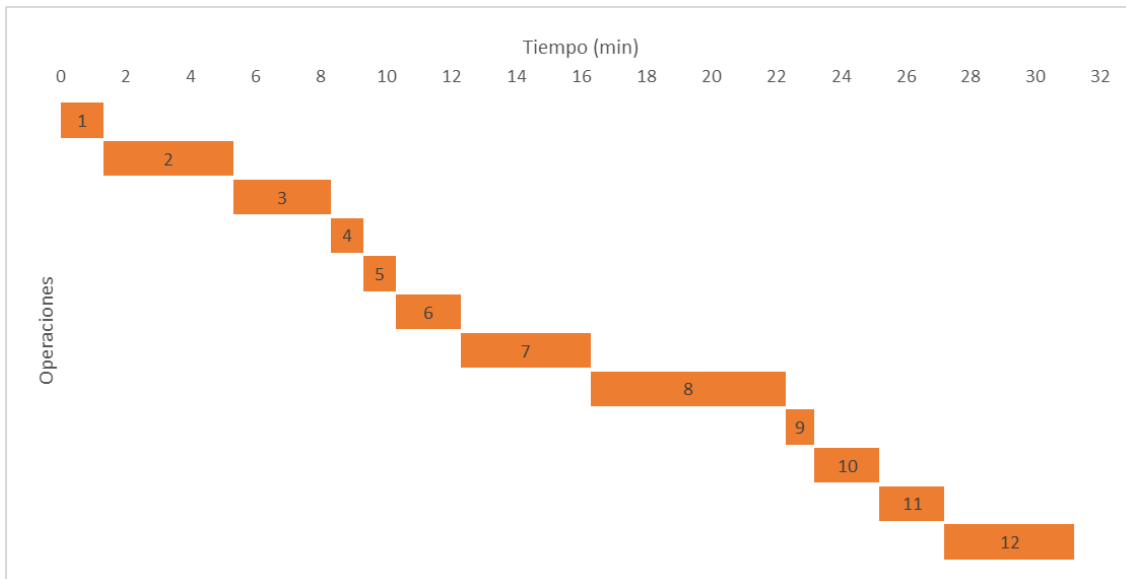


Figura 42: Nueva representación gráfica de tiempo de cambio de formato

Fuente: Elaboración propia

#### Paso 4: Reducir las operaciones internas y externas

Para culminar la aplicación de la metodología SMED, se hace un reajuste de los tiempos de las operaciones externas e internas, pero en esta ocasión, solo se realizará reajuste en las operaciones internas, ya que, las operaciones externas ya no perjudican al tiempo de cambio de formato, el motivo es que, al maquinista, se le indicó que las actividades 1, 2, 3, y 4 lo realice antes de que la impresora, termine de completar una Orden de Producción. Esto también fue posible, debido a que se mejoró el orden en el área de Impresión y la organización de las herramientas como también el de las tintas, todo eso debido al apoyo de la metodología 5's. A continuación, en la figura 43 se muestra gráficamente, por qué las operaciones externas ya no se cuentan en el tiempo de Cambio de Formato.

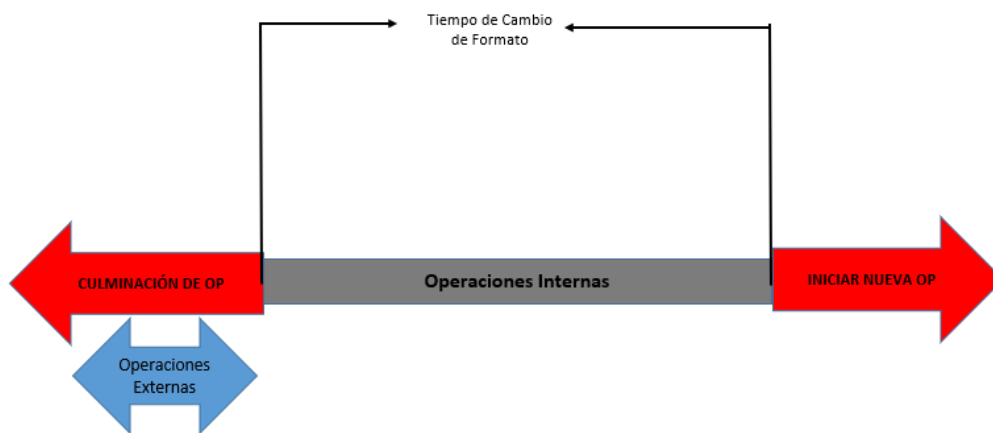


Figura 43: Ciclo de operación mejorado

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°28, se muestra la reducción de una operación interna (actividad 5) en el cambio de formato, indicando su acción de mejora. Se evidencia también en la siguiente tabla, que las operaciones externas ya no forman parte del tiempo de cambio de formato.

Tabla N°28. Reducción de las operaciones internas.

N	Actividad	Tiempo (min)	Tipo de Operación	Acción de mejora	Tiempo Nuevo (min)
1	Traer malla preparada	0	<b>Externa</b>	Se preparó un estante donde colocaron de manera ordenada las herramientas a usar para el área de impresión  Se colocó las tintas en su estante debidamente rotuladas.	0
2	Ir por caja de herramientas	0	<b>Externa</b>		0
3	Acercar herramientas	0	<b>Externa</b>		0
4	Acercar las tintas a usar	0	<b>Externa</b>		0

5	Quitar tinta de la impresora	1	Interna	Se destinó un pequeño depósito para acelerar el quitado de las tintas.	0.3
6	Quitar jefe	4	Interna		
7	Aflojar tornillos, tuercas y pernos	3	Interna		
8	Quitar Malla (Anterior)	1	Interna		
9	Colocar Malla (Nueva)	1	Interna		
10	Ajustar tornillos, tuercas y pernos	2	Interna		
11	Colocar jefe	4	Interna		
12	Colocar topes	6	Interna		
13	Colocar tinta en la impresora	0.9	Interna		
14	Realizar prueba de impresión	2	Interna		
15	Regular presión del jefe	2	Interna		
16	Verificación de topes	4	Interna		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra gráficamente en la figura 44 que el tiempo obtenido al realizar el cambio de formato es de 30.9 minutos. dando como resultado, en horas semanales =  $30.9 \text{ min} \times 4 \text{ máquinas} \times 6 \text{ días} \times 1\text{h}/60\text{min} = 12.36 \text{ h/semanales}$ .

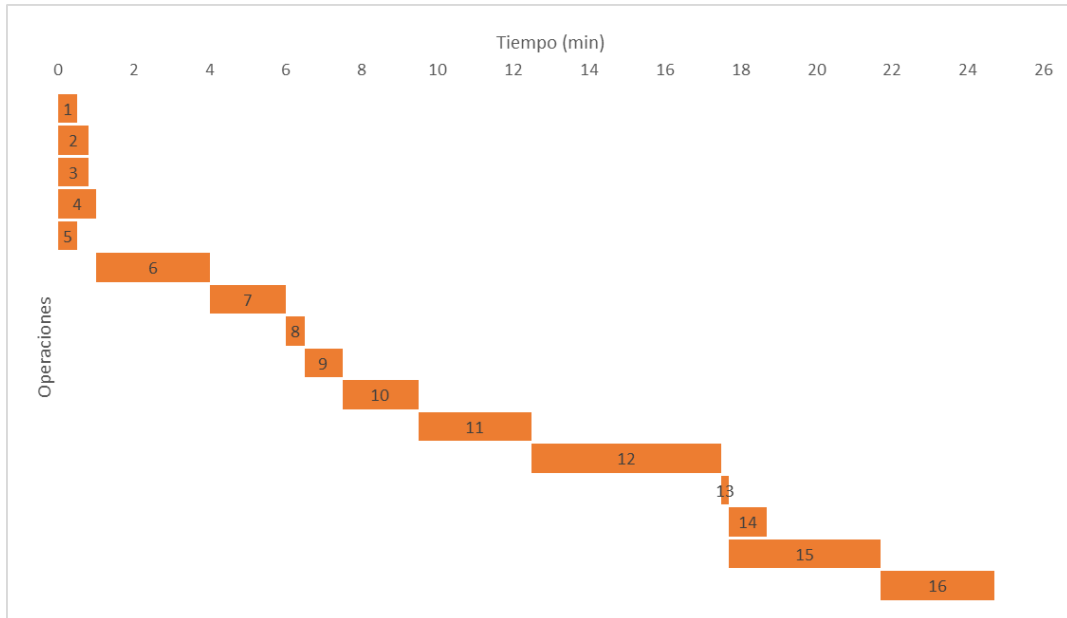


Figura 44: Representación gráfica mejorada del tiempo de cambio de formato

Fuente: Elaboración propia

### Situación Después (Post Test)

Luego de aplicadas las etapas de la metodología SMED, se procedió con el registro y verificación de los tiempos de cambio de formato semanal de las máquinas, obteniéndose de esta manera los siguientes resultados mostrados en la tabla N°29:

Tabla N°29. Tiempo de cambio de formato – Horas semanales

	TIEMPO	VALOR variable dependiente (Tiempo de cambio de formato– Horas semanales)
<b>jun-22</b>	1	12.45
<b>jul-22</b>	2	12.38
	3	12.23

	4	12.29
	5	12.34
<b>ago-22</b>	6	12.36
<b>PROMEDIO</b>		12.3417

Fuente: Elaboración propia

### Resumen de resultados

En la tabla N°30 se pueden evidenciar los resultados finales de la implementación de la metodología propuesta.

Tabla N°30: Resumen de resultados

<b>Hipótesis Específica</b>	<b>Variables Independiente</b>	<b>Variables Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Pre-Test Promedio</b>	<b>Post-Test Promedio</b>	<b>Variación</b>	<b>Diferencia</b>
1	Metodología 5'S	Lead Time de Producción	Lead Time de Producción (Semanal)	6.0831	5.5983	0.4847	Reducción del 7.97%
2	Mantenimiento autónomo	Tiempo de actividad de las máquinas	Sumatoria de tiempos de actividad semanal de las maquinas	71.7463	74.65	2.9037	Aumento del 4.047%
3	SMED	Tiempo de cambio de formato	Sumatoria de tiempos de cambio de formato semanal	15.1344	12.3417	2.7927	Reducción del 18.453%

Fuente: Elaboración propia



## 4.2 Análisis de resultados

### 4.2.1 Generalidades

Luego de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing y la recopilación de la información de los análisis pre - test y post – test de cada hipótesis específica planteada, se procede a presentar los planteamientos y resultados de las pruebas de normalidad y de las pruebas de hipótesis. A través de estas herramientas de la estadística inferencial se podrá verificar y contrastar las muestras para validar o rechazar los alcances pretendidos por la presente investigación.

Como herramienta de estadística digital se utilizó el software IBM SPSS Statistics, versión 25.

#### a) Pruebas de normalidad

Para la realización de las pruebas de normalidad se asumen las siguientes hipótesis:

H0 ► Hipótesis Nula – Los datos de la muestra SI siguen una distribución normal

H1 ► Hipótesis Alterna – Los datos de la muestra NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 5.00%

#### Criterio de selección

- Si el nivel de significancia (Sig.) da como resultado un valor mayor a 5.00%, es decir, Sig. > 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>). Por consiguiente, los valores de la muestra SI siguen una distribución normal.
- Si el nivel de significancia (Sig.) da como resultado un valor menor o igual a 5.00%, es decir, Sig. =< 0.05 entonces se acepta la hipótesis alterna (H<sub>1</sub>). Por consiguiente, los valores de la muestra NO siguen una distribución normal.

El software analiza la información en función a dos pruebas

- ✓ Prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov: prueba de normalidad de aplicación si el tamaño de la muestra es superior a 30 (n>30)

- ✓ Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk: prueba de normalidad de aplicación si el tamaño de la muestra es menor o igual a 30 ( $n \leq 30$ )

El resumen de la secuencia para evaluar la normalidad de la data se puede observar en la figura 45:

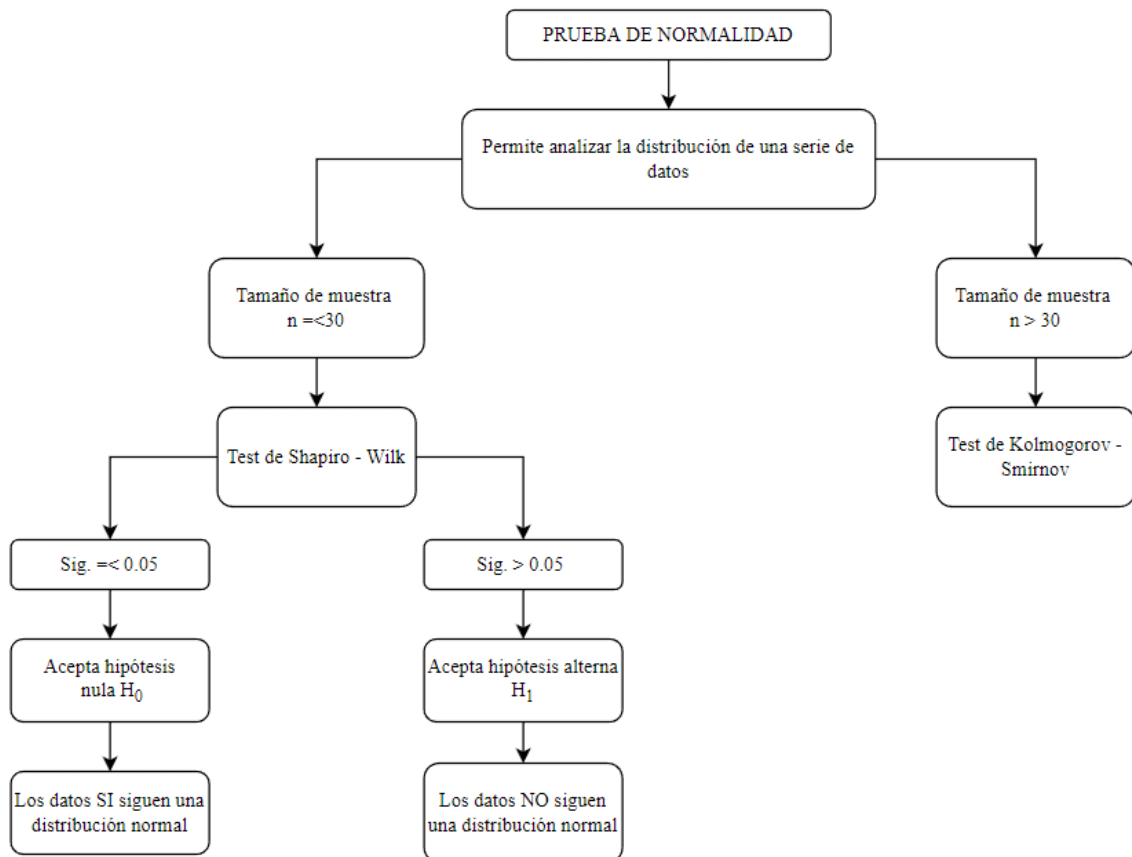


Figura 45: Secuencia prueba de normalidad

Fuente: Elaboración propia

#### b) Contrastación de hipótesis

Para las pruebas de contrastación de hipótesis se asume el siguiente criterio:

H0 ► Hipótesis Nula – NO se evidencia diferencia desde el punto de vista estadístico entre las muestras Pre – Test y Post - Test

H1 ► Hipótesis Alterna – SI se evidencia diferencia desde el punto de vista estadístico entre las muestras Pre – Test y Post - Test

Nivel de significancia: Sig. = 5.00%

### Criterio de selección

- Si se obtiene un nivel de significancia con un valor superior al 5.00%, es decir, Sig. > 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula (H0). Por consiguiente, NO se aplica la variable independiente (variable teórica).
- Si se obtiene un nivel de significancia con un valor menor o igual al 5.00%, es decir, Sig.  $\leq$  0.05 entonces se acepta la hipótesis alterna (H1). Por consiguiente, SI se aplica la variable independiente (variable teórica).

El estudio de la contrastación de hipótesis se basa en lo siguiente:

- Tipo de distribución de las muestras: se determina la distribución de las muestras (analizar si las muestras siguen o no siguen una distribución normal)
- Relación de las muestras: se determina la categoría de relación de las muestras (muestras relacionadas o muestras independientes)

Las pruebas aplicables para la contrastación de hipótesis son las siguientes:

- T de Student: aplicable en tanto se analizan datos Pre – Test y Post – Test donde ambos siguen una distribución normal.
- U de Mann Whitney: aplicable en tanto se analicen datos Pre – Test y Post – Test que no siguen una distribución normal (uno o ambos)

El resumen de la secuencia para la contratación de hipótesis se puede observar en la figura 46:

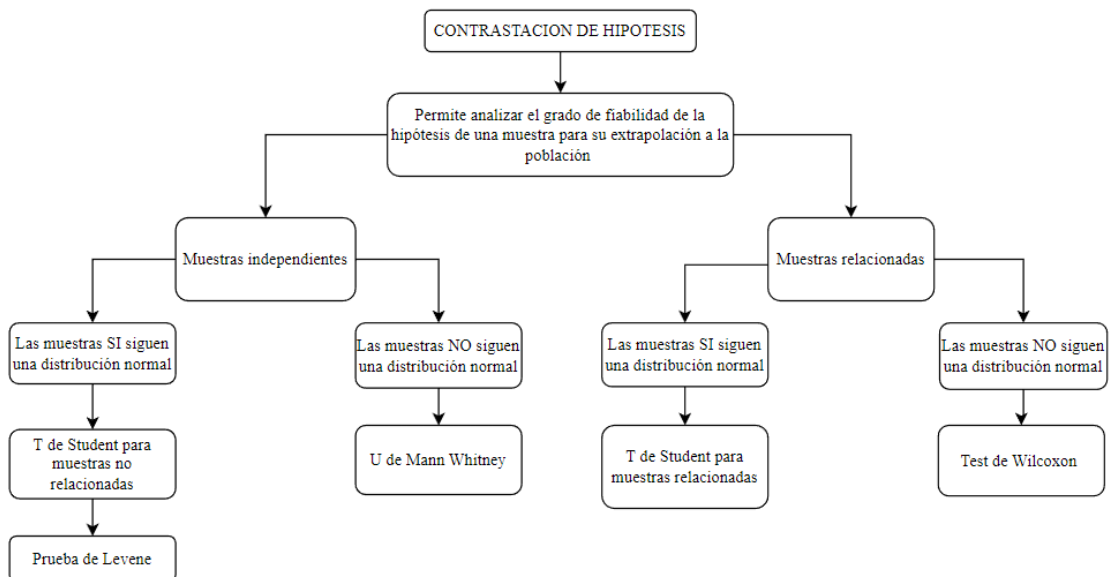


Figura 46: Secuencia contrastación de hipótesis

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Análisis estadístico sobre cada variable dependiente

##### a) Primera hipótesis específica

La primera hipótesis específica plantea lo siguiente: si se implementa la metodología 5'S entonces se reducirá el Lead Time de producción de la línea de Cartónplast. Para el análisis estadístico se realizaron las pruebas de normalidad y contrastación de hipótesis respectivos según el siguiente detalle:

##### Identificación de la relación de muestras pre y post-test

Para la primera hipótesis específica, se identificó que las muestras pre y post-test son independientes o no relacionadas, en tanto que durante la recopilación de las muestras se consideraron detalles externos tales como el tipo de maquinaria empleado en la producción, el cual no fue estrictamente el mismo para la producción antes y después de la aplicación de la metodología ya que algunos equipos se encontraban inoperativos por largos periodos de tiempo, así como el personal involucrado en la manufactura, los cuales no se mantuvieron durante la ejecución de la investigación debido a los altos índices de rotación de personal.

##### Prueba de normalidad

La prueba de normalidad para los datos Pre – Test y Post – Test de la variable independiente siguió el siguiente procedimiento:

- Recopilación y ordenamiento de información: Se procedió con el ordenamiento de la información previamente mostrada en el punto 4.1 Presentación de resultados en el software IBM SPSS Statistics según lo mostrado en la figura 47:

	DatosPreTesty PostTest	LeadTime de ProducciónDías
1	1	5,89
2	1	5,98
3	1	6,25
4	1	6,10
5	1	6,05
6	1	6,12
7	1	6,18
8	1	5,99
9	1	6,18
10	1	6,15
11	1	6,16
12	1	6,01
13	1	5,99
14	1	5,91
15	1	6,20
16	1	6,17
17	2	5,71
18	2	5,63
19	2	5,51
20	2	5,55
21	2	5,60
22	2	5,59

Figura 47: Datos Pre-Test y Post-Test Lead Time de Producción

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

En la figura 47 para una mejor identificación se etiquetaron los datos de acuerdo a la siguiente leyenda:

Datos Pre – Test con la etiqueta “1”

Datos Post – Test con la etiqueta “2”

- Exploración de información

Mediante la herramienta de análisis estadístico de exploración del software se obtuvo la información respecto a las pruebas de normalidad de las variables dependientes Pre – Test y Post – Test de acuerdo a lo mostrado en la figura 48:

Pruebas de normalidad							
Datos Pre - Test y Post-Test		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Lead Time de Producción (Días)	Pre - Test	,166	16	,200*	,936	16	,301
	Post - Test	,157	6	,200*	,975	6	,922

Figura 48: Prueba de normalidad Lead Time de Producción

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

En la figura 48 se señala el estadístico utilizado como referencia para el análisis ya que como se detalló en la sección anterior el tamaño de las muestras no supera el valor de 30 ( $n < 30$ ). Asimismo, la figura 48 muestra el nivel de significancia para los datos Pre – Test y Post – Test.

- ✓ Pre – Test ► Sig. = 0.301 > 0.05
- ✓ Post – Test ► Sig. = 0.922 > 0.05

Por consiguiente, de acuerdo a lo planteado como hipótesis nula y alterna en la sección anterior se concluye lo mostrado en la tabla N°31:

Tabla N°31. Resumen prueba de normalidad Lead Time de Producción

Muestra	Significancia	Hipótesis	Tipo de distribución
Datos Pre – Test	0.301 > 0.05	Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )	Normal
Datos Post - Test	0.922 > 0.05	Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )	Normal

Fuente: Elaboración propia

### Contrastación de hipótesis

La prueba de contrastación de hipótesis para los datos Pre – Test y Post – Test de la variable independiente siguió el siguiente procedimiento:

- Selección del tipo de análisis inferencial

De acuerdo a lo mencionado para el análisis inferencial, se identificó el tipo de distribución de las muestras:

- ✓ Muestra Pre – Test: distribución normal
- ✓ Muestra Post – Test: distribución normal

Por tanto, el método de análisis inferencial a utilizar para la contrastación de la primera hipótesis será: T de Student para muestras independientes

- Comparación de medias

Mediante la herramienta de análisis estadístico de comparación de medias a través de las pruebas T para muestras independientes que provee el programa IBM SPSS Statistics, se obtuvieron los resultados como se muestran en la figura 49:

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Lead Time de Producción (Días)	Se asumen varianzas iguales	4,165	,055	9,997	20	,000	,48479	,04849	,38364	,58595
	No se asumen varianzas iguales			12,330	14,680	,000	,48479	,03932	,40083	,56875

Figura 49: Prueba T de Student Lead Time de Producción

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

- Prueba de Levene

El software determina la significancia, sin embargo, es importante la aplicación de la prueba de Levene para determinar si se asumen varianzas iguales o no para la comparativa estadística. En tal sentido, se observa la significancia de la prueba de Levene. En caso la significancia sea mayor al 5%, se asumen varianzas iguales, de lo contrario, si es menor al 5%, no se asumen varianzas iguales. Para la primera hipótesis en análisis se determina entonces la significancia según la prueba de Levene de acuerdo a lo mostrado en la figura 50:

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Lead Time de Producción (Días)	Se asumen varianzas iguales	4,165	,055	9,997	20	,000	,48479	,04849	,38364	,58595
	No se asumen varianzas iguales			12,330	14,680	,000	,48479	,03932	,40083	,56875

Figura 50: Prueba de Levene Lead Time de Producción

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

Por consiguiente, se tienen los siguientes resultados, resumidos en la tabla N°32 para la aplicación de la primera hipótesis:

Tabla N°32. Resumen contrastación de hipótesis Lead Time de Producción

Significancia Prueba de Levene	Condición de Levene	Significancia prueba T de Student	Hipótesis	Condición final
0.055 > 0.05	Se asumen varianzas iguales	0.000 < 0.05	Se acepta la hipótesis alterna (H <sub>1</sub> )	Se aplica la variable independiente

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°32 se puede concluir que la variable independiente, la aplicación de la metodología 5's SI tuvo efecto en su aplicación en la investigación. Para reforzar el estudio, también se muestran algunos estadísticos descriptivos que brindan mayor información al respecto de acuerdo a lo mostrado en la figura 51:

		<b>Descriptivos</b>	
		Datos Pre - Test y Post - Test	Estadístico
Lead Time de Producción (Días)	Pre - Test	Media	6,0831
		Mediana	6,1100
		Varianza	,012
		Desv. Desviación	,11001
		Mínimo	5,89
		Máximo	6,25
		Rango	,36
	Post - Test	Media	5,5983
		Mediana	5,5950
		Varianza	,005
		Desv. Desviación	,06882
		Mínimo	5,51
		Máximo	5,71
		Rango	,20

Figura 51: Estadísticos descriptivos Lead Time de Producción

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

De acuerdo a la figura 51 la muestra Pre – Test obtenida previo a la implementación de la metodología 5's tenía una media de 6.0831 días, mientras que las muestras Post – Test presentan una media de 5.5983, es decir, una disminución del 7.97% respecto a la muestra inicial. En términos de días se pudo



reducir el Lead Time de Producción en  $6.0831 - 5.5983 = 0.4848$  días en promedio, lo que es igual a  $0.4848 \times 24 = 11.64$  horas a la semana. Una mejora sustancial que permitiría una mejor satisfacción del cliente en la entrega de sus pedidos semanales que a su vez se traduce en mejores índices de productividad.

b) Segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis específica plantea lo siguiente: si se implementa un mantenimiento autónomo entonces se incrementará el tiempo de actividad de las máquinas de la línea de Cartónplast. Para el análisis estadístico se realizaron las pruebas de normalidad y contrastación de hipótesis respectivos según el siguiente detalle:

Identificación de la relación de muestras pre y post-test

Para la segunda hipótesis específica, se identificó que las muestras pre-test y post-test son independientes o no relacionadas, en tanto que durante la recopilación de las muestras no se consideraron las mismas máquinas impresoras en el antes y después a consecuencia de programaciones de actividad diferentes durante la situación post-test, en consecuencia, no se analizaron los mismos equipos durante la investigación.

Prueba de normalidad

La prueba de normalidad para los datos Pre – Test y Post – Test de la variable independiente siguió el siguiente procedimiento:

- Recopilación y ordenamiento de información

Se procedió con el ordenamiento de la información previamente mostrada en el punto 4.1 Presentación de Resultados en el software IBM SPSS Statistics según lo mostrado en la figura 52.

	DatosPreTesty PostTest	Tiempodeactividad
1	1	71,25
2	1	71,58
3	1	71,89
4	1	71,85
5	1	72,01
6	1	72,15
7	1	71,00
8	1	71,91
9	1	71,45
10	1	71,95
11	1	71,79
12	1	71,98
13	1	72,01
14	1	71,60
15	1	71,69
16	1	71,83
17	2	74,42
18	2	74,69
19	2	74,75
20	2	74,68
21	2	74,65
22	2	74,71

Figura 52: Datos Pre-Test y Post-Test tiempo de actividad de las máquinas

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

En la figura 52 para una mejor identificación, se etiquetaron los datos de acuerdo a la siguiente leyenda:

Datos Pre – Test con la etiqueta “1”

Datos Post – Test con la etiqueta “2”

- Exploración de información

Mediante la herramienta de análisis estadístico de exploración del software se obtuvo la información respecto a las pruebas de normalidad de las variables dependientes Pre – Test y Post – Test de acuerdo a lo mostrado en la figura 53:

Pruebas de normalidad							
Datos Pre - Test y Post-Test		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de actividad	Pre Test	,182	16	,164	,905	16	,098
	Post Test	,333	6	,036	,766	6	,028

Figura 53: Prueba de normalidad tiempo de actividad de las máquinas

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

En la figura 53 se señala el estadístico utilizado como referencia para el análisis ya que como se detalló en la sección anterior el tamaño de las muestras no supera el valor de 30 ( $n < 30$ ). Asimismo, la figura 53 muestra el nivel de significancia para los datos Pre – Test y Post – Test

- ✓ Pre – Test ► Sig. = 0.098 > 0.05
- ✓ Post – Test ► Sig. = 0.028 < 0.05

Por consiguiente, de acuerdo a lo planteado como hipótesis nula y alterna en la sección anterior se concluye lo mostrado en la tabla N°33:

Tabla N°33. Resumen prueba de normalidad tiempo de actividad de las máquinas

Muestra	Significancia	Hipótesis	Tipo de distribución
Datos Pre – Test	0.098 > 0.05	Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )	Normal
Datos Post - Test	0.028 < 0.05	Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ )	No Normal

Fuente: Elaboración propia

### Contrastación de hipótesis

La prueba de contrastación de hipótesis para los datos Pre – Test y Post – Test de la variable independiente siguió el siguiente procedimiento:

- Selección del tipo de análisis inferencial

De acuerdo a lo mencionado para el análisis inferencial, se identificó el tipo de distribución de las muestras:

- ✓ Muestra Pre – Test: distribución normal
- ✓ Muestra Post – Test: distribución no normal

Por tanto, el método de análisis inferencial a utilizar para la contratación de la segunda hipótesis será: U de Mann Whitney.

- Comparación de medianas

Mediante la herramienta de análisis estadístico de comparación de medianas a través de la prueba U de Mann Whitney para muestras independientes que provee el programa IBM SPSS Statistics, se obtuvieron los resultados como se muestran en la figura 54:

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Tiempo de actividad es la misma entre las categorías de Datos Pre - Test y Post - Test.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 <sup>1</sup>	Rechazar la hipótesis nula.

Figura 54: Prueba U de Mann Whitney tiempo de actividad de las máquinas

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

De acuerdo a la figura 54, respecto al análisis de la data, el software identifica mediante la prueba U de Mann Whitney el nivel de significancia para esta segunda hipótesis. Se obtuvo para la presente investigación que se debe rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ). De acuerdo a lo establecido en la parte inicial, la hipótesis nula deriva en no aplicar la variable independiente. Por consiguiente, el análisis inferencial nos señala que si se debe aplicar la variable independiente.

Por consiguiente, se tienen los siguientes resultados, resumidos en la tabla 34 para la aplicación de la segunda hipótesis:

Tabla N°34: Resumen contrastación de hipótesis tiempo de actividad

Significancia U de Mann Whitney	Hipótesis	Condición final
0.000 < 0.05	Se acepta la hipótesis alterna (H <sub>1</sub> )	Se aplica la variable independiente

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°34 se puede concluir que la variable independiente, la aplicación de un mantenimiento autónomo SI tuvo efecto en su aplicación en la investigación. Para reforzar el estudio, también se muestran algunos estadísticos descriptivos que brindan mayor información al respecto de acuerdo a lo mostrado en la figura 55:

<b>Descriptivos</b>			
	Datos Pre - Test y Post - Test		Estadístico
Tiempo de actividad (Horas)	Pre Test	Media	71,7463
		Mediana	71,8400
		Varianza	,094
		Desv. Desviación	,30644
		Mínimo	71,00
		Máximo	72,15
		Rango	1,15
	Post Test	Media	74,6500
		Mediana	74,6850
		Varianza	,014
		Desv. Desviación	,11747
		Mínimo	74,42
		Máximo	74,75
		Rango	,33

Figura 55: Estadísticos descriptivos tiempo de actividad de las máquinas  
Fuente: Software IBM SPSS Statistics

De acuerdo a la figura 55 la muestra Pre – Test obtenida previo a la implementación del mantenimiento autónomo tenía una media de 71.7463 horas como tiempo de actividad semanal de las maquinas, mientras que las muestras Post – Test presentan una media de 74.65 horas semanales, es decir, hubo un aumento del 4.047% respecto a la muestra inicial. En términos de horas semanales se pudo incrementar el tiempo de actividad de las maquinas en  $74.65 - 71.7463 = 2.9037$  horas en promedio. Una mejora sustancial que permitiría un aumento de la productividad de planta al tener en funcionamiento las maquinas por mayor tiempo.

c) Tercera hipótesis específica

La tercera hipótesis específica plantea lo siguiente: si se implementa la metodología SMED entonces se reducirá el cambio de formato de mallas y troqueles de la línea de Cartónplast. Para el análisis estadístico se realizaron las pruebas de normalidad y contrastación de hipótesis respectivos según el siguiente detalle:

Identificación de la relación de muestras pre-test y post-test

Para la tercera hipótesis específica, se identificó que las muestras pre-test y post-test son independientes o no relacionadas, en tanto que durante la recopilación de las muestras se consideraron detalles tales como la mano de obra en las impresoras a estudiar, el cual variaba a lo largo de las semanas. Asimismo, como se concibió en un inicio la alta tasa de rotación de personal no permitió relacionar directamente las muestras pre y post test debido a factores como la eficiencia o la especialización en la automatización de los movimientos durante los cambios de formato.

Pruebas de normalidad

La prueba de normalidad para los datos pre – test y post – test de la variable independiente siguió el siguiente procedimiento:

- Recopilación y ordenamiento de información

Se procedió con el ordenamiento de la información previamente mostrada en el punto 4.1 Presentación de resultados en el software IBM SPSS Statistics según lo mostrado en la figura 56:

	DatosPreTesty PostTest	Tiempodecambio deformato
1	1	14,98
2	1	15,15
3	1	15,08
4	1	15,09
5	1	15,21
6	1	15,07
7	1	15,25
8	1	15,32
9	1	15,39
10	1	15,11
11	1	14,98
12	1	15,05
13	1	14,99
14	1	15,12
15	1	15,22
16	1	15,14
17	2	12,45
18	2	12,38
19	2	12,23
20	2	12,29
21	2	12,34
22	2	12,36

Figura 56: Datos Pre-Test y Post-Test tiempo de cambio de formato

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

En la figura 56 para una mejor identificación, se etiquetaron los datos de acuerdo a la siguiente leyenda:

Datos Pre – Test con la etiqueta “1”

Datos Post – Test con la etiqueta “2”

- Exploración de información

Mediante la herramienta de análisis estadístico de exploración del software se obtuvo la información respecto a las pruebas de normalidad de las variables dependientes Pre – Test y Post – Test de acuerdo a lo mostrado en la figura 57.

Datos Pre - Test y Post-Test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de cambio de formato (Horas)						
Pre-Test	,135	16	,200	,947	16	,448
Post-Test	,158	6	,200	,990	6	,988

Figura 57: Prueba de normalidad tiempo de cambio de formato

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

En la figura 57 se señala el estadístico utilizado como referencia para el análisis ya que como se detalló en la sección anterior el tamaño de las muestras no supera el valor de 30 ( $n < 30$ ). Asimismo, la figura ... muestra el nivel de significancia para los datos Pre – Test y Post – Test.

- ✓ Pre – Test ► Sig. = 0.448 > 0.05
- ✓ Post – Test ► Sig. = 0.988 > 0.05

Por consiguiente, de acuerdo a lo planteado como hipótesis nula y alterna en la sección anterior se concluye lo mostrado en la tabla N°35:

Tabla N°35. Resumen prueba de normalidad tiempo de cambio de formato

Muestra	Significancia	Hipótesis	Tipo de distribución
Datos Pre – Test	0.448 > 0.05	Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )	Normal
Datos Post - Test	0.988 > 0.05	Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )	Normal

Fuente: Elaboración propia

### Contrastación de hipótesis

La prueba de contrastación de hipótesis para los datos Pre – Test y Post – Test de la variable independiente siguió el siguiente procedimiento:



- Selección del tipo de análisis inferencial

De acuerdo a lo mencionado para el análisis inferencial, se identificó el tipo de distribución de las muestras:

- ✓ Muestra Pre – Test: distribución normal
- ✓ Muestra Post – Test: distribución normal

Por tanto, el método de análisis inferencial a utilizar para la contrastación de la primera hipótesis será: T de Student para muestras independientes.

- Comparación de medias

Mediante la herramienta de análisis estadístico de comparación de medias a través de las pruebas T para muestras independientes que provee el programa IBM SPSS Statistics, se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 58:

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Tiempo de cambio de formato (Horas)	Se asumen varianzas iguales	1,423	,247	53,180	20	,000	2,79271	,05251	2,68317	2,90225
	No se asumen varianzas iguales			65,116	14,407	,000	2,79271	,04289	2,70097	2,88445

Figura 58: Prueba T de Student tiempo de cambio de formato

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

- Prueba de Levene

El software determina la significancia, sin embargo, es importante la aplicación de la prueba de Levene para determinar si se asumen varianzas iguales o no para la comparativa estadística. En tal sentido, se observa la significancia de la prueba de Levene. En caso la significancia sea mayor al 5%, se asumen varianzas iguales, de lo contrario, si es menor al 5%, no se asumen varianzas iguales. Para la tercera hipótesis en análisis se determina entonces la significancia según la prueba de Levene de acuerdo a lo mostrado en la figura 59:

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Tiempo de cambio de formato (Horas)	Se asumen varianzas iguales	1,423	,247	53,180	20	,000	2,79271	,05251	2,68317	2,90225
	No se asumen varianzas iguales			65,116	14,407	,000	2,79271	,04289	2,70097	2,88445

Figura 59. Prueba de Levene tiempo de cambio de formato

Fuente: Software IBM SPSS Statistics

Por consiguiente, se tienen los siguientes resultados, resumidos en la tabla N°36 para la aplicación de la primera hipótesis:

Tabla N°36. Resumen contrastación de hipótesis tiempo de cambio de formato

Significancia Prueba de Levene	Condición de Levene	Significancia prueba T de Student	Hipótesis	Condición final
0.247 > 0.05	Se asumen varianzas iguales	0.000 < 0.05	Se acepta la hipótesis alterna (H <sub>1</sub> )	Se aplica la variable independiente

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°36 se puede concluir que la variable independiente, la aplicación de la metodología SMED SI tuvo efecto en su aplicación en la investigación. Para reforzar el estudio, también se muestran algunos estadísticos descriptivos que brindan mayor información al respecto de acuerdo a lo mostrado en la figura 60:

<b>Descriptivos</b>			
	Datos Pre - Test y Post - Test	Estadístico	
Tiempo de cambio de formato (Horas)	Pre-Test	Media	15,1344
		Mediana	15,1150
		Varianza	,014
		Desv. Desviación	,11888
		Mínimo	14,98
		Máximo	15,39
		Rango	,41
	Post-Test	Media	12,3417
		Mediana	12,3500
		Varianza	,006
		Desv. Desviación	,07574
		Mínimo	12,23
		Máximo	12,45
		Rango	,22

Figura 60: Estadísticos descriptivos tiempo de cambio de formato

De acuerdo a la figura 60 la muestra Pre – Test obtenida previo a la implementación de la metodología SMED tenía una media de 15.1344 horas semanales para el cambio de formato de mallas y troqueles, mientras que las muestras Post – Test presentan una media de 12.3417, es decir, una disminución del 18.453% respecto a la muestra inicial. En términos de horas se pudo reducir el tiempo de cambio de formato en  $15.1344 - 12.3417 = 2.7927$  horas semanales en promedio. Una mejora sustancial que permitiría un mayor flujo de producción en la cadena productiva para el incremento de la productividad de planta.

## CONCLUSIONES

1. La aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing a través de la metodología 5's ha conllevado a la mejora significativa del Lead Time de producción a nivel de la línea de Cartónplast de 6.0831 a 5.595 días a la semana en promedio, lo cual equivale a una diferencia de 0.4847 días, en porcentaje, una mejora de 7.97%. Esto se debe a la aplicación de los 3 pilares iniciales de esta metodología: seleccionar, ordenar y limpiar con proyección a la aplicación de las 2 subsiguientes: estandarizar y disciplinar en áreas críticas de la cadena de producción. Al aplicar herramientas de bajo presupuesto y fácil diseño como la aplicación de tarjetas rojas para la selección, delimitación de espacios y delegación de responsabilidades se pudo realizar una mejora significativa en los tiempos de entrega al cliente que demuestren el compromiso y garanticen su fidelización en el tiempo.
2. La aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing a través de la aplicación de un programa de mantenimiento autónomo resultó en la mejora significativa del tiempo de actividad o tiempo operativo de la maquinaria empleada para la producción de 71.7463 a 74.65 horas a la semana, lo cual equivale a una diferencia de 2.9037, en porcentaje, una mejora del 4.047%. Esto se debe a la gestión del capital humano para orientar a los operarios a realizar mantenimientos regulares que no requieren especialización concreta y pueden ser llevados a cabo sin herramientas sofisticadas o programas complejos. La regularización de *checklist* y manuales gráficos permitieron a los operarios facilidad en el aprendizaje de verificación visual y oportuna a fin de evitar desperfectos que paralicen el proceso o conlleven a productos defectuosos.
3. La aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing a través de la aplicación de la metodología SMED permitió una mejora significativa en la reducción de los tiempos de cambio de formato semanales de 15.1344 a 12.3417 horas semanales, lo que se traduce en una diferencia de 2.7927, en porcentaje, una mejora del 18.453%. Esto se debe a la reducción de movimientos y operaciones durante la producción que retrasaban los cambios

de formato de mallas y troqueles para la producción de diferentes lotes. Al realizar la conversión de actividades internas en externas se pudieron analizar a mayor detalle las tareas de una actividad, lo que permitirá una mejor gestión del tiempo global.

4. Finalmente, al analizar de manera global el Lean Manufacturing como herramienta de la ingeniería industrial para el incremento de la productividad en el presente estudio podemos constatar que su gestión efectiva se traduce en la optimización de los recursos requeridos. Para la presente investigación, se observó que su aplicación a través de 3 metodologías: 5's, mantenimiento autónomo y SMED permitieron adaptar el recurso tiempo en función a lo requerido por la empresa. Asimismo, es importante mencionar que durante la implementación de Lean Manufacturing se tuvo la colaboración de otras áreas, por ejemplo, el área de Recursos humanos, que se involucró en la gestión de personal para las labores de orden y limpieza. El área de Mantenimiento, se involucró capacitando a los operarios a través de exposiciones, brindando manuales de operación de los equipos y a su vez se comprometieron con la gestión de reuniones con los fabricantes de la maquinaria para brindar mayores detalles de mantenimiento a las máquinas impresoras.

## RECOMENDACIONES

1. A fin de continuar con la reducción del Lead Time de Producción en la línea de Cartónplast se recomienda continuar con la aplicación de los procesos de estandarización y disciplina con el objetivo de afianzar los cronogramas establecidos, señalizaciones de lugares de trabajo, delimitaciones de espacio y organización de los materiales.
2. Para poder mejorar el resultado mostrado por la aplicación del mantenimiento autónomo para el incremento del tiempo de actividad de las máquinas se recomienda retomar el diálogo con los fabricantes a fin de que se pueda realizar una visita a la planta para ampliar el conocimiento respecto al mantenimiento de las mismas, así como identificar otros detalles que puedan ocasionar desperfectos imprevistos no identificados durante el estudio.
3. En línea con la reducción de los tiempos de cambio de formato a través de la aplicación de la metodología SMED, se recomienda complementar el estudio con la aplicación de herramientas de la ingeniería de métodos, tales como el estudio de tiempos y movimientos o la aplicación de diagramas hombre – máquina para identificar otros elementos de mejora.
4. Se recomienda la constante capacitación a los jefes de producción, para que puedan inculcar a sus trabajadores (operarios) la importancia de la metodología Lean Manufacturing y de esa manera, todos tener el mismo compromiso.

## REFERENCIAS

- Arango, M., Campuzano, L., & Zapata, J. (2015). *Mejoramiento de procesos de manufactura*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 1-14
- Acevedo Borrego, A. O., & Cachay Boza, O. (2010). *Gestión de Operaciones y Cadena de Suministros*. Lima: UNMSM.
- Aranzamendi, L. (2005). *Diseño y Proceso de la Investigación Jurídica*. Arequipa. Editorial Adrus
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Serie integral por competencias (3a. ed) México. Grupo Editorial Patria
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. (Tercera Ed.). (Pearson Educación) Colombia. ISBN: 978 - 958 - 699 - 128 – 5
- Bocanegra Alfaro, M. & Calvo Vega, L. (2016). *Implementación de herramientas de Mantenimiento autónomo para incrementar Eficiencia y eliminar pérdidas en la planta de producción Mondelez*. Recuperado el 04 de 2022, de [http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10866/T055\\_18903545\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10866/T055_18903545_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Calero, J. (1999). *Sobre gestión del conocimiento, un intangible clave en la globalización*. Economía Industrial, 330.
- Calua, A. & Jara, M. (2018). *Propuesta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejora de la productividad de una empresa metalmecánica* (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.
- Carro, Roberto y González Gómez, Daniel A. (2012). *Productividad y competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata.

- Chase, R., Jacobs, R., & Aquiliano, N. (2009). *Administración de Operaciones y Producción*. Mexico: MCGRAW-HILL.
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento Humano*. México, D.F.: McGraw Hill.
- Cómo aplicar el Lean Manufacturing en las PYMES. (2017). Conexión ESAN. Recuperado 28 de mayo de 2022, de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-aplicar-el-lean-manufacturing-en-las-pymes>
- Comunidad de Madrid (2016). *Guías Técnicas de Servicios Sociales*. Madrid, España.
- Galvez, M. (2018). *Mejora de la productividad en la unidad de desarrollo de producto en una empresa de confecciones mediante herramientas de Lean Manufacturing* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- García, A., (s.f.). *Mantenimiento Autónomo*. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. Teziutlán. México. Recuperado de <https://xdoc.mx/preview/mantenimiento-autonomo-mc-alejandra-garcia-5f3450d31697c>
- Hernández J & Vizán A. (2013) *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. Madrid. España: EOI Escuela de Organización Industrial. Editorial Recuperado de <http://www.leanproduction.co/wpcontent/uploads/2015/04/Lean-Manufacturing.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). (p. 4, p. 40) *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). (M. G. S.A., Ed.) México, México: Mcgraw Hill.
- INEI (2019). *Situación del Sector Plástico en el Perú*. (p.24-26)
- Kinsey, A. (2020). *What Is the Difference Between Manufacturing Lead Time & Throughput Time?* [Cual es la diferencia entre Lead Time de Manufactura y Tiempo de Procesamiento?]. Recuperado 28 de mayo de 2022 de



<https://smallbusiness.chron.com/difference-between-manufacturing-lead-time-throughput-time-34616.html>

Krugman, P. (1997). *El Internacionalismo Moderno*. México: Crítica

MBA Skool Team (2013). *Uptime Meaning & Definition* [Definición y significado de tiempo de actividad]. Recuperado 28 de mayo de 2022 de <https://www.mbaskool.com/business-concepts/operations-logistics-supply-chain-terms/>

LoBiondo-Wood, G. & Haber, J. *Methods and Critical Appraisal for Evidence-Based Practice* [Métodos y Evaluación Crítica para la Práctica Basada en Evidencia].

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Ediciones de la U.

Pacheco, J. (2016). *Importancia e impacto de la gestión del conocimiento*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/importancia-e-impacto-la-gestion-del-conocimiento/>

Perez, K. & Sandoval, M. (2021). *Lean Manufacturing para mejorar la capacidad de la línea de producción sin impresión en una planta etiquetadora* (tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima. Perú.

Pilay, A. (2011). *Implementación del mantenimiento autónomo en la empresa oxígenos del Guayas S.A.* (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil. Ecuador.

Pinto, M. (1991). *Análisis documental. Fundamentos y procedimientos*. Madrid, España. Eudema

Plastics Europe (2021). *Plastics - the Facts* [Plásticos - Los Hechos] (p.14). <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>

Ramos, J. (2018). *SMED – Implementación Integral del Sistema*. Estados Unidos: Amazon Digital Services LLC-kdp Print Us.

Rajadell M & Sánchez J (2010) *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Madrid. España: Ediciones Diaz Santos.

Redacción. (Última edición:14 de octubre del 2021). *Definición de Registro*. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/registro/>. Consultado el 22 de junio del 2022

Rojas Jauregui, A.P. y Gisbert Soler, V. (2017). *Lean Manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas*. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 116-124

Rodriguez, M. & Cárcel, F. (2014). *La trascendencia del cambio de formato de las máquinas de producción. Un factor a tener en cuenta*. España. Edición N°7: Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

Sacristán, F. (2005). *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. España. FC Editorial

Sevares, J (2007). *América Latina en el comercio internacional*. Argentina. Revista Nueva Sociedad 207. ISSN: 0251-3552.

Shigeo, Shingo (1983). Una revolución en la producción: El sistema SMED

Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Editorial Alfaomega

Susuki, T. (1995). *TPM en Industrias en Proceso* (p.14). España. TGP Hoshin S.L.

Umba, N. & Duarte, J. (2017). *Propuesta para implementar herramientas Lean Manufacturing para la reducción del tiempo de ciclo en la fábrica de almojábanas el goloso* (Tesis de Pregrado). Universidad de la Salle. Bogotá. Colombia

UNCTAD (2020). *Global trade in plastics: insights from the first life-cycle database [Comercio mundial de plásticos. Visión de información de primer ciclo de vida]* Research paper N°53

Vallejos, H. & Chiquinga, M. (2017). *Costos modalidad de órdenes de producción. Ecuador*: Editorial Universidad Técnica del Norte

Velásquez, J. (21 de mayo de 2018). *5'S Kaizen*. Recuperado el 07 de 2022 de <http://jvelasquezc.com/5'S.html>

## ANEXOS

### Anexo 01: Matriz de Consistencia

Problema Principal	Objetivos General	Hipótesis General	Variables Independiente	Indicador V.I.	Variables Dependiente	Indicador V.D.
¿Cómo incrementar la PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE CARTONPLAST en una empresa productora de artículos plásticos?	Implementar LEAN MANUFACTURING para mejorar la PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE CARTONPLAST en una empresa productora de artículos plásticos.	Si se implementa LEAN MANUFACTURING entonces mejorará la PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE CARTONPLAST en una empresa productora de artículos plásticos.	Lean Manufacturing	--	PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE CARTONPLAST	--
<b>Problemas Especifico</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Especificas</b>				
PE01. ¿Cómo reducir el LEAD TIME DE PRODUCCIÓN de la línea de CartonPlast en una empresa productora de artículos plásticos?	Implementar la METODOLOGÍA 5'S para reducir el LEAD TIME DE PRODUCCIÓN de la línea de CartonPlast	Si se implementa la METODOLOGÍA 5'S se reducirá el LEAD TIME DE PRODUCCIÓN de la línea de CartonPlast.	Metodología 5'S	SI/NO	LEAD TIME DE PRODUCCIÓN	Lead Time de producción (Semanal)
PE02. ¿Cómo incrementar el TIEMPO DE ACTIVIDAD de las máquinas de la línea de CartonPlast en una empresa productora de artículos plásticos?	Implementar un MANTENIMIENTO AUTÓNOMO para incrementar el TIEMPO DE ACTIVIDAD de las máquinas de la línea de CartonPlast.	Si se implementa un MANTENIMIENTO AUTÓNOMO se incrementará el TIEMPO DE ACTIVIDAD de las máquinas de la línea de CartonPlast.	Mantenimiento autónomo	SI/NO	TIEMPO DE ACTIVIDAD	Tiempo de actividad semanal de las máquinas
PE03. ¿Cómo reducir los tiempos de CAMBIO DE FORMATO de de la línea de CartonPlast en una empresa productora de artículos plásticos?	Implementar la METODOLOGÍA SMED para reducir los tiempos de CAMBIO DE FORMATO en la línea de CartonPlast	Si se implementa la METODOLOGÍA SMED se reducirán los tiempos de CAMBIO DE FORMATO en la línea de CartonPlast.	SMED	SI/NO	CAMBIO DE FORMATO	Tiempo de cambio de formato semanal

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 02: Matriz de Operacionalización

<b>Variable Independiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>
<b>METODOLOGÍA 5'S</b>	SI/NO	"Es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo" (Sacristan, 2005)	Prueba piloto de metodología 5'S para la mejora de la productividad
<b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>	SI/NO	"Los operarios se involucran en el mantenimiento de rutina y en actividades de mejora que eviten el deterioro acelerado, controlan la contaminación y ayudan a mejorar las condiciones del equipo" (Suzuki, 1995)	Reducción de averías, parada de proceso y mantenimientos correctivos
<b>SMED</b>	SI/NO	"Significa cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de 10 minutos" (Soconini, 2019)	Medición del tiempo de cambio de herramientas manuales y equipamiento de producción
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>
<b>LEAD TIME DE PRODUCCIÓN</b>	Tiempo de producción por Pedido (Semanal)	"Lead time de producción, también conocido como Lead Time de manufactura, es el tiempo entre cuando se genera una orden y cuando los bienes son entregados al cliente" (Kinsey, 2020)	Disminución del Lead Time de Producción por órdenes de pedido
<b>TIEMPO DE ACTIVIDAD</b>	Sumatoria de tiempos de actividad semanal de las máquinas	"Es la relación entre el tiempo total durante el cual una maquinaria o equipo está operativo o el tiempo de producción y el tiempo total disponible, es decir, el tiempo total durante el cual la maquinaria o equipo está disponible" (MBA Skool Team, 2013)	Aumento del tiempo de actividad de las máquinas
<b>CAMBIO DE FORMATO</b>	Sumatoria de tiempos de cambio de formato semanal	"Conjunto de operaciones que se realizan sobre los equipos de producción, para prepararlos y puedan producir el nuevo producto que va a entrar en la nueva fase productiva" (Rodríguez & Cárcel, 2013)	Disminución del tiempo cambios de formato entre lotes de producción

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03: Permiso de la empresa



Lima, 15 de mayo del 2022

Por la presente, autorizamos a los señores Bachilleres Cristian Gregori Holguín Rivera y Luis Eduardo Loro Diaz a fin de que puedan utilizar los datos, figuras o fotografías de la empresa Inversiones San Gabriel SA para la elaboración de su tesis.

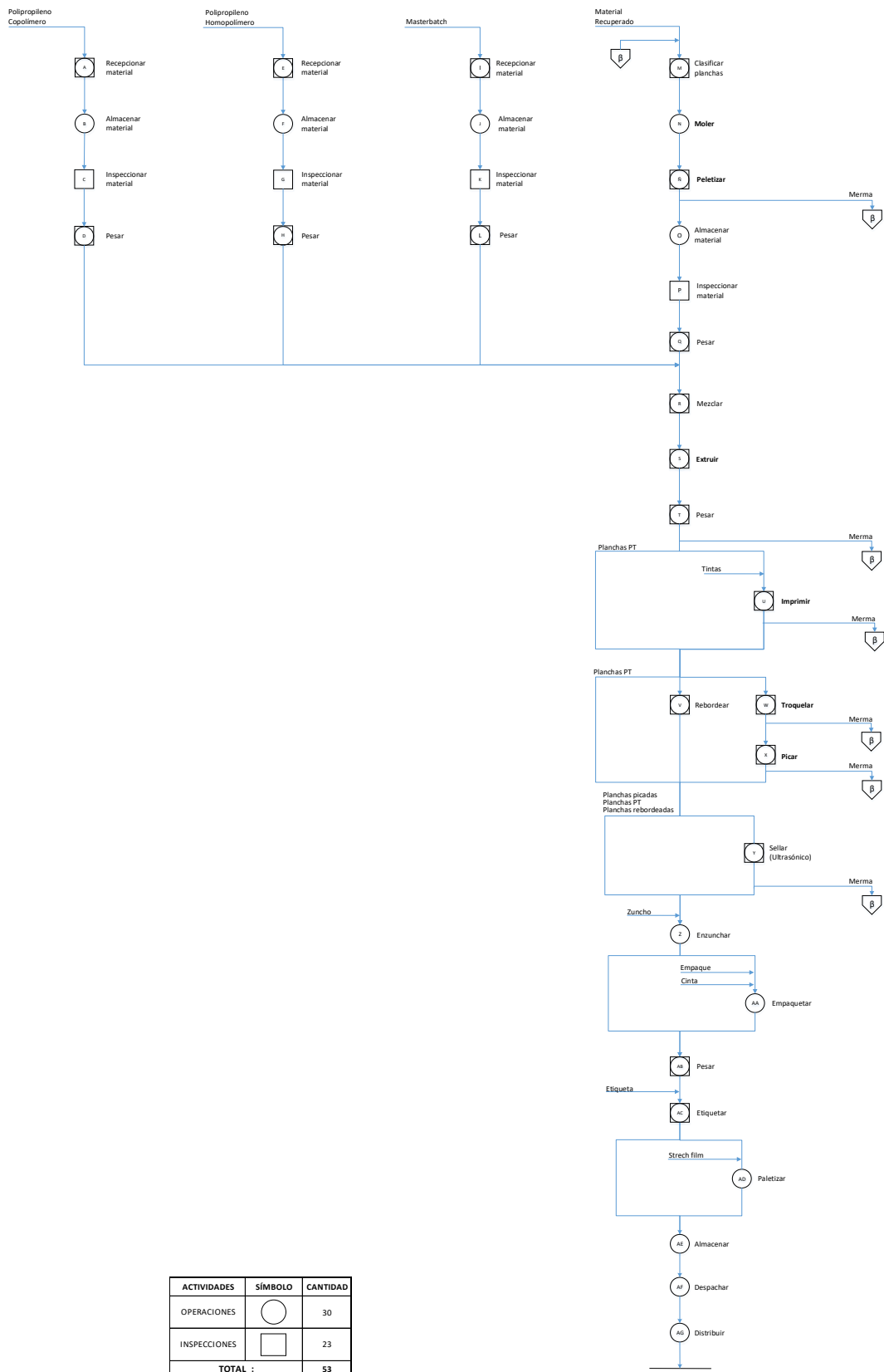
Sin otro particular me despido,

Atentamente,



Ing. José Luis León Arango  
DNI 43610991  
Coordinador de Calidad  
Inversiones San Gabriel S.A.

## Anexo 04: Diagrama de operaciones de proceso (línea de Cartónplast)












Fuente: Elaboración propia

Anexo 05. Cronograma de limpieza

			CRONOGRAMA DE LIMPIEZA																																																									
			SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5							SEMANA 6																						
			27-Jun	28-Jun	29-Jun	30-Jun	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul	6-Jul	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	27-Jul	28-Jul	29-Jul	30-Jul	31-Jul	1-Ago	2-Ago	3-Ago	4-Ago	5-Ago	6-Ago	7-Ago																
EXTRUSIÓN	TURNO MAÑANA	OPERARIO 1	o	o	o	o	o	o																																																				
		OPERARIO 2																																																										
		OPERARIO 3																																																										
		OPERARIO 4																																																										
		OPERARIO 5																																																										
	TURNO NOCHE	OPERARIO 6	o	o	o	o	o	o																																																				
		OPERARIO 7																																																										
		OPERARIO 8																																																										
		OPERARIO 9																																																										
		OPERARIO 10																																																										
IMPRESIÓN	TURNO MAÑANA	OPERARIO 11	o	o	o	o	o	o																																																				
		OPERARIO 12																																																										
		OPERARIO 13																																																										
		OPERARIO 14																																																										
		OPERARIO 15																																																										
	TURNO NOCHE	OPERARIO 16	o	o	o	o	o	o																																																				
		OPERARIO 17																																																										
		OPERARIO 18																																																										
		OPERARIO 19																																																										
		OPERARIO 20																																																										
TROQUEL Y PICADO	TURNO MAÑANA	OPERARIO 21	o	o	o	o	o	o																																																				
		OPERARIO 22																																																										
		OPERARIO 23																																																										
		OPERARIO 24																																																										
		OPERARIO 25																																																										
	TURNO NOCHE	OPERARIO 26	o	o	o	o	o	o																																																				
		OPERARIO 27																																																										
		OPERARIO 28																																																										
		OPERARIO 29																																																										
		OPERARIO 30																																																										

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 06. Procedimiento de trabajo para lubricación en máquinas

<b>Plan de Mantenimiento Autónomo</b>		Código	CE01-lub-men
<b>Procedimiento de Trabajo para Lubricación en Máquinas</b>		Versión	01
		Fecha de Ap.	
<b>Mantenimiento - Lubricación - Secuencia de Procesos</b>			
Área	: Carton Plast	Máquina/Equipo	: Extrusora Carton - 1
Marca	: Anfu	Modelo	:
Sistema	: Lubricación	Frecuencia	: mensual
Personal	: Ayudante de Producción	Tiempo estimado	: 2 horas
<b>Secuencia del proceso</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Ubicar los puntos de lubricación (ver figura aneja).</li> <li>2 Lubricar chumacera de desplazamiento (x4). Aplicar 20gr por chumacera de grasa negra.</li> <li>3 Lubricar columna de calibrador (x8). Aplicar 20gr por columna de grasa negra.</li> <li>4 Lubricar chumacera de rodillos jalador (x16). Aplicar 250ml de aceite 320° en todo el tornillo.</li> <li>5 Lubricar tornillo de sistema de corte (x1). Aplicar 250ml de aceite 320° en todo el tornillo.</li> <li>6 Lubricar cremalleras de desplazamiento (x2). Aplicar 500ml de aceite 320° en todos los engranajes de la cremallera.</li> <li>7 Lubricar ruedas dentadas de rodillo jalador (x14). Aplicar 250ml de aceite 320°.</li> <li>8 Lubricar acople de cruz de dosificador (x2). Aplicar 10gr por punto de engrase de acople de grasa negra.</li> <li>9 Lubricar riel de cuchillos de corte (x4). Aplicar 10gr por riel de grasa negra.</li> <li>10 Lubricar chumaceras de rodillo auxiliares (x6). Aplicar 10gr por chumacera de grasa negra.</li> <li>11 Lubricar chumacera de rodillos de horno (x8). Aplicar 10gr de grasa negra por chumacera.</li> </ol>			
<b>Herramientas</b>			
Descripción		Cantidad	Unidad
ENGRASADORA		1	und
ALICATE UNIVERSAL		1	und
JUEGO DE LLAVES DE BOCA		1	und
JUEGO DE LLAVES ALLEN		1	und
<b>Repuestos / Insumos</b>			
Código	Descripción	Cantidad	Unidad
2522050	GRASA H-3 VISTONY NEGRA	1	kg
2524600	TRAPO INDUSTRIAL	1	kg
2522030	ACEITE 320	1	gal
  			
  			
  			

Fuente: Elaboración propia



## Anexo 07. Formato de inspección general diaria

<b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>	
<b>INSPECCIÓN GENERAL DIARIA</b>	Exp. AUTÓNOMO
EQUIPO A INSPECCIONAR O REVISAR: Impresora 62 CP Impresión horizontal	
HOJA 1/1	
OPERADOR:	FECHA:
Tiempo estimado (L):	(del primer día de la semana)
Tiempo estimado (M-D):	TURNO:
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	
TEMPERATURAS ALTAS: Precaución de no tocar partes calientes y el uso de guantes.	
PARTES MÓVILES: No aproximarse a las partes en movimiento o solicitar paro de máquina.	
RIESGO ELÉCTRICO: No tocar cables eléctricos ni manipular equipos bajo tensión.	
FIRMA DEL OPERADOR:	

ITEM	DESCRIPCIÓN	RANGO*	L	M	M	J	V	S	D
1	Verificar que las protecciones de seguridad funcionen correctamente. (Parada de emergencia de horno (01) y de impresora (01))	NA							
2	Verificar que las guardas de seguridad y parantes de seguridad funcionen correctamente.	NA							
3	Verificar algún ruido extraño en los motores y partes deslizantes.	NA							
4	Verificar visualmente las tensiones y el estado de las fajas dentadas de las pircas y de la faja del horno.	NA							
5	Limpieza total del área	NA							
6	Limpieza externa de la impresora y horno	NA							
7	Asegurar que el tablero eléctrico se encuentre siempre cerrado.	NA							
8	Los sensores de seguimiento lateral y frontal operan correctamente	NA							
8	Verificar que la llave general de aire este abierta	NA							
9	Verificar la presión de ingreso de aire	PD							
10	Purgar filtro de ingreso de aire	NA							
11	Rellenar aceite en la unidad de mantenimiento del ingreso de aire.	NA							
12	Verificar la presión del carro de impresión	3-5 BAR							
13	Asegurar que los motores del horno (03) trabajen. Se debe sentir el aire del ventilador del motor	NA							
14	Asegurar que las temperaturas del horno se mantengan dentro del estándar	65-75°C							
15	Verificar el estado de la faja transportadora del horno	NA							
16	Asegurar que no hayan objetos encima del horno	NA							

<b>OBSERVACIONES:</b>	N° OT	Fecha Generada

\* En columna RANGO, NA = No Aplica; PD = Por determinar

\*\*ABREV.: Abreviatura de la descripción (estas abreviaturas están en la máquina pegadas como ayuda visual)

**COMO LLENAR:**

Colocar	<input checked="" type="checkbox"/>	en el casillero cuando la tarea fue realizada. (Colocar parámetros numéricos cuando se requieran)
Colocar	<input checked="" type="checkbox"/>	en el casillero cuando existe algún problema con la máquina. - Al colocar <b>X</b> se debe escribir en "OBSERVACIONES" una descripción del problema. - Generar una OT por cada Observación y colocar la fecha de generación de la misma.
Colocar	<input type="checkbox"/>	en el casillero cuando la máquina se encuentra parada.

**IMPORTANTE:** Aunque la máquina se encuentre parada se debe llenar el mantenimiento autónomo diariamente.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 08. Verificación y seguimiento del llenado del formato de inspección general diaria

<b>MANTENIMIENTO AUTONOMO</b>		Área: Cartonplast	
INSPECCION GENERAL DIARIA			
EQUIPO A INSPECCIONAR O REVISAR: Extrusora - ANFU			
Operador: <u>Juan Veliz I</u>	Código de Máquina: <u>CE 01</u>		
Tiempo estimado (L): 2 horas	Semana del: <u>18-07-22</u>	al	<u>24-07-22</u>
Tiempo estimado (M-D): 10 minutos	Turno: Día <input type="radio"/> Noche <input checked="" type="radio"/>		
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>			Firma del operador:
TEMPERATURAS ALTAS: Precaución de no tocar partes calientes y el uso de guantes			
PARTES MOVILES: No aproximarse a las partes en movimiento o solicitar paro de maquina			
RIESGO ELECTRICO: No tocar cables electricos ni manipular equipos bajo tension			

ITM	DESCRIPCION	RANGO*	ABREV.**	L	M	M	J	V	S	D
0	Máquina parada o sin trabajar	-	-							
1	Verificar que la válvulas de ingreso y salida se encuentre abierta para el flujo de agua de la caja reductora.	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	Limpiar imanes en la unión de tolva con extrusora	NA		✓						
3	Verificar que los botones de parada de emergencia operen correctamente (06 pulsadores)	NA		✓						
4	Verificar que los motores, caja reductora y partes deslisantes no presenten sonidos anormales.	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	Asegurarse que los tableros electricos esten cerrados y que sus ventiladores trabajen correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6	Verificar que los ventiladores de enfriamiento del tornillo operen correctamente.	NA		X	X	X	X	X	X	
7	Revisar presión de bomba hidraulica del porta filtro	80 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	Realizar la lubricación del cardan de la bomba dosificadora	NA		✓						
9	Verificar que todas las llaves de agua del calibrador se encuentren abiertas	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
10	Revisar presion de bomba hidraulica del elevador del calibrador	PD		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
11	Revisar presion de aire al ingreso del cabezal	PD		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
12	Purgar el ingreso de aire al cabezal	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
13	Verificar si existen fugas de agua, aire o aceite	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
14	Verificar que todos los manómetros de vacio operen correctamente (12 manómetros).	NA		X	X	X	X	X	X	
15	Revisar la presion neumatica del rodillo jalador N°1	5-8 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
16	Purgar el filtro del rodillo jalador N°1	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
17	Verificar que la llave de ingreso de aire al horno este abierta	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
18	Verificar visualmente que la luz UV este encendida			✓	✓	✓	✓	✓	✓	
19	Verificar la presión de aire en el tratamiento corona	4-6 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
20	Verificar que las guardas de protección de los engranajes de los rodillos jaladores operen correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
21	Revisar la presion neumatica del rodillo jalador N°2	1-3 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
22	Realizar la lubricación de tronillo sin fin de la guillotina	NA		✓						
23	Verificar que el sesor de la guillotina opere correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
24	Retirar elementos ajenos al área	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
25	Realizar limpieza general de extrusora	NA		✓						
26	Todos los componentes de la máquina no mencionados en las actividades que acaban de realizar se encuentran operando correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	


\* En columna RANGO, NA = No Aplica; PD = Por determinar

\*\* Abreviatura de la descripción (estas abreviaturas estan en la maquina pegadas como ayuda visual)

Nº	OBSERVACIONES	Nº Incidencia	Fecha Generada
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

COMO LLENAR:			
Colocar	<b>NA</b>	solo en el casillero número "0" cuando la máquina se encuentre parada, ya no es necesario llenar los demás ítems.	
Colocar	<input checked="" type="checkbox"/>	en el casillero cuando la tarea fue realizada. (Colocar parámetros numéricos cuando se requieran)	
Colocar	<b>X</b>	en el casillero cuando existe algún problema con la máquina.	
		- Al colocar <b>X</b> se debe escribir en "OBSERVACIONES" una descripción del problema.	
		- Generar una incidencia por cada <b>Observación</b> y colocar la fecha de generación de la misma.	
IMPORTANTE:			
		- Lo primero a llenar son los datos generales: operador, código de máquina, fecha y turno. No se debe dejar para el final.	
		- Si las casillas de tiempo estimado están llenas, debe asegurarse de cumplir con ese tiempo y si no lo están debe llenar la casilla con lo que se demora en realizar el mantenimiento autónomo. No olvidar que los lunes hay más tareas por realizar, por ende el tiempo estimado de los lunes debe ser mayor a los demás días.	
		- El formato debe estar llenado como máximo a las 3pm para turno día y a las 3am para turno noche.	
		- Llenar el formato el día que corresponde, no adelantarse o atrasarse en el llenado.	
		- Llenar las casillas con información real.	
		- No olvidar registrar la observación, el número de incidencia y fecha.	

Fuente: Datos de la empresa

<b>MANTENIMIENTO AUTONOMO</b>		Área: Cartonplast
INSPECCION GENERAL DIARIA		
EQUIPO A INSPECCIONAR O REVISAR: Extrusora - ANFU		
Operador: <u>Juan Veliz I</u>	Código de Máquina: <u>CE 02</u>	
Tiempo estimado (L): 2 horas	Semana del: <u>18-07-22</u>	al <u>24-07-22</u>
Tiempo estimado (M-D): 10 minutos	Turno: Día <input type="radio"/> Noche <input checked="" type="radio"/>	
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>		Firma del operador:
TEMPERATURAS ALTAS: Precaución de no tocar partes calientes y el uso de guantes		
PARTES MOVILES: No aproximarse a las partes en movimiento o solicitar paro de maquina		
RIESGO ELECTRICO: No tocar cables electricos ni manipular equipos bajo tension		

ITM	DESCRIPCION	RANGO*	ABREV.**	L	M	M	J	V	S	D
0	Máquina parada o sin trabajar	-	-							
1	Verificar que la válvulas de ingreso y salida se encuentre abierta para el flujo de agua de la caja reductora.	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	Limpiar imanes en la unión de tolva con extrusora	NA		✓						
3	Verificar que los botones de parada de emergencia operen correctamente (06 pulsadores)	NA		✓						
4	Verificar que los motores, caja reductora y partes deslisantes no presenten sonidos anormales.	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	Asegurarse que los tableros electricos esten cerrados y que sus ventiladores trabajen correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6	Verificar que los ventiladores de enfriamiento del tornillo operen correctamente.	NA		X	X	X	X	X	X	
7	Revisar presión de bomba hidráulica del porta filtro	80 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	Realizar la lubricación del cardan de la bomba dosificadora	NA		✓						
9	Verificar que todas las llaves de agua del calibrador se encuentren abiertas	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
10	Revisar presión de bomba hidráulica del elevador del calibrador	PD		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
11	Revisar presión de aire al ingreso del cabezal	PD		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
12	Purgar el ingreso de aire al cabezal	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
13	Verificar si existen fugas de agua, aire o aceite	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
14	Verificar que todos los manómetros de vacío operen correctamente (12 manómetros).	NA		X	X	X	X	X	X	
15	Revisar la presión neumática del rodillo jalador N°1	5-8 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
16	Purgar el filtro del rodillo jalador N°1	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
17	Verificar que la llave de ingreso de aire al horno este abierta	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
18	Verificar visualmente que la luz UV este encendida			✓	✓	✓	✓	✓	✓	
19	Verificar la presión de aire en el tratamiento corona	4-6 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
20	Verificar que las guardas de protección de los engranajes de los rodillos jaladores operen correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
21	Revisar la presión neumática del rodillo jalador N°2	1-3 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
22	Realizar la lubricación de tronillo sin fin de la guillotina	NA		✓						
23	Verificar que el sesor de la guillotina opere correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
24	Retirar elementos ajenos al área	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
25	Realizar limpieza general de extrusora	NA		✓						
26	Todos los componentes de la máquina no mencionados en las actividades que acaban de realizar se encuentran operando correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	

\* En columna RANGO, NA = No Aplica; PD = Por determinar

\*\* Abreviatura de la descripción (estas abreviaturas están en la máquina pegadas como ayuda visual)

Nº	OBSERVACIONES	Nº Incidencia	Fecha Generada
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

**COMO LLENAR:**

Colocar **NA** solo en el casillero número "0" cuando la máquina se encuentre parada, ya no es necesario llenar los demás ítems.  
Colocar  en el casillero cuando la tarea fue realizada. (Colocar parámetros numéricos cuando se requieran)  
Colocar **X** en el casillero cuando existe algún problema con la máquina.  
- Al colocar **X** se debe escribir en "OBSERVACIONES" una descripción del problema.  
- Generar una incidencia por cada **Observación** y colocar la fecha de generación de la misma.

**IMPORTANTE:**

- Lo primero a llenar son los datos generales: operador, código de máquina, fecha y turno. No se debe dejar para el final.
- Si las casillas de tiempo estimado están llenas, debe asegurarse de cumplir con ese tiempo y si no lo están debe llenar la casilla con lo que se demora en realizar el mantenimiento autónomo. No olvidar que los lunes hay más tareas por realizar, por ende el tiempo estimado de los lunes debe ser mayor a los demás días.
- El formato debe estar llenado como máximo a las 3pm para turno día y a las 3am para turno noche.
- Llenar el formato el día que corresponde, no adelantarse o atrasarse en el llenado.
- Llenar las casillas con información real.
- No olvidar registrar la observación, el número de incidencia y fecha.

Fuente: Datos de la empresa

<b>MANTENIMIENTO AUTONOMO</b>		Área: Cartonplast
INSPECCION GENERAL DIARIA		
EQUIPO A INSPECCIONAR O REVISAR: Extrusora - LEADER		
Operador: <u>Juan Veliz I</u>	Código de Máquina: <u>CE 03</u>	
Tiempo estimado (L): 2 horas	Semana del: <u>18-07-22</u> al <u>24-07-22</u>	
Tiempo estimado (M-D): 10 minutos	Turno: Día <input type="radio"/> Noche <input checked="" type="radio"/>	
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>		Firma del operador:
TEMPERATURAS ALTAS: Precaucion de no tocar partes calientes y el uso de guantes PARTES MOVILES: No aproximarse a las partes en movimiento o solicitar paro de maquina RIESGO ELECTRICO: No tocar cables electricos ni manipular equipos bajo tension		

ITM	DESCRIPCION	RANGO*	ABREV.**	L	M	M	J	V	S	D
0	Máquina parada o sin trabajar	-	-							
1	Verificar que la válvulas de ingreso y salida de agua se encuentre abierta para el flujo de agua de la caja reductora.	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	Limpeza de la tolva de ingreso a la extrusora	NA		✓						
3	Limpiar imanes en la unión de tolva con extrusora	NA		✓						
4	Verificar que la bomba de vacio que succiona la tolva opere correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	Limpiar filtro del separador de solidos de la bomba de vacio	NA		✓		✓		✓		
6	Verificar que los botones de parada de emergencia operen correctamente (05 pulsadores y 02 cordones)	NA		✓						
7	Verificar que los motores, caja reductora y partes deslisantes no presenten sonidos anormales o fugas de aceite.	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	Verificar la temperatura del aceite de la caja reductora	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
9	Verificar en nivel de aceite de la caja reductora	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
10	Asegurarse que los tableros eléctricos estén cerrados y que sus ventiladores trabajen correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
11	Verificar que los ventiladores de enfriamiento del tornillo operen correctamente.	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
12	Revisar que la bomba hidráulica del porta filtro	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
13	Verificar que todas las llaves de agua del calibrador se encuentren abiertas	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
14	Revisar presión de aire al ingreso del cabezal	5-10 PSI		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
15	Verificar si existen fugas de agua, aire o aceite	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
16	Verificar que todos los manómetros de vacio operen correctamente (08 manómetros).	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
17	Revisar el nivel de aceite del rodillo jalador N°1	5-8 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
18	Verificar la presión de aire en el tratamiento corona	4-6 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
19	Revisar el nivel de aceite del rodillo jalador N°2	1-3 BAR		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
20	Verificar operatividad de los molinos de rollo	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
21	Verificar que el sesor de la guillotina opere correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
22	Verificar el nivel de aceite de las guías de la guillotina	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
23	Bombear aceite hacia las guías de la guillotina	NA		✓		✓		✓		
24	Retirar elementos ajenos al área	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
25	Purgar todas las unidades de mantenimiento (06)	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
26	Limpeza de pantallas con paño humedo	NA		✓						
27	Realizar limpieza general de extrusora	NA		✓						
28	Todos los componentes de la máquina no mencionados en las actividades que acaban de realizar se encuentran operando correctamente	NA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	

\* En columna RANGO, NA = No Aplica; PD = Por determinar

\*\* Abreviatura de la descripción (estas abreviaturas están en la máquina pegadas como ayuda visual)

Nº	OBSERVACIONES	Nº Incidencia	Fecha Generada
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

**COMO LLENAR:**

Colocar **NA** solo en el casillero número "0" cuando la máquina se encuentre parada, ya no es necesario llenar los demás ítems.  
Colocar **✓** en el casillero cuando la tarea fue realizada. (Colocar parámetros numéricos cuando se requieran)  
Colocar **X** en el casillero cuando existe algún problema con la máquina.  
- Al colocar **X** se debe escribir en "OBSERVACIONES" una descripción del problema.  
- Generar una incidencia por cada **Observación** y colocar la fecha de generación de la misma.

**IMPORTANTE:**

- Lo primero a llenar son los datos generales: operador, código de máquina, fecha y turno. No se debe dejar para el final.
- Si las casillas de tiempo estimado están llenas, debe asegurarse de cumplir con ese tiempo y si no lo están debe llenar la casilla con lo que se demora en realizar el mantenimiento autónomo. No olvidar que los lunes hay más tareas por realizar, por ende el tiempo estimado de los lunes debe ser mayor a los demás días.
- El formato debe estar llenado como máximo a las 3pm para turno día y a las 3am para turno noche.
- Llenar el formato el día que corresponde, no adelantarse o atrasarse en el llenado.
- Llenar las casillas con información real.
- No olvidar registrar la observación, el número de incidencia y fecha.

Fuente: Datos de la empresa