

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR DE PLÁSTICO, ATE VITARTE – LIMA 2021”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

KARLA LEONOR HUILCAMASCO ZANCA
RUBÉN ANTONIO ITUSACA SINTI
JONATHAN MEDINA TREJO

Callao, 2022

PERÚ



Bellavista, 20 de Febrero del 2022

Señor : Dr. Christian Suarez
De : Dr. Luis Alberto Valdivia Sánchez
Asunto : Informe favorable de sustentación de tesis

Presente. -

Mediante el presente nos dirigí a usted para saludarlo afectuosamente y hacerle llegar el informe favorable de la sustentación de tesis del INFORME FINAL ***“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR DE PLÁSTICO, ATE VITARTE – LIMA 2021” TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO INDUSTRIAL*** presentado por KARLA LEONOR HUILCAMASCO ZANCA, RUBÉN ANTONIO ITUSACA SINTI, JONATHAN MEDINA TREJO

Luego de revisar el INFORME DE TESIS se da por conclusión que no tienen observaciones y debe continuar con el trámite.

Aprovechamos la ocasión para reiterarle mi consideración y estima personal.

Atentamente,

Dr. Luis Alberto Valdivia Sánchez
Presidente

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 004-UIFIIS-UNAC DEL 18.02.2022; SIN CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

LIBRO 001 FOLIO No.004.- ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 004-UIFIIS-UNAC DEL 18.02.2022; SIN CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

Siendo las 16:00 horas del dieciocho de febrero del año 2022, se reunió, en la sala Meet mediante el enlace <https://meet.google.com/dvn-yqdc-rmc>, los miembros del JURADO DEL SUSTENTACIÓN DE TESIS conformado por:

Dr. LUIS ALBERTO VALDIVIA SANCHEZ.....:	Presidente
Mg. ANIVAL ALFREDO TORRE CAMONES.....:	Secretario
Dr. CHRISTIAN JESÚS SUAREZ RODRIGUEZ.....:	Vocal
Ing. OMAR TUPAC AMARU CASTILLO PAREDES.....:	Suplente
Mg. IVO WILFREDO MARILUZ JIMENEZ.....:	Asesor

Para la Sustentación de la TESIS titulada "APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR DE PLÁSTICO, ATE VITARTE - LIMA 2021", presentada por los Bachilleres KARLA LEONOR HUILCAMASCO ZANCA, RUBÉN ANTONIO ITUSACA SINTI Y JONATHAN MEDINA TREJO, de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Industrial por la modalidad de Tesis.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de la tesis titulada "APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR DE PLÁSTICO, ATE VITARTE - LIMA 2021" de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, cumpliendo con el Acto de sustentación en acto público los tres bachilleres, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del COVID- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado de Sustentación y efectuadas las deliberaciones pertinentes; Se acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa MUYBUENO y calificación cuantitativa 17 (diecisiete), la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021 - CU del 30 de junio del 2021

Se dio por concluida la Sustentación siendo las 17:10 horas del día 18 de febrero del 2022.



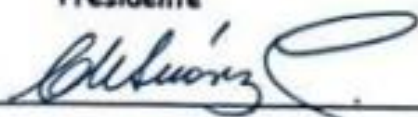
Dr. LUIS ALBERTO VALDIVIA SANCHEZ

Presidente



Mg. ANIVAL ALFREDO TORRE CAMONES

Secretario



Dr. CHRISTIAN JESÚS SUAREZ RODRIGUEZ

Vocal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, mi fortaleza, refugio y protector. Mi profundo amor hacia mis abuelos, cuyo amor incondicional y su motivación, me inspiraron hacer siempre lo mejor con pasión. A mi madre Cathy Lorena, por brindarme su apoyo durante toda mi carrera profesional. A mis hermanos, porque siempre confiaron en que no tengo límites y a mi familia por creer en mí.

JONATHAN MEDINA TREJO

A Dios, a mi abuela Leoncia Davila Quispe por todo su apoyo y amor incondicional porque me enseñó a ser perseverante, ella es mi motivo de seguir adelante siempre, me acompaña en todo momento espiritualmente. A mis padres por confiar en mí, por su cariño y paciencia.

KARLA LEONOR HUILCAMASCO ZANCA

A mi padre, por ser el ejemplo de persona humilde y correcta y a mi madre: el amor de mi vida, es y será la mejor persona de lo que yo llegaré a ser.

RUBEN ANTONIO ITUSACA SINTI

AGRADECIMIENTOS

Los estudiantes autores de la presente Tesis agradecen sinceramente a su asesor, el ing. Carlos Gómez por su orientación y pertinentes consejos para el desarrollo de la investigación que se presenta. Su respaldo, críticas, y acompañamiento han sido fundamentales para el logro de las metas previstas y, a la vez, elementos esenciales para la mejora continua del trabajo resultante.

También expresar sus agradecimientos a la Srta. Mirtha Guevara y a los trabajadores de la empresa Mastercol S.A. por estar dispuestos a brindarnos cada detalle de la organización y facilitación de las herramientas, aun cuando la coyuntura hacía difícil las reuniones y el trabajo de campo.

Además, a nuestra familia de cada uno de los integrantes, por abrirnos las puertas de su hogar y brindarnos el apoyo emocional, los consejos y las experiencias, los cuales nos ayudaron a llegar a cumplir esta meta planteada.

Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional del Callao por ser nuestra alma mater y a la escuela profesional de Ingeniería Industrial por habernos brindado los conocimientos y herramientas necesaria durante nuestra formación profesional.

INDICE

	Pág.
CARATULA	1
PÁGINA DEL JURADO	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS	7
INDICE	8
RESUMEN	16
ABSTRACT	19
INTRODUCCIÓN	22
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	26
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	43
1.3. OBJETIVOS.	43
1.4. JUSTIFICACIÓN	44
1.5. LIMITANTES.	45
II. MARCO TEÓRICO	48
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.	49
2.2. BASES TEÓRICAS	65
2.3. MARCO CONCEPTUAL	104
2.4. DEFINICIÓN DE TERMINOS	120
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	126
3.1. HIPÓTESIS.	127
3.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES.	128
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	132

4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	133
4.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	136
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	136
4.4. LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO	137
4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	137
4.6. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	138
V. RESULTADOS	141
5.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS	142
5.2. RESULTADOS INFERENCIALES	233
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	240
6.1. CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS.	241
6.2. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.	248
6.3. RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES	250
CONCLUSIONES	251
RECOMENDACIONES	253
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	254
ANEXOS	262

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Productos de Masterbatch de la empresa Mastercol S.A.	33
Tabla 2: Top 10 de Clientes de la empresa Mastercol S.A.	35
Tabla 3: Tiempos Improductivos de Producción de enero a junio del 2021.	36

Tabla 4: Relación de los Coeficientes de la Eficiencia Global del Equipo con las 6 pérdidas	95
Tabla 5: Clasificación de polímeros	104
Tabla 6: Matriz de Operacionalización de la variable independiente	129
Tabla 7: Matriz de Operacionalización de la variable dependiente	130
Tabla 8: Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	137
Tabla 9: Producción de Masterbatch (Kgs) en el periodo 2020 por Familia	143
Tabla 10: Cálculo del Takt Time del área de producción de Masterbatch	145
Tabla 11: Resumen del Value Stream Mapping (AS IS) del área de producción de Masterbatch	146
Tabla 12: Herramientas en desuso del proceso de extrusión	167
Tabla 13: Aplicación de la primera S – Clasificación de herramientas para el proceso de extrusión	168
Tabla 14: Resultados del primer plan de mejora – Actividades Internas en Actividades Externas	206
Tabla 15: Consumo de resina y purga para la limpieza de máquina por tipo de cambio	218
Tabla 16: Resumen del Value Stream Mapping (TO BE) después de la aplicación de Lean Manufacturing	222
Tabla 17: Costo de implementación de las herramientas de Lean Manufacturing	223
Tabla 18: Resultado final del ahorro total del proyecto de aplicación de Lean Manufacturing	223
Tabla 19: Datos de las ordenes de producción de Masterbatch mes de Enero 2021	224
Tabla 20: Datos de las ordenes de producción de Masterbatch mes de Agosto 2021	229
Tabla 21: Método de hipótesis 2 muestras de la productividad antes y después	242
Tabla 22: Estadística Descriptiva de la productividad antes y después	242

Tabla 23: Prueba de hipótesis 2 muestras de la productividad antes y después	243
Tabla 24: Método de hipótesis 2 muestras de la eficiencia antes y después	245
Tabla 25: Estadística Descriptiva de la eficiencia antes y después	245
Tabla 26: Prueba de hipótesis 2 muestras de la eficiencia antes y después	245
Tabla 27: Método de hipótesis 2 muestras de la eficacia antes y después	247
Tabla 28: Estadística Descriptiva de la eficacia antes y después	247
Tabla 29: Prueba de hipótesis 2 muestras de la eficacia antes y después	248

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Distribución Global de la producción de plástico en el mundo al 2019	25
Figura 2: Producción Industrial de Productos de Plástico del 2013 al 2019 (Var. % Anual).	28
Figura 3: Tributos Internos de la industria de Plástico del 2015 al 2018 (Millones De Soles).	29
Figura 4: Organigrama General de la empresa Mastercol S.A.	32
Figura 5: Organigrama de Operaciones de la empresa Mastercol S.A.	33
Figura 6: Diagrama Pareto de Tiempos Improductivos de enero a junio del 2021.	37
Figura 7: Diagrama Ishikawa del proceso de producción de Masterbatch	40
Figura 8: Antecedentes de Lean Manufacturing	68
Figura 9: Pirámide “4p” del Modelo Toyota	70

Figura 10: Desperdicios en una Cadena de Valor	73
Figura 11: Casa Toyota – Lean Manufacturing	74
Figura 12: Pasos de Implementación del Mapeo de un Flujo de Valor	77
Figura 13: Representación del Value Stream Mapping	80
Figura 14: Los cinco pasos de la filosofía 5S	81
Figura 15: Separar elementos innecesarios y necesarios	82
Figura 16: Estándares para el Control Visual	85
Figura 17: Tareas del Mantenimiento Autónomo	94
Figura 18: Eficiencia General del Equipo y las 6 pérdidas	97
Figura 19: Ejemplo de cálculo de la Productividad	100
Figura 20: Máquina Convencional de Extrusión con husillo	106
Figura 21: Tornillo de una Extrusora	109
Figura 22: Sistema Cilindro de Calefacción del extrusor	109
Figura 23: Tipos de Tolvas del extrusor	110
Figura 24: Longitud de Onda de la Luz	111
Figura 25: Propiedades de Colorantes vs Pigmentos	112
Figura 26: Masterbatch Aditivos, Colores, Negro y Blanco	118
Figura 27: Diagrama de Análisis del proceso de extrusión	144
Figura 28: Value Stream Mapping (AS IS) del área de producción de Masterbatch	147
Figura 29: Almacén de Insumos de la empresa Mastercol	149
Figura 30: Área de Pesado y Mezclado de la empresa Mastercol	150
Figura 31: Arranque de máquina extrusora en la empresa Mastercol	151
Figura 32: Desarrollo y Aplicación en la empresa Mastercol	153
Figura 33: Laboratorio de la empresa Mastercol	154
Figura 34: Proceso de producción de Masterbatch de la empresa	156

Mastercol

Figura 35: Proceso de envasado y etiquetado de la empresa Mastercol	157
Figura 36: Almacén de Productos Terminados de la empresa Mastercol	158
Figura 37: Value Stream Mapping (TO BE) del área de producción de Masterbatch	160
Figura 38: CheckList de Auditoría 5S de la empresa Mastercol	161
Figura 39: Resultados de la auditoría 5S de la empresa Mastercol	163
Figura 40: Inventario de herramientas de ajustes y calibración para el proceso de extrusión	164
Figura 41: Inventario de herramientas de limpieza para el proceso de extrusión	165
Figura 42: Inventario de consumibles para limpieza de máquina	166
Figura 43: Almacén de tránsito y de consumibles para limpieza	169
Figura 44: Caja de herramientas para la limpieza y calibración de Máquina	170
Figura 45: Husillos de las extrusoras	171
Figura 46: Sujetador de herramientas de limpieza	172
Figura 47: Implementación de la tercera S - limpieza	174
Figura 48: Capacitación de 5S al personal de planta de la empresa Mastercol	175
Figura 49: Procedimiento de limpieza de máquina compounder	176
Figura 50: Procedimiento de limpieza de máquina Ciclón, Peletizador y Tamizador	180
Figura 51: Trabajadores de la empresa Mastercol	184
Figura 52: CheckList después de la implementación de la 5S	185
Figura 53: Resultado de la evaluación de la auditoria después de la implementación de la 5S	187
Figura 54: Análisis de tiempos y movimientos por limpieza de máquina por cambio de producto – peletizador, tamizador y tolva ciclón	190

Figura 55: Análisis de tiempos y movimientos por limpieza de máquina por cambio de producto tipo I – Compounder	193
Figura 56: Análisis de tiempos y movimientos por limpieza de máquina por cambio de producto tipo II - compounder	196
Figura 57: Value Stream Mapping del SMED línea de colores	199
Figura 58: Diagrama Espaguete del proceso de limpieza de máquina por cambio de producto	201
Figura 59: Análisis de capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo I – antes de la implementación del SMED	202
Figura 60: Análisis de capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo II – antes de la implementación del SMED	202
Figura 61: Planes de mejoras en la limpieza de máquina por cambio de producto	205
Figura 62: Influencia de la cultura 5S en la implementación del SMED	208
Figura 63: Análisis de tiempos por cambio de color y consumo de resina	209
Figura 64: Cuadrilla de cambio de la empresa Mastercol	212
Figura 65: Espátula de hoja recta larga	213
Figura 66: Espátula de hoja plana larga	213
Figura 67: Purga AE00235 Cleaning Compound	216
Figura 68: Limpieza de máquina con purga AE00235 Cleaning Compound	217
Figura 69: Análisis de capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo I – después de la implementación del SMED	219
Figura 70: Análisis de capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo II – después de la implementación del SMED	219
Figura 71: Diagrama de control del proceso de limpieza de máquina tipo I – antes y después de la implementación del SMED	220
Figura 72: Diagrama de control del proceso de limpieza de máquina tipo II – antes y después de la implementación del SMED	221
Figura 73: Boxplot de la Eficiencia, Eficacia y Productividad del proceso de extrusión sin la aplicación de Lean Manufacturing	228

Figura 74: Boxplot de la Eficiencia, Eficacia y Productividad del proceso de extrusión con la aplicación de Lean Manufacturing	233
Figura 75: Gráfica de Normalidad de Productividad antes de la aplicación de Lean Manufacturing	234
Figura 76: Gráfica de Normalidad de Productividad después de la aplicación de Lean Manufacturing	235
Figura 77: Prueba de Varianzas independiente aplicada a la productividad	236
Figura 78: Gráfica de Normalidad de Eficiencia antes de la aplicación de Lean Manufacturing	237
Figura 79: Gráfica de Normalidad de Eficiencia después de la aplicación de Lean Manufacturing	238
Figura 80: Prueba de Varianzas independiente aplicada a la Eficiencia	239
Figura 81: Gráfica de Normalidad de Eficacia antes de la aplicación de Lean Manufacturing	239
Figura 82: Gráfica de Normalidad de Eficacia después de la aplicación de Lean Manufacturing	240
Figura 83: Prueba de Varianzas independiente aplicada a la Eficacia	240
Figura 84: Prueba de hipótesis 2 muestras en Minitab de la productividad Antes y Después	243
Figura 85: Boxplot de la Productividad Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing	244
Figura 86: Prueba de hipótesis 2 muestras en Minitab de la Eficiencia Antes y Después	246
Figura 87: Boxplot de la Eficiencia Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing	246
Figura 88: Prueba de hipótesis 2 muestras en Minitab de la Eficacia Antes y Después	248
Figura 89: Boxplot de la Eficacia Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing	249

RESUMEN

Actualmente, las empresas buscan poseer una mayor participación en el mercado e incrementar la satisfacción del cliente optimizando los recursos al máximo, cumpliendo con los tiempos de entrega y costos basado a la competencia. Por este motivo, la presente investigación tiene como principal objetivo la aplicación de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico, Ate Vitarte 2021. Asimismo, el esquema de la investigación se detalla en 6 capítulos

En el capítulo I, se menciona la contribución productiva del sector del plástico alrededor del mundo a nivel internacional y nacional. También, se señala el interés de nuevas estrategias que las grandes compañías desean aplicar para perfeccionar sus procesos. Además, se describe los procesos y la problemática de la empresa en la cual se aplicó el proyecto de investigación.

En el capítulo II, se menciona los antecedentes de investigaciones nacionales e internacionales de autores que aplicaron Lean Manufacturing en diferentes sectores industriales. Además, se describen los conceptos claves, historia, principios, herramientas de la filosofía Lean Manufacturing, los conceptos del proceso de extrusión y las definiciones de términos básicos para comprender más el proyecto de investigación.

En el capítulo III, se plantea las hipótesis que serán evaluadas y demostradas estadísticamente. Además, se define la variable dependiente

“Productividad” e independiente “Lean Manufacturing” y la matriz de operacionalización de estas mismas variables con sus respectivas dimensiones, indicadores, índices, método y técnicas de medición.

En el capítulo IV, se eligió el tipo de investigación aplicada, el nivel de investigación es descriptivo correlacional, el carácter de medida tiene un enfoque cuantitativo, el diseño de investigación es cuasiexperimental, ya que se manipula la variable independiente para determinar su efecto en la variable dependiente. Además, la población objeto de estudio está conformada por las mediciones que se realizó en el área de producción de Masterbatch durante los últimos 12 meses en la empresa Mastercol S.A., Ate Vitarte, con una frecuencia diaria y consolidada mensualmente, desde enero a diciembre del año 2020 (pre test) y de agosto a setiembre del año 2021 (post test) referidos a la aplicación del VSM, Cultura 5S, SMED y Productividad.

En el capítulo V, se describe la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing y se muestra los resultados obtenidos por cada una de ellas. Se realiza análisis estadísticos de prueba de normalidad y de varianzas en las variables dependientes como eficiencia, eficacia y productividad para demostrar el impacto que tuvo la aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch.

Los resultados más relevantes de la aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch fue reducir el tiempo ciclo de 5.0 hrs/tns a 4.8 hrs/tns con el VSM; se logró cumplir los criterios de evaluación de auditorías para el orden y la limpieza de 15% al 100% con la 5S y se logró reducir los tiempos de limpieza por cambio de producto: tipo I de 72 minutos a 57.77 minutos y tipo II de 81 minutos

a 65.73 minutos con Single Minute Exchange of Die (SMED). El ahorro total que se obtuvo comparando el antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing fue de \$65,625 al mes.

Los datos obtenidos se evaluaron con el software estadístico Minitab versión 19, para la comparación del pre y post de la implementación de la aplicación de Lean Manufacturing. Concluyendo, que la aplicación del Lean Manufacturing incrementa la eficiencia de un 89.40% al 94.92%, la eficacia de un 87.05% al 93.20% y la productividad de un 79.81% a un 88.56%.

Palabras claves: **Lean Manufacturing, Value Stream Mapping (VSM), 5S y Single Minute Exchange of Die (SMED).**

ABSTRACT

Actually, companies seek to have a greater market share and increase customer satisfaction by optimizing resources to the maximum, meeting delivery times and costs based on competition. For this reason, the main objective of this research is the application of Lean Manufacturing to increase productivity in the production area of Masterbatch in the plastic sector, Ate Vitarte 2021. Likewise, the outline of the research is detailed in 6 chapters

In chapter I, the productive contribution of the plastic sector around the world at international and national level is mentioned. Also, the interest of new strategies that large companies want to apply to improve their processes is pointed out. In addition, it describes the processes and problems of the company in which the research project was applied.

In chapter II, the background of national and international research of authors who applied Lean Manufacturing in different industrial sectors is mentioned. In addition, it describes the key concepts, history, principles, tools of the Lean Manufacturing philosophy, the concepts of the extrusion process and the definitions of basic terms to better understand the research project.

In Chapter III, the hypotheses that will be statistically evaluated and demonstrated are presented. In addition, the dependent variable "Productivity" and the independent variable "Lean Manufacturing" are defined, as well as the

operationalization matrix of these variables with their respective dimensions, indicators, indexes, method and measurement techniques.

In Chapter IV, the type of applied research was chosen, the level of research is descriptive correlational, the nature of measurement has a quantitative approach, the research design is quasi-experimental, since the independent variable is manipulated to determine its effect on the dependent variable. In addition, the study population is made up of the measurements taken in the Masterbatch production area during the last 12 months in the company Mastercol S.A., Ate Vitarte, with a daily frequency and consolidated monthly, from January to December 2020 (pre-test) and from August to September 2021 (post-test) referring to the application of VSM, 5S Culture, SMED and Productivity.

Chapter V describes the application of the Lean Manufacturing tools and shows the results obtained by each of them. Statistical analysis of normality and variance tests are performed on the dependent variables such as efficiency, effectiveness and productivity to demonstrate the impact of the application of Lean Manufacturing in the Masterbatch production area.

The most relevant results of the application of Lean Manufacturing in the Masterbatch production area were to reduce the cycle time from 5.0 hrs/tns to 4.8 hrs/tn with VSM; the audit evaluation criteria for order and cleanliness were met from 15% to 100% with 5S and the cleaning times for product changeover were reduced: type I from 72 minutes to 57.77 minutes and type II from 81 minutes to 65.73 minutes

with Single Minute Exchange of Die (SMED). The total savings obtained by comparing before and after the application of Lean Manufacturing was \$65,625 per month.

The data obtained were evaluated with Minitab statistical software version 19, for the comparison of the pre and post implementation of the Lean Manufacturing application. The conclusion was that the application of Lean Manufacturing increases efficiency from 87.99% to 94.62%, effectiveness from 86.72% to 93.19% and productivity from 76.81% to 88.36%.

Key words: **Lean Manufacturing, Value Stream Mapping (VSM), 5S and Single Minute Exchange of Die (SMED).**

INTRODUCCIÓN

La productividad y la competitividad de las empresas son dos retos importantes en el mercado global actual que han motivado a muchas empresas de manufacturas a planificar nuevas estrategias en la administración de operaciones. Los problemas más críticos a la que se enfrentan los fabricantes hoy en día, es cómo entregar sus productos o servicios rápidamente, a bajo costos y con buena calidad. En el transcurso de los años y la evolución del sector industrial, han hecho que los ingenieros y los profesionales de la mejora continua, puedan desarrollar varios métodos y enfoques como es la programación, el análisis estadístico, los estándares internacionales de normalización, la reingeniería, entre otros.

Actualmente, la industria del sector del plástico requiere el uso e implementación de estos estos enfoques de mejora continua en los procesos, ya que desean cumplir con las metas de producción y tener la capacidad de abastecer al mercado en sus necesidades. En este sentido, las empresas del sector del plástico, en su esfuerzo por mantenerse competitivos en el mercado, deben de adoptar nuevas estrategias y técnicas para mejorar su competitividad y una de estas es la aplicación de la filosofía de Lean Manufacturing, que permitirá reducir sus costos de producción, eliminar sus desperdicios, realizar un flujo continuo del material hasta que lo reciba el cliente, con una calidad óptima, el tiempo solicitado y en las cantidades requerida.

Lean Manufacturing es uno de los enfoques de gestión más eficaces, que ha sido adoptado por muchas empresas manufactureras de diferentes tamaños organizacional. El concepto de Lean Manufacturing fue propuesto por una empresa

automovilística japonesa, Toyota, durante los años 50, que se conoció como Sistema de Producción Toyota (TPS). El objetivo principal de este enfoque es la reducción de costes mediante la disminución de las actividades que no añade valor al proceso, haciendo uso de las herramientas y técnicas de fabricación ajustada, como la fabricación justo a tiempo (JIT), el mapa del flujo de valor (VSM), filosofía de la 5s, el mantenimiento productivo total (TPM) y el intercambio de matriz en de 10 minuto (SMED).

Para complementar con lo anterior mencionado, “en el 2005 Melton menciona que solo el 5% de las actividades de las empresas agregan valor y el 60% no agregan valor del todo; Taj y Berro (2006) afirman que las empresas de manufactura desperdician alrededor de 70% de sus recursos; Jones, Hines y Rich reclaman que para muchas organizaciones menos del 10% de las actividades agregan valor y casi un 60% no agregan ningún valor” (Mantilla y Sánchez, 2012, p.25). En ese sentido, hay un importante porcentaje de actividades que, siendo innecesarias, elevan los tiempos y costos de la producción.

La intención de este proyecto de investigación fue desarrollar la aplicación de Lean Manufacturing en el sector de plástico para otorgar una mejora continua en los sistemas de producción y poder generar una serie de ventajas competitivas que le permita estar a un nivel superior no solo en precio sino, también calidad de sus productos, tiempos de entrega óptimos y reducción de desperdicios.

Para lograr el objetivo, inicialmente se realizó una revisión exhaustiva de la literatura para explorar los principales impulsores de la filosofía Lean Manufacturing

señalados por varios autores en el contexto de las empresas de manufactura. En segundo lugar, se seleccionó la empresa del rubro de plástico, para la implementación del proyecto de investigación en los procesos de fabricación. En tercer lugar, se procedió un diagnóstico inicial para evaluar los aspectos críticos que influyen en el proceso de fabricación como los desperdicios y cuello de botella. Durante la fase de implementación de las herramientas de la filosofía Lean Manufacturing, se realizó las evaluaciones técnicas y económicas de las propuestas de mejora, cuantificándose como resultado en el incremento de la productividad obtenida como señala la teoría.

Finalmente, el esfuerzo de desarrollar de este proyecto de investigación permitirá a las diferentes empresas del rubro de plástico encontrar una guía para implementar nuevas estrategias y políticas para la mejora continua en su organización. Por ello dejo con rigurosidad el proyecto de investigación para que sea revisado por los especialistas.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la última revista publicada en el año 2019 por Plastics – the Facts¹ nos muestra un análisis estadístico relacionado a la producción, demanda y la contribución de la industria del plástico en el crecimiento económico y prosperidad en el mundo y en los países europeos. La producción del 2018 alcanzó los 360 millones de toneladas superando, la producción del año anterior. Nuevamente, el continente asiático tuvo mayor participación en la producción mundial del plástico representando el 51%. En este continente destaca el país de China como líder en la producción mundial del Plástico representando el 30%. El segundo continente del ranking de regiones productoras de plástico en el mundo obedeció a la NAFTA (conformada por México, EE. UU. y Canadá), con el 18%. Tercer lugar representa al continente europeo con el 17% de la producción de plásticos a nivel mundial. Por su parte, Medio Oriente y África alcanzaron en conjunto el 7% y América Latina contribuyó con el 4%. Finalmente, la región CIS (Comunidad de Estados Independientes formada por exrepúblicas soviéticas) generó el 3% de la producción mundial de plásticos.

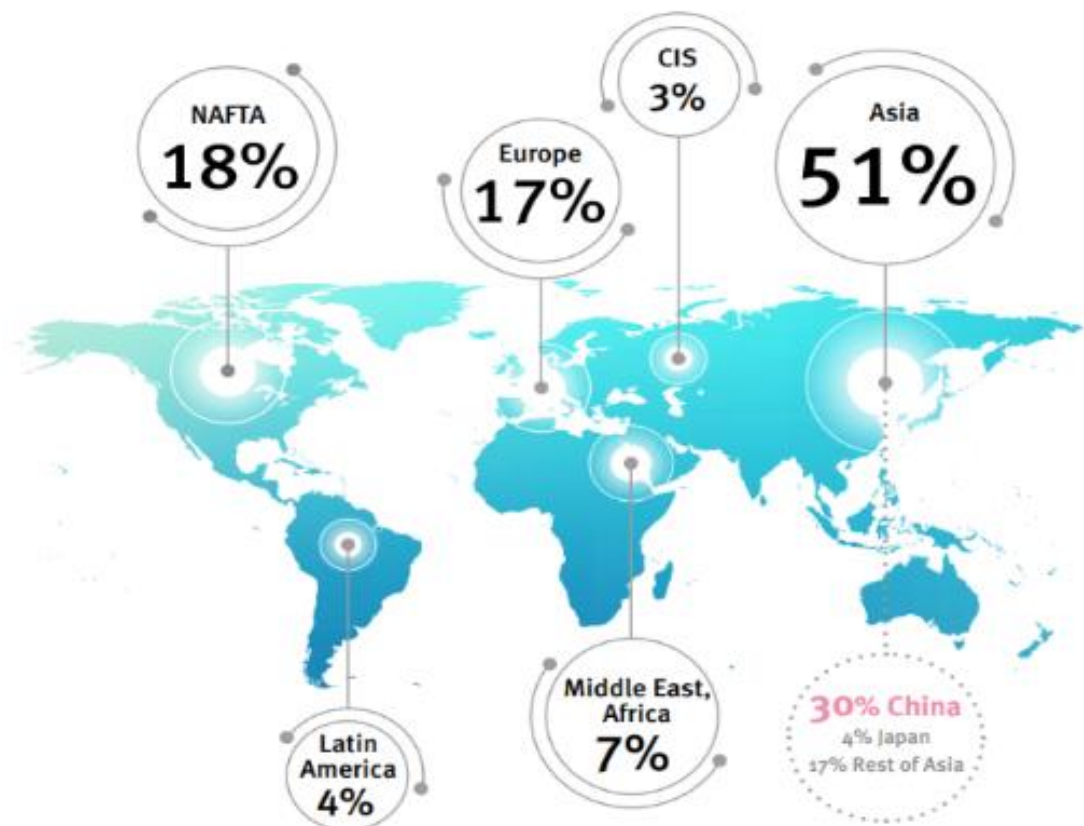
La producción mundial de plásticos ha mantenido un importante nivel de crecimiento desde su aparición en los años 50. Su uso en la industria ha sido fundamental para el desarrollo y crecimiento económico de varios países del mundo. Está caracterizado por un gran dinamismo, su competencia global está basada en los costos lo cual exige excelencia operativa y competitividad empresarial. Para un entorno empresarial competitivo, la innovación debe integrarse y fomentarse en todas las dimensiones: producto, proceso y

¹ Revista Plastics_the_facts2019, disponible en <https://www.plasticseurope.org/>

organización. Debido a esta tasa de crecimiento de competencia, las industrias de plástico están bajo una presión creciente para evaluar continuamente sus estrategias comerciales con el fin de adaptarse al mercado que está en constantes cambios.

Figura 1

Distribución Global de la producción de plásticos en el mundo al 2019



Fuente: Revista *Plastics_the_facts2019* (p.5), por la Organización de Plásticos Europe.

Nota: La figura representa la distribución y contribución de los continentes en la fabricación de toneladas de plástico en el mundo.

La ventaja de hacer uso del plástico como materia prima en la fabricación de diferentes aplicaciones (extrusión, inyección, soplado, rafia, etc.), es debido a su bajo costo, facilidad de transformación y durabilidad relativa. Las máquinas de extrusión, accesorios y los moldes de acero/aleación logran una alta tasa de producción. Sin embargo; tanto la maquinaria, los accesorios, como

los moldes son equipos caros y su costo fijo se minimiza en la producción en masa. Por lo tanto, el uso eficiente de los recursos y la eficacia es crucial para un entorno competitivo en donde las fluctuaciones de la alta demanda y el aumento de la personalización cada vez es más exigente y frecuente. Por esta razón, cada vez más las industrias del plástico buscan metodologías, métodos, técnicas y/o herramientas que les permitan mejorar sus productos y características de servicio, perfeccionar sus procesos, disminuir costos, reducir los tiempos de plazo, mejorar la rentabilidad del capital y la satisfacción de los clientes. Una respuesta a estos desafíos para las empresas manufactureras del rubro de plástico adquiera y conserva una ventaja competitiva es con la implementación del modelo de excelencia Lean Manufacturing o Manufactura esbelta.

En el caso del sector Nacional según los últimos reportes estadístico realizado por la Sociedad Nacional de Industria (SIN) afirma que *“En los últimos seis años la fabricación de productos de plástico ha sostenido una tasa de crecimiento y de contracción. Durante los años 2013 y 2018, la producción de productos de plástico se expandió el 11.2% y creciendo a una tasa promedio de 2.2%. En el 2013 y 2014, la industria de plástico creció en 17.3% y 7.9% respectivamente, influenciando por un crecimiento en la demanda de tuberías y accesorios de PVC y aquellas industrias que elaboran envases y etiquetas para bebidas no alcohólicas (agua, gaseosas o bebidas rehidratantes) que requirieron una mayor cantidad de envases y etiquetas. Sin embargo, como consecuencia de la menor actividad productiva del sector construcción, la desaceleración del comercio y el debilitamiento de otras industrias demandantes de productos de*

plásticos, la producción evidenció caídas por dos años consecutivo, en el 2015 se contrajo en 1.8% y en el 2016 decreció en 0.8%² (ver figura 2).

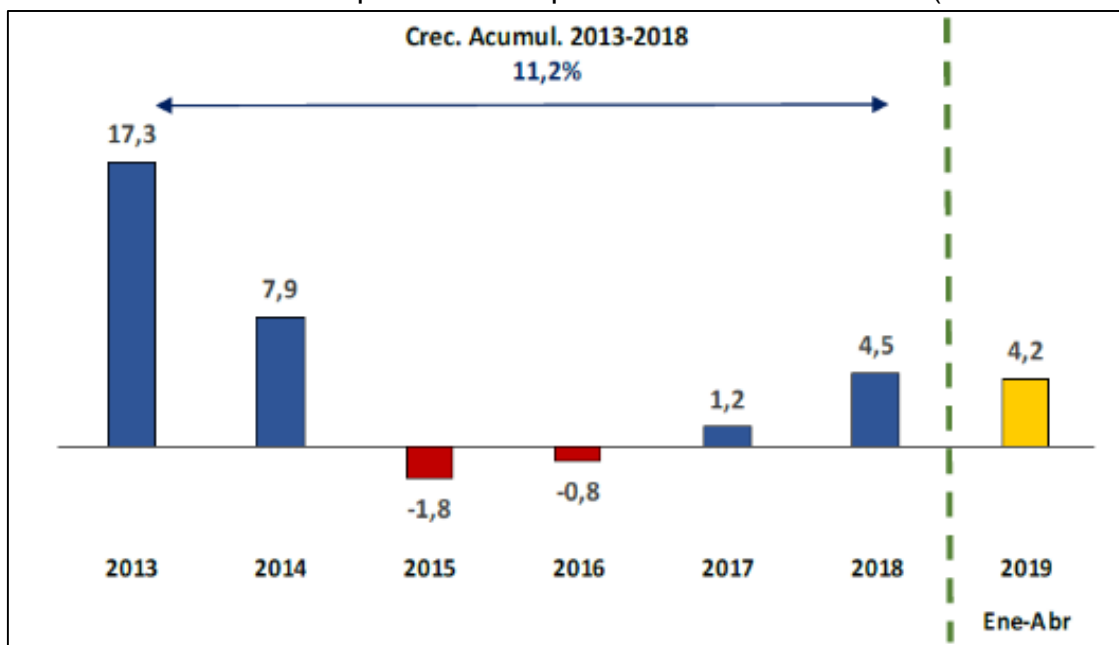
Asimismo, la misma Sociedad Nacional de Industria (SNI) afirma que: *“Posteriormente, en el 2017, la industria de productos de plástico mostró una ligera recuperación y creció 1.2% impulsado por la mayor ejecución de mayores obras públicas, el leve aumento de las ventas a la industria, agroindustria y otros sectores económicos (minería, agropecuario y comercio). En el 2018, la producción industrial de productos de plástico se expandió en 4.5%, la tasa más alta de crecimiento desde el 2014. Este buen desempeño es debido a la mayor demanda de productos de plástico para obras de construcción, artículos para transporte, envase y embalaje con la finalidad de satisfacer la demanda interna. Asimismo, la demanda externa también impulsó la mayor producción de plásticos al crecer el 16% respecto a lo registrado en el 2017. En el primer cuatrimestre del 2019, la producción industrial de productos de plástico creció una tasa promedio del 4.2% con relación al mismo periodo del año anterior. Esta mayor actividad productiva se explicó principalmente por el incremento de la demanda de tubos de plásticos y la mayor fabricación de placas, láminas y cintas de plásticos”³ (ver figura 2).*

² Reporte Sectorial N° 04-2019 – SNI, disponible en www.sni.org.pe/estudios-economicos

³ Reporte Sectorial N° 04-2019 – SNI, disponible en www.sni.org.pe/estudios-economicos

Figura 2

Producción industrial de productos de plásticos del 2013 al 2019 (var. % anual)



Fuente: Reporte sectorial N° 04-2019 de la Sociedad Nacional de Industria (p.8), por el Ministerio de Producción.

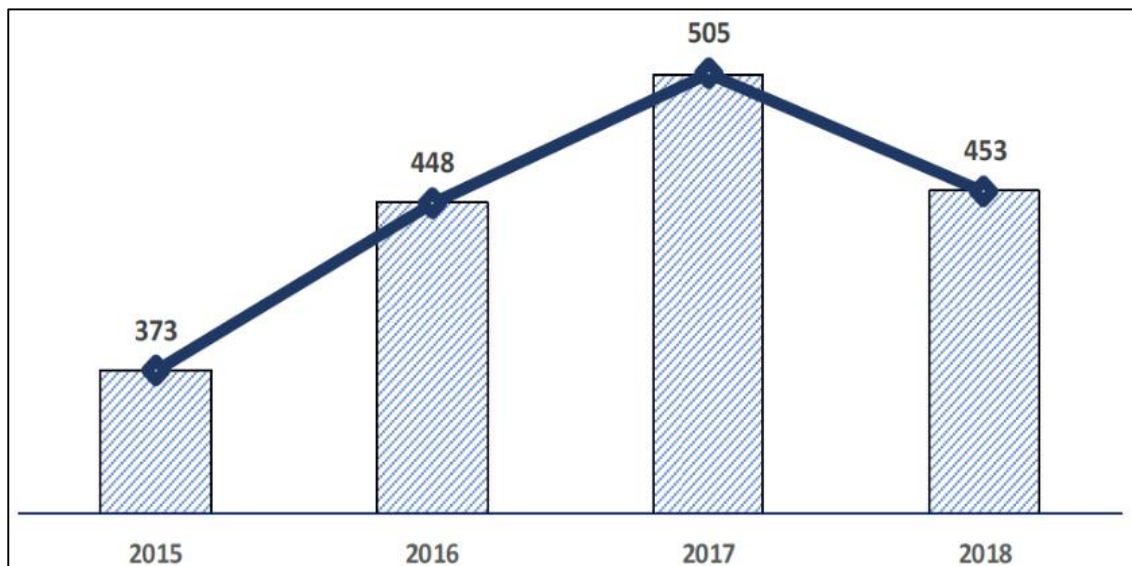
Nota: El gráfico representa la tasa de crecimiento y de contracción de la industria del plástico en el sector nacional en el periodo 2013 a 2019.

Por otro lado, la Sociedad Nacional de Industria (SINI) afirma que: “En el 2018, el aporte por tributo interno (PBI) de la industria del plástico ascendió a S/. 453 millones monto menor en 10.3% respecto a lo registrado en el 2017, representando el 3.1% del total de tributos internos aportados por el sector manufactura. Asimismo, en los últimos cuatro años (2015 – 2018), los aportes por tributo internos alcanzaron los S/. 1779 millones, cifra equivalente 1.7 veces el presupuesto anual del 2019 para la lucha contra la anemia. Estas cifras demuestran que tan importante es el rubro industrial del plástico en la economía de nuestro país como en el mundo”⁴. (ver figura 3).

⁴ Reporte Sectorial N° 04-2019 – SINI, disponible en www.sni.org.pe/estudios-economicos

Figura 3

Tributos internos de la industria de plástico del 2015 a 2018 (millones de soles)



Fuente: Reporte sectorial N° 04-2019 de la Sociedad Nacional de Industria (p.8), por el Ministerio de Producción.

Nota: El gráfico representa la contribución de tributos internos que beneficia la industria del plástico al estado peruano en el periodo 2013 a 2019 en unidades de millones de soles.

En el presente proyecto de investigación, se desea implementar el modelo de excelencia Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico. Todo el proyecto se desarrolló en una empresa líder en el mercado nacional de Masterbatch, cuyos datos generales son los siguientes:

- ✓ Razón Social: **Mastercol S.A.**
- ✓ R.U.C. N°: **20512217533.**
- ✓ Domicilio Legal: **Av. Los Frutales N° 211 Urb. Fundo Monterrico Grande - Ate Vitarte - Lima.**

La empresa Mastercol, se fundó en 1974 por Hans. H. Traver y actualmente es liderada por la CEO Mirtha Guevara, considerados célebres en

la industria de plástico en el Perú. Actualmente la empresa Mastercol lidera el mercado nacional en la fabricación de concentrados de color y aditivos, denominados también como Masterbatch. Mastercol nació para servir a sus clientes con productos calidad, buen servicios y soluciones efectivas para todos sus requisitos en la conversión de plástico. La Planta cuenta con más de 160 colaboradores distribuidos en las diferentes áreas como muestra en el organigrama de la figura 4, de las cuales el 70% se encuentran en los diferentes procesos productivo (ver figura 5) como es molienda, aplicación, producción de aditivos, producción de Masterbatch de colores, pesado y mezclado.

La empresa Mastercol S.A. tiene como Misión y Visión lo siguiente⁵:

- **Misión:**

“Aportar valor a nuestros clientes en cada etapa de sus negocios, brindando productos de alta calidad, servicios excepcionales y soluciones innovadoras. Orientamos nuestra estrategia hacia relaciones a largo plazo, brindando soporte y acompañamiento constante. Nos capacitamos para anticiparnos a las necesidades del mercado y proveer soluciones creativas”.

- **Visión:**

“Ser aliado estratégicos de todos nuestros clientes, contribuir al fortalecimiento de una industria plástica responsable y ser la empresa más apreciada y valorada de nuestra industria”.

⁵ Información obtenida de Matercol S.A. disponible en: www.mastercol.pe

Asimismo, la empresa cuenta con los siguientes valores⁶:

▪ **Somos inclusivos:**

“Alentamos el trabajo en equipo sin distinción alguna, propiciando el desarrollo personal de todos sus miembros”.

▪ **Nos comprometemos:**

“Reconocemos nuestras responsabilidades y nos comprometemos en su cumplimiento como equipo con pasión hasta lograr la excelencia”.

▪ **Somos íntegros:**

“La integridad rige nuestras acciones en la manera de hacer negocios y conducir nuestras actividades”.

▪ **Nos Relacionamos:**

“Ateoramos las relaciones con nuestros queridos clientes y trabajamos con pasión para mantenerlas a muy largo plazo, cumpliendo sus requerimientos y excediendo sus expectativas”.

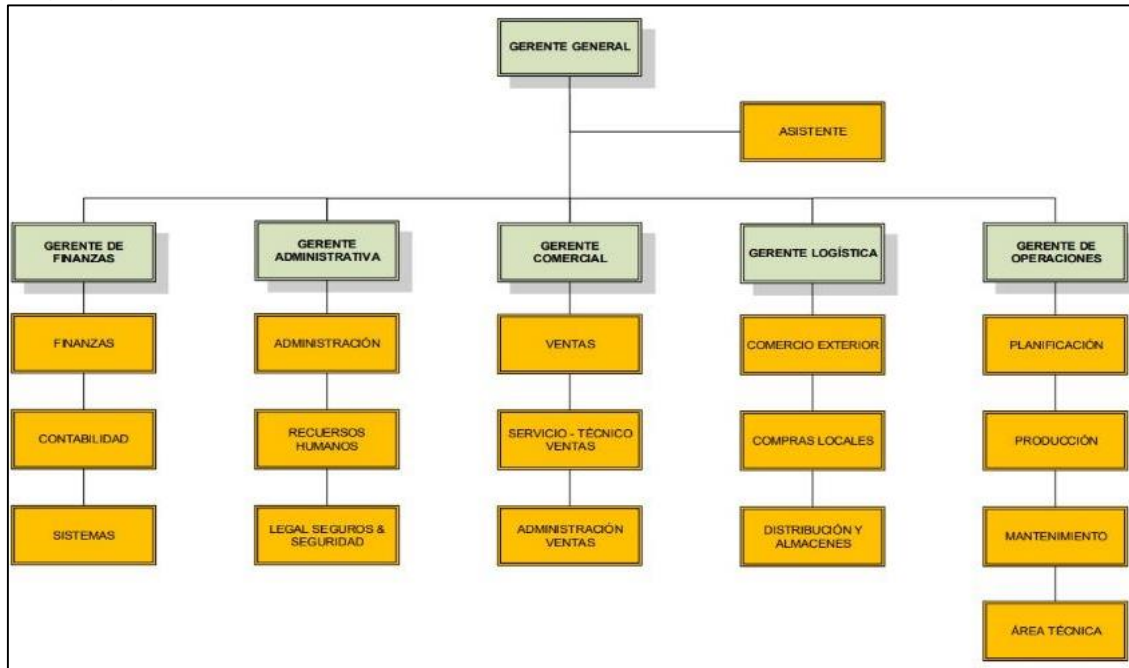
▪ **Somos responsables:**

“Trabajamos unidos con responsabilidad por el medio ambiente, la salud y la seguridad para todos”.

⁶ Información obtenida de Matercol S.A. disponible en: www.mastercol.pe

Figura 4

Organigrama General de la empresa Mastercol S.A.

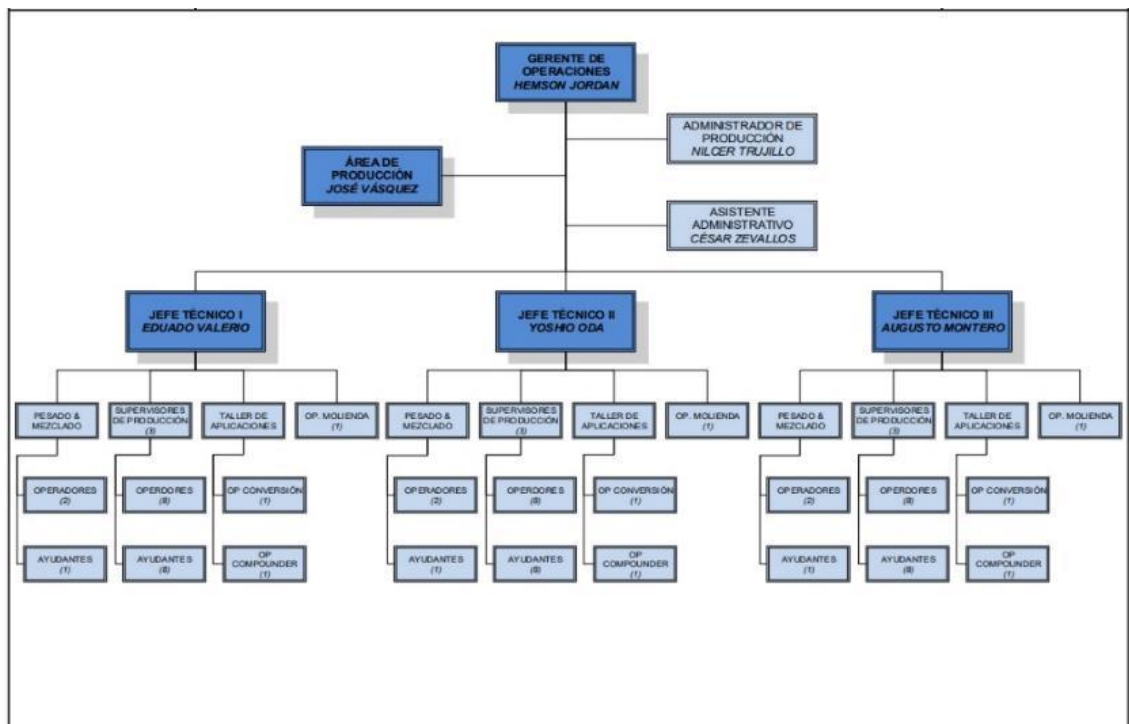


Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa la división de jerarquía en la organización de Mastercol S.A.

Figura 5

Organigrama de operaciones de la empresa Mastercol S.A.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa los responsables del área de operaciones de la empresa Mastercol S.A.; esta división conforma todo el equipo de producción.

Como en la anterior mención, la empresa Mastercol lleva muchos años fabricando de concentrados de color y aditivos. El Masterbatch es un producto sólido en el que los pigmentos o aditivos con soporte de polímeros se dispersan de manera óptima a altas concentraciones mediante tratamiento térmico en las máquinas extrusoras llamadas compounders. El Masterbatch es fundamental en la fabricación de productos finales hechos de plástico ya que le da la esencia del color y los componentes adecuados dependiendo su aplicación.

La empresa Mastercol fabrica una gama de variedad de colores de Masterbatch de las cuales están agrupadas en 4 familias. Se tiene a la familia de los Masterbatch blanco, negros, colores y aditivos que son utilizados en aplicaciones como laminados, revestimientos, tuberías, termo formados, películas protectoras, moldeo por soplado, moldeo por inyección. Polipropileno, sistema de soporte universal, diseños de equipos industriales, construcción, alimentos y en otros diferentes procesos.

Tabla 1

Productos de Masterbatch de la empresa Mastercol S.A.

Código	Familia	Tipo de Resina	Índ. de Fluidéz	Ingrediente (s)/Concentración	Comentarios
RG-70	Blanco	PEBD	20	TiO ₂ / 70%	Apto para Alimentos
RG-50	Blanco	PEBD	20	TiO ₂ / 50%	Apto para Alimentos
LL-70	Blanco	PEBDL	20	TiO ₂ / 70%	Apto para Alimentos
50-PP	Blanco	PP	35	TiO ₂ / 50%	Apto para Alimentos
50-AI	Blanco	PSAI	8	TiO ₂ / 50%	Apto para Alimentos
74	Negro	PEBD	20	Organico / 40%	Apto para Alimentos
74-PP	Negro	PP	35	Organico / 40%	Apto para Alimentos

74-LL	Negro	PEBDL	20	Organico / 40%	Apto para Alimentos
811	Aditivo	PEBD	20	Hals / 7%	Apto para Alimentos
812	Aditivo	PEBD	20	Absorvedor 10%	Apto para Alimentos
82	Aditivo	PEBD	20	Erucamida 5%	Apto para Alimentos
20	Amarillo	PEBD	20	Organico / 13%	Apto para Alimentos
264	Buff	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 47%	Apto para Alimentos
316	Lucuma	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 25%	Apto para Alimentos
440	Rosado	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 31%	Apto para Alimentos
40	Rojo	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 21%	Apto para Alimentos
50	Azul	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 16%	Apto para Alimentos
543	Turqueza	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 36%	Apto para Alimentos
544	Borgoña	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 28%	Apto para Alimentos
60	Verde	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 32%	Apto para Alimentos
920	Marron	PEBD	20	Orgánico E Inorgánico 31%	Apto para Alimentos

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta tabla muestra la relación de productos de Masterbatch, agrupados por blanco negro, aditivos y colores para diferentes.

La empresa Mastercol durante sus más de 40 años de vida organizacional, ha logrado fortalecer la confianza, satisfaciendo a varios clientes transformadores del plástico a nivel nacional e internacional. Su calidad y precio del Masterbatch es lo que más valoran los clientes y se mantiene en el marco de la competitividad del mercado. Actualmente la empresa cuenta con clientes en los diferentes países como Bolivia, Chile, Ecuador, Brasil, entre otros, que hoy en día mantienen comunicación en todo momento para solucionar sus problemas con respecto a la ampliación del Masterbatch a sus productos finales.

En la tabla 2. mostramos un top 10 de la cartera de clientes de la empresa Mastercol y la descripción ordenada de la cantidad de Masterbatch que se despachó en el año 2020, siendo Peruplast S.A. el cliente N° 1 en consumo

de Masterbatch.

Tabla 2

Top 10 de Clientes de la empresa Mastercol S.A.

Item	Clientes	Producción (Kg)	% Produccion
1	PERUPLAST S.A.	977,693	29%
2	GLOBALPLAST S.A.C.	404,275	12%
3	TDM GEOSINTETICOS S.A.	351,400	10%
4	MEGAPACK GROUP SAC	296,300	9%
5	PQA DEL PERU S.A.C.	290,325	8%
6	IBEROPLAST S.A.C.	279,341	8%
7	TRUPAL S.A.	233,310	7%
8	SURPACK S.A.	216,473	6%
9	MANUFACTURAS CIMA PERU S.A.C.	208,100	6%
10	EMUSA PERU S.A.C.	164,200	5%
TOTAL		3,421,417	100%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta tabla muestra el top 10 de los clientes que consumen mayor demanda de Masterbatch.

Para empezar con el trabajo de investigación se realizó un diagnóstico los datos históricos registrados en el sistema ERP (Enterprise Resource Planning) de la empresa. Exportamos todos los datos del área de producción relacionados a nuestro proyecto de investigación. Estos datos representan los tiempos improductivos y los motivos que afectaban al área de producción de Masterbatch en un periodo de enero a junio del 2021.

Haciendo uso de la herramienta estadística como el diagrama Pareto, se realizó el análisis e interpretación de los datos de los tiempos improductivos y sus motivos, con el fin de identificar las posibles causas que

impacta negativamente la productividad de la empresa. Finalmente se realizó una entrevista al personal de planta para entender cuales son los motivos que afectan la baja productividad en el área de producción. En este Ishikawa (ver figura 7) se mostró las 6M (variables de variación) que están presente en todo proceso (Mano de Obra, Máquina, Método, Medición, Medio Ambiente y Materiales).

De la tabla 3 de tiempo improductivos, mostramos el nivel de jerarquía ordenado de manera descendente, asimismo el porcentaje de impacto. La importancia de construir esta tabla es para el diseñar del diagrama Pareto e identificar las causas significativas que afectan la productividad área de producción. En el diagrama Pareto de la figura 6, se observa que el 80% está concentrado en las 4 primeras causas. Esta distribución es fundamental para saber dónde concentrar todo nuestro esfuerzo en el proyecto.

Tabla 3

Tiempos improductivos de producción de enero a junio del 2021

Items	Descripción De Los Tiempos Improductivos	Horas	%	Tota Acum %
1	Limpieza De Máquina Por Cambio De Producto	176	33%	33%
2	En Espera - Evaluación De Color	152	29%	62%
3	Sin Orden De Producción	56	11%	73%
4	Preparación De Materiales Y Insumos	46	9%	81%
6	Calibración De Los Dosificadores	27	5%	86%
7	Pare De Producción Por Falla De Equipo	16	3%	89%
8	Falla Proceso Inicial De La Producción	10	2%	91%
9	Atoro Tolva Guia	9	2%	93%
10	En Espera – Insumos	8	2%	95%
11	Mantenimiento Reparación	7	1%	96%

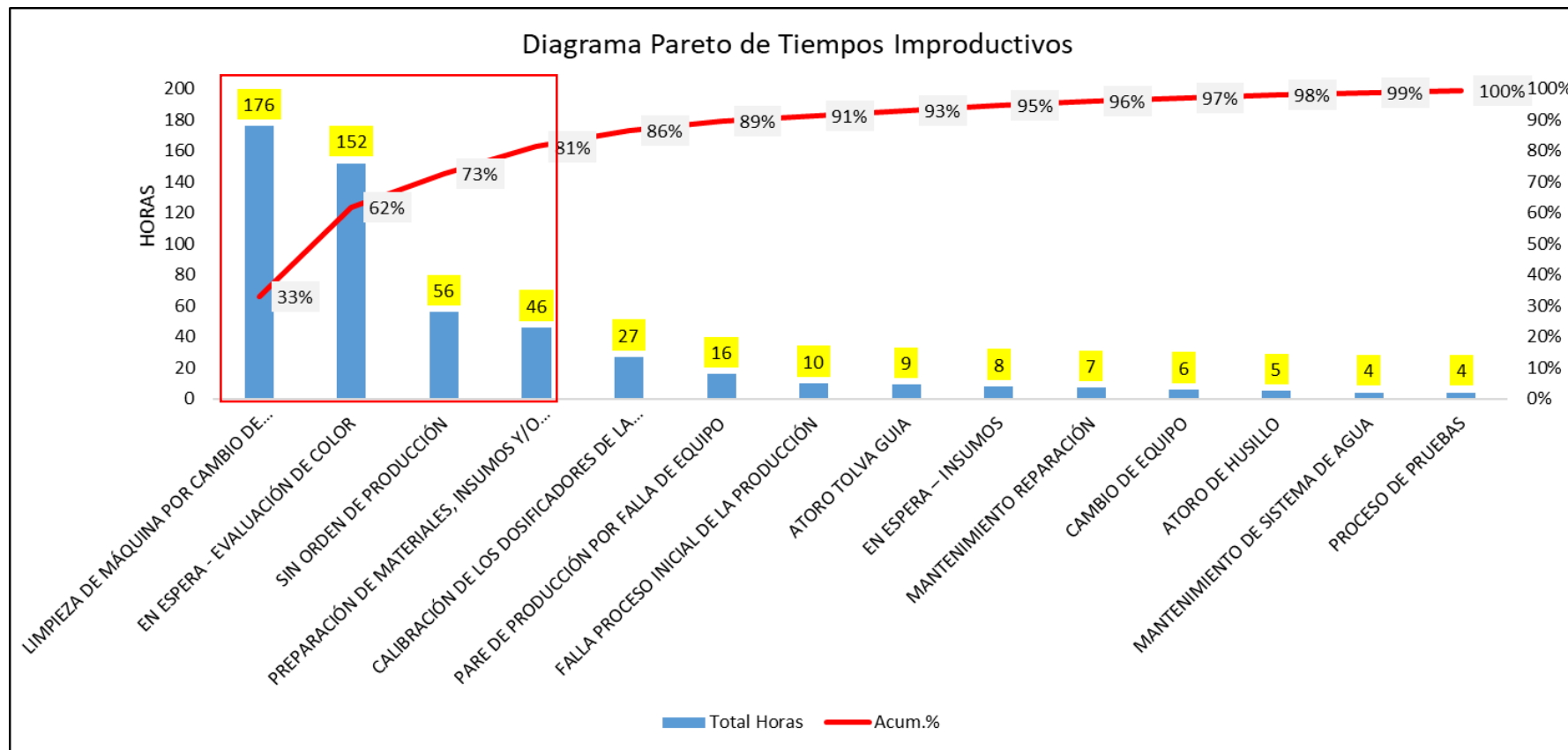
12	Cambio De Equipo	6	1%	97%
13	Atoro De Husillo	5	1%	98%
14	Mantenimiento De Sistema De Agua	4	1%	99%
15	Proceso De Pruebas	4	1%	100%
TOTAL		526	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta tabla muestra un registro de datos de tiempos improductivos acumulados durante cada orden de producción durante un periodo de enero a junio del 2021.

Figura 6

Diagrama Pareto de tiempos improductivos de enero a junio del 2021.



Fuente: Elaboración propia.

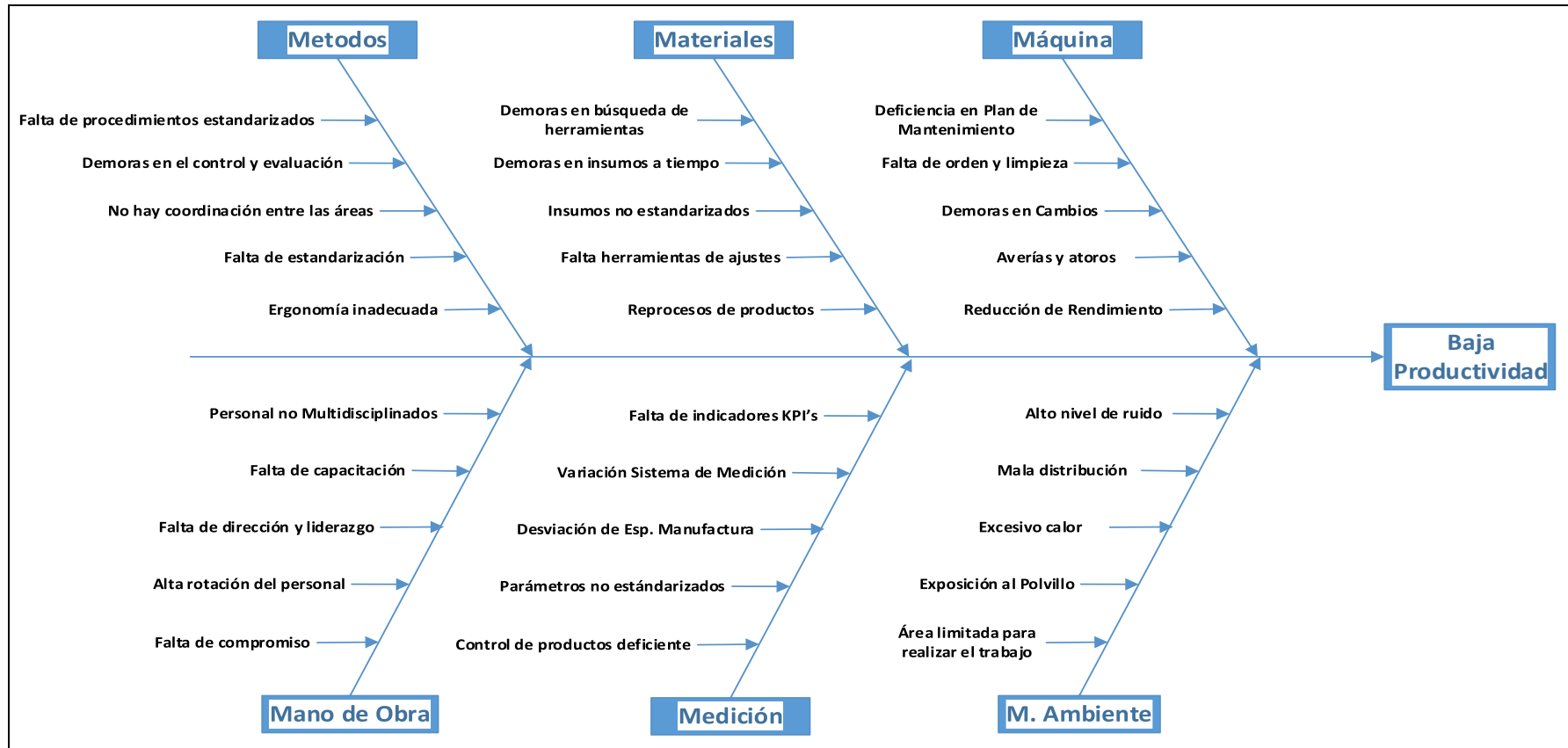
Nota: En esta figura representa la distribución de los tiempos improductivos acumulados ordenadamente. El 80% de estas causas es debido al tiempo excesivo en limpieza de máquina por cambio de color, las esperas por evaluación de control de calidad, las demoras por las ordenes de producción y la preparación de los materiales (pesado y mezclado).

Basado a ese contexto, la gerencia decidió apostar por la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing. Esta decisión se alinea a las estrategias de reducir y mitigar los riesgos que afecten económicamente a la empresa y la productividad en global. Es por ello que se determinó en primer lugar, realizar un diagnóstico Lean con la herramienta Value Stream Mapping (VSM); identificar todos los desperdicios que afecten la productividad y proponer eventos Kaizen para reducir o eliminarlos. Entre los eventos Kaizen implementaremos las herramientas como la 5S y Single Minute Exchange of Die (SMED).

Es importante implementar para este proyecto de investigación la herramienta 5S para generar disciplina, cultura de orden y limpieza en los responsables de cada actividad que conforma el área de producción. Finalmente, con la herramienta Single Minute Exchange of Die (SMED) lograremos reducir los tiempos de cambios de un color a otro y cumplir los plazos de entregas de los requerimientos de los clientes. Todo ello será analizado estadísticamente con los principios del Six Sigma, con la finalidad de demostrar que la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing fue exitosa y mediante los indicadores de eficiencia y eficacia, lograremos demostrar que estas herramientas mejoraron la productividad en el área de producción de Masterbatch.

Figura 7

Diagrama Ishikawa del proceso de producción de Masterbatch



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se muestra el diagrama Ishikawa como la presentación del análisis cualitativo de la información obtenida por el personal de planta el cual describe las posibles causas que afectan directamente la baja productividad en el proceso de producción de Masterbatch.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL.

- ¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficiencia en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico?
- ¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficacia en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico?

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

- Determinar como la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar como la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficiencia en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico.
- Determinar como la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la eficacia en el área de producción de Masterbatch en el sector de plástico.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En el presente trabajo de investigación se realizó la implementación del modelo de excelencia Lean Manufacturing en una empresa del rubro de plástico fabricante de Masterbatch. Para el proyecto se implementaron las herramientas como la 5S, VMS y SMED en los procesos de producción de Masterbatch, con la finalidad de mejorar la productividad por medio de la eliminación de los desperdicios o actividades que no generan valor a la empresa. Empezamos con la teoría de Lean Manufacturing, haciendo un diagnóstico del proceso de producción de Masterbatch con la herramienta Value Stream Mapping (VSM). Este VSM reflejó visualmente la realidad actual del proceso de producción, identificando los desperdicios que afectan la productividad y los eventos Kaizen que serán las acciones de mejoras. Mientras que las 5S nos permitió generar una cultura de orden y limpieza en todo el equipo de Producción y finalmente la técnica SMED nos ayudó a reducir los tiempos de cambios constante de un producto a otro y cumplir con los tiempos de plazo de entrega de los requerimientos del cliente. Toda la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing ayudó mejorar la productividad en el proceso de producción de Masterbatch, lo cual fue demostrado en un incremento de la rentabilidad y competitividad para la empresa.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El presente trabajo de investigación se justifica de manera práctica, ya que consiste en la aplicación de las herramientas del Lean

Manufacturing en el proceso de producción de Masterbatch en la empresa Mastercol S.A. La investigación presenta evidencias en base a resultados obtenidos experimentalmente los cuales son medidos y cuantificados a través de indicadores de productividad, ahorro de costos, reducción de tiempos y la mejora de calidad de los productos. Resaltar también del impacto de adquirir un pensamiento esbelto y el desarrollo de competencias en el personal de producción.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La presente investigación, se justifica desde el punto de vista económico; ya que se logró mejorar la productividad y a la vez incrementar la rentabilidad en la empresa Mastercol S.A. Al implementar el modelo de excelencia Lean Manufacturing logramos optimizar los procesos productivos, reduciendo las actividades o desperdicios que no genera valor al proceso o que el cliente no está dispuesto a pagar. Al eliminar estos desperdicios reduciremos los costos de fabricación e impactando positivamente en las utilidades. Por defecto, se generó un incremento en la productividad que impacta directamente en la rentabilidad.

1.5. LIMITANTES.

El presente trabajo presenta las siguientes limitantes:

1.5.1. LIMITANTE ESPACIAL

La presente investigación, presentó un limitante espacial por la coyuntura actual de la pandemia, la empresa Mastercol S.A. restringió su

acceso a las instalaciones durante los primeros meses de la propagación del coronavirus 2019 (COVID19). Se procedió con el proyecto de investigación adaptándonos al nuevo protocolo de seguridad de la empresa, el cual consistía en que sólo fuéramos uno por equipo para levantar toda información relevante para el tema. Este método de trabajo hizo que se prolongara algunas fechas planificadas según nuestro cronograma del proyecto.

1.5.2. LIMITANTE TEMPORAL

Un limitante presente en todo proyecto de investigación fue el factor tiempo. La presente investigación, se presentó a gerencia y se estimó un tiempo límite para obtener resultados tangibles. Como investigadores tuvimos que dosificar y distribuir nuestro tiempo para poder cumplir con el objetivo del proyecto. Muchas ocasiones el tiempo con que contábamos para investigar era demasiado corto, por responsabilidades propias que teníamos cada uno de los integrantes, como trabajar, estudiar o pasar tiempo en familia. Además, con la coyuntura actual del coronavirus 2019 (COVID19), tuvimos que postergar fechas hasta ser atendidos por la empresa.

1.5.3. LIMITACIONES TEÓRICA

Existen limitantes acerca de las variables utilizadas, desde el punto de vista académico y también como información libre y abierta. En las webs y papers de investigadores extranjeros hay mayor alcance de obtener información, pero se encuentra con diferente idioma, entre el

idioma más común el inglés. Es escaso la información relevante con respecto a la aplicación de las variables Lean Manufacturing y procesos de producción de Masterbatch. Por otro lado, a nivel nacional logramos obtener información de algunos colegas aplicando herramientas específicas del modelo de excelencia Lean Manufacturing en donde los objetivos son semejantes, pero en diferente rubro de empresa. Prácticamente el trabajo de investigación es único en su clase en aplicar las herramientas de Lean Manufacturing en el rubro de la empresa actual.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.

2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

a. SASCÓ Blanco, Sharon Gianella (2019). Análisis y propuesta de mejora aplicando herramientas de Lean Manufacturing en la línea de acabados de la construcción en una empresa fabricantes de productos de Plásticos. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Resumen: Esta tesis, tuvo como objetivo general elaborar el análisis y propuesta de mejora de la línea de productos de plásticos seleccionadas en la Empresa empleando herramientas de Lean Manufacturing, de tal manera que mejore la calidad del producto y disminuya los costos y tiempos de entrega. En el proyecto de investigación se propusieron implementar las herramientas SMED, 5S, Mantenimiento Autónomo y el sistema andón. Su aplicación de las herramientas Lean Manufacturing en conjunto obtuvieron un VAN económico de S/ 25,427.42 anual y un TIR económico de 85%.

Conclusión más relevante: Se concluye que la aplicación de la herramienta SMED contribuyó en la disminución de tiempo de traslado del operario para la preparación de la máquina extrusora en aproximadamente un 42% del tiempo actual, el cual puede ser empleado como tiempo productivo de fabricación de otros productos de la línea.

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se

asemeja al desarrollo de nuestro tema; además que el rubro de aplicación es semejanza al nuestro. Notamos también que la implementación de las herramientas Lean Manufacturing logró cumplir con las necesidades que surgían en el contexto de la organización. En base a ese contexto la elección de las herramientas como el SMED, 5S, mantenimiento autónomo y el sistema andón se adaptaron con facilidad a la problemática que tienen la mayoría de las industrias del plástico. Rescato bastante la efectividad que tuvo la herramienta SMED para incrementar la productividad del proceso de extrusión.

b. MELÉNDEZ Rodríguez, Diego Miguel (2017). Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de hojas de planta lijás en la empresa QROMA S.A. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima].

Resumen: Esta tesis, tuvo como objetivo general proponer mejoras en la producción de lijás de hojas de la Planta, haciendo uso de herramientas del Lean Manufacturing, en la empresa QROMA S.A. Los resultados del proyecto de investigación se propuso usar la herramienta Value Stream Mapping, el cual permitió determinar que solo el 6,55% del tiempo total de producción agrega valor, con un Lead Time de 15,05 días. Siendo el área de conversión el proceso con mayor Lead Time de 7,63 días, el cual demuestra un claro despilfarro por sus altos tiempos de producción. Al realizar el balance de línea y mecanización del área de embalaje, se halló que con la demanda actual se puede reducir hasta 31,26 las horas de

producción programada del área y adicionalmente aumentar la producción. El beneficio económico o ahorro para la empresa, será de S/571,774 con un VAN de S/994,904, a una tasa del 20%, y una TIR modificada de 43%, concluyendo que el proyecto es viable en distintos escenarios.

Conclusión más relevante: Se concluye que la aplicación de la herramienta Mapeo de la Cadena de Valor (VALUE STREAM MAPPING – VSM) y el análisis del diagrama de relaciones de causa efecto, se determinaron los distintos desperdicios del área, resultando que el principal problema del área de conversión en la planta de producción de lijas, es la sobreproducción, la cual hace mal ya que su impacto se demuestra en el Box Score de la planta con un Lead Time de producción fuera de la meta establecida; mayor a 10 días, y genera pérdidas de ventas por no atender a tiempo a los clientes de alrededor de 1,5% mensual, causada por una inadecuada administración de la producción, falta de capacitación al personal, un inadecuado mantenimiento a las Cortadoras de Hojas y demoras de aprobación de lotes por Control de Calidad.

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se asemeja al desarrollo de nuestro tema; la implementación de la herramienta Value Stream Mapping logró identificar los desperdicios y cuello de botella que se presentaba en la línea de producción como también propusieron acciones de mejoras para mitigar estos riesgos que afectaban la productividad. Finalmente, el resultado del proyecto del autor, es lo que esperamos nosotros también obtener y si es posible superar las

expectativas. En nuestro trabajo de investigación, esta herramienta es clave porque será el inicio del desarrollo de todo el proyecto de implementación Lean Manufacturing.

c. ESTRELLA Prado, Oscar David Arturo; FUENTES Canales, Luis Miguel (2020). Propuesta de mejora para reducir los productos no conformes en una empresa de plásticos, utilizando herramientas de Lean Manufacturing. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

Resumen: El artículo se asienta en la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el sector dedicado a la manufactura de plásticos, en donde, se aplicarán métodos para reducir tiempos de preparación de maquinaria, para reducir las fallas de productos en proceso y reducir las paradas de máquina, los cuales son las metodologías 5'S, SMED y TPM. Además, se demuestra que la aplicación de estas influye de manera sustancial en la mejora de la productividad global de la empresa al atacar los procesos críticos que generan una mayor cantidad de contrariedades en la empresa. El objetivo es lograr la reducción de productos no conformes en las áreas críticas del proceso productivo que afectan la fiabilidad de los productos terminados que son distribuidos a los clientes. Al finalizar la implementación, el índice de producto no conforme se redujo de 10.35% a 7.70%, cabe señalar que este índice se midió después de concluida la implementación de la filosofía 5S y TPM. Las paradas no programadas se espera que se reduzcan de 859 anuales a 378

(este valor está proyectado anualmente, debido a que se tomó como referencia las paradas en los meses de setiembre y octubre).

Conclusión más relevante: En el caso de la metodología SMED, se aplicó el método de simulación mediante el software Rockwell Arena. Luego simular el modelo, se obtuvo que el proceso de cambio de matrices en el área de Extrusión se reduce de 64.20 a 50.90 minutos (lo que representa un 20.7% del tiempo total), mientras que en el proceso de Pegado el tiempo de cambio de clichés se reduce de 53.88 a 13.00 minutos (lo que representa el 75.9% del tiempo total). Finalmente, el tiempo de cambio de molde en el proceso Impresión Flexográfica se redujo de 91.90 a 64.44 minutos (lo que representa el 29.9% del tiempo total).

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se asemeja al desarrollo de nuestro tema; en esta investigación implementaron una herramienta Lean Manufacturing para reducir esos tiempos de cambios de matrices en el área de Extrusión. Este mismo hecho ocurre en nuestro proyecto de investigación, ya que en el rubro de plástico se tiene bien presente este factor que afecta la productividad. Lo que se buscó en la implementación SMED en el caso del autor fue principalmente reducir esos tiempos de cambios y aprovechar esos tiempos en mantener el ritmo de producción, logrando así un incremento y cumplimiento de la producción. Asimismo, coincidimos también, la importancia que implica cambiar el paradigma de las personas en generar cambios significativos, por ello comprendemos como esta herramienta SMED puede generar

competitividad en un mercado altamente dinámico y flexible como es el rubro de plástico.

d. ARROYO Paredes, Nelson Augusto (2018). Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

Resumen: El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica en términos que se traduzca en rentabilidad para la empresa a partir de la implementación del Lean Manufacturing. En el presente trabajo se mejora el sistema de producción de una empresa metalmecánica a través de la reducción del costo, mejora de la calidad, reducción del tiempo de fabricación e incremento de la producción. Para ello se implementan las herramientas del Lean Manufacturing como el Single Minute Exchange of Die (SMED-Cambio de herramientas), Estandarización de Operaciones y el Just in time (JIT-Justo a tiempo) en cada proceso crítico del proceso productivo. Para ello se realiza el análisis, diagnóstico e implementación de la mejora en el proceso productivo, obteniendo como resultado de la investigación, una reducción de 47% del set-up de las paradas programadas en el proceso roll forming postes y perfiles, una reducción de 59% del tiempo de reproceso en el proceso de granallado y una reducción de 17% del tiempo de fabricación en el ciclo productivo generado por el incremento de la producción en un 25%.

Conclusiones más relevantes: La implementación del SMED genera en el proceso de roll forming una reducción del 47% del set-up, generando un mayor impacto en el tiempo de cambio de formato de espesor con una reducción del 67%, dichas mejoras generaron una disponibilidad de la máquina en un 84% por ende un incremento de la producción en 3 toneladas por día en dicho proceso.

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se asemeja al desarrollo de nuestro tema; ya que inicia realizando un diagnóstico actual de la empresa y mantiene el orden del método correcto de implementación SMED. Además, tenemos semejantes objetivos e indicadores que nos permiten medir y asegurar el éxito del proyecto durante toda la implementación. Además, el uso efectivo de herramientas de control estadístico para validar el incremento de la productividad en el sistema de producción.

e. HUALLA Palo, Rody Nelson y CÁRDENAS Alvarez, Carlos (2017). Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PVC y PEAD aplicando Lean Manufacturing. [Tesis Título de Magíster en Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Resumen: La presente tesis está orientada a aplicar herramientas Lean en una empresa dedicada a la fabricación de tubosistemas que tiene como mercado el sector construcción. Se desarrolló

un análisis de la situación actual de la empresa y se detectaron los principales problemas, una vez seleccionados se aplicó las herramientas lean: 5S, SMED, TPM y Benchmarking, estas herramientas fueron adaptadas a la realidad de la empresa con el fin de mejorar y optimizar los procesos de mezclado compuestos y molienda scrap y de reducir el inventario de scrap mediante el incremento de su consumo y la reducción de su generación. La aplicación de las herramientas Lean permitió la estandarización de actividades, incremento de rendimientos, reducción de tiempos muertos trayendo como consecuencia la reducción del inventario de scrap de 323 toneladas en agosto del 2013 a 52 toneladas en julio del 2015, además la disminución de la generación de scrap de 9% en agosto del 2013 a 5.7% en julio del 2015. Económicamente se justificó el proyecto debido a que se obtuvo un ratio VPN de 379,849 dólares, TIR 40% y un ratio costo beneficio de 1.77.

Conclusiones más relevantes: Como resultado de la implementación de las 5s, se logró la disminución de los tiempos de tránsito de los materiales y herramientas en las actividades del área, es así que el impacto en costo de tiempos muertos por el desorden en mezclas y molinos era de 482 dólares mensuales paso a 96 dólares mensuales.

Comentario: Se considerará este antecedente de investigación, debido a que el autor aplica las mismas herramientas que nosotros de la filosofía Lean Manufacturing como son la 5S, SMED y el TPM. La aplicación de cada de una de estas herramientas tuvo mucho beneficio para la

organización, en la 5S mejoró el compromiso del personal, aumentó el rendimiento y la vida útil de los equipos. Con el SMED redujo esos tiempos de transporte y con el TPM un mejor control en los mantenimientos. El proyecto fue un éxito debido al gran ahorro que obtuvieron como efecto de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing.

2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

a. LOYOLA Macías, Luis Miguel (2014). Implementación de las Metodologías Six Sigma y Lean Manufacturing en las Líneas de Mezclado de Vainilla Artificial "Bethel". [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Autónoma de México].

Resumen: Esta tesis, tuvo como objetivo general corregir y regular los principales problemas de producción del proceso de mezclado mediante ciertas herramientas de la metodología Lean Manufacturing y Six Sigma, para reducir los problemas de producción, así como para mejorar y controlar de manera significativa el proceso con un enfoque de manera continua, cuya finalidad sea de la de satisfacer las expectativas del cliente para volver más competitivo el producto de la esencia artificial de vainilla. Los resultados de la investigación dan a conocer, que mediante la aplicación de la metodología Lean Manufacturing y Six Sigma se generó un amplio margen de mejora, logrando un nivel sigma 4.23, partiendo de las 6 sigmas es una mejora de cerca del 48.08% en la productividad.

Conclusiones más relevantes: La competitividad es una

compleja necesidad de las empresas para poder sobrevivir, las organizaciones echan mano de las herramientas de calidad existentes para sobresalir, Six Sigma y Lean Manufacturing son herramientas potenciales cuando la mentalidad de los integrantes de toda organización cambia y en conjunto ponen de su parte. La combinación de ellas basa sus principios fundamentales en ideas revolucionarias de la ingeniería industrial, cuyo fin es identificar las principales variaciones causantes de problemas generales de un proceso y corregirlo de una manera sencilla, efectiva, práctica y eficiente.

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se asemeja al desarrollo de nuestro tema; la implantación de este proyecto de mejora continua se realizó en una planta industrial en donde tenemos en común el proceso de mezclado. El autor reconoce que existe constante variación y desperdicios en el proceso de mezclado que afecta directamente la productividad y que la solución para sus problemas es la implantación de la metodología Lean Manufacturing y el análisis estadístico Six Sigma. Entre la herramienta Lean Manufacturing que rescató el autor y que en nuestro proyecto de investigación incluiremos es la 5S. Es importante trabajar en la cultura del orden, limpieza y disciplina para continuar con la siguiente fase que es el SMED.

b. PATIÑO Calcaneo, Daniel Democrates (2017). Aplicación de metodología Lean Manufacturing para una línea de producción en el sector automotriz. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad

Nacional Autónoma de México].

Resumen: Esta tesis, tuvo como objetivo general asegurar que el material de una armadora no se envíe mezclado con el similar de otra armadora y hacer más eficiente la línea reduciendo espacios y distancias, así como incrementando la productividad. Los resultados de la investigación dan a conocer, que mediante la aplicación de la metodología Lean Manufacturing se generó una reducción en espacio del 31.8% tomando en cuenta el espacio ocupado por las dos líneas (A y B) mientras que para la distancia entre operaciones se obtuvo una mejora de 57.1% y 30.7% para la línea A y B respectivamente. El número de piezas por hora se aumentó en 6% al implementar el flujo continuo y adicionalmente las 5s llegaron a 78.3%. Finalmente se obtuvo un ahorro total anual de \$ 28,071.84.

Conclusiones más relevantes: El presente proyecto tuvo como resultado mejora en espacio en 31%, se redujo la distancia entre operaciones en un 57% y 30% dependiendo el producto. El rate se incrementó de 200 a 212 lo que nos da un aumento de productividad de 6% con lo cual pudimos eliminar el esfuerzo de trabajo.

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se asemeja al desarrollo de nuestro tema; el desarrollo del proyecto de mejora continua se usaron algunas herramientas Lean Manufacturing que serán usados en nuestro proyecto de investigación como es la 5S, VSM y el

SMED. La estrategia tomada en primer lugar por el autor fue correcta ya que la teoría te exige que, en primer lugar, identificar los desperdicios que presenta los procesos actuales que afecte la productividad y la variabilidad en los procesos. Finalmente, tener una visión más holística de los desperdicios que afectan al proceso, hace más fácil el trabajo de la mejora continua para el autor en proponer acciones alineadas a cada desperdicio y priorizar en orden la implementación de las herramientas lean.

c. ALARCÓN Falconí, Andrés Humberto (2014). Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del Sector Plástico. [Tesis Título de Magíster en Sistema de Producción y Productividad, Universidad de Guayaquil].

Resumen: Esta tesis, tuvo como objetivo general es determinar por medio de las herramientas de Lean Manufacturing los indicadores en los procesos de producción que permitirán incrementar la productividad en Planta. Las herramientas OEE (Overall Equipment Effectiveness) y SMED (Single Minute Exchange of Die) fueron usadas como técnicas de Producción Esbelta o Lean Manufacturing para medir y hacer más eficiente la producción. Se hace un enfoque de cómo se está midiendo la productividad y se propone un método mediante la utilización de un KPI adecuado y útil.

Conclusiones más relevantes: Los resultados de la

investigación dan a conocer, que mediante la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se logró identificar los desperdicios que afectaban la productividad por medio del indicador OEE y se determinó reducir esos desperdicios con la herramienta SMED, logrando una disminución en los tiempos de cambios de moldes en 76 minutos. Finalmente se obtuvo un ahorro total anual de \$ 115,200.00.

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se asemeja al desarrollo de nuestro tema; en el proyecto se determinó implementar el indicador OEE para determinar que variables influenciaban en la baja productividad y a partir de ello se decidió elegir que herramienta Lean Manufacturing se adecuaba para la solución del problema. Para este caso se eligió la herramienta SMED para reducir los tiempos de configuración y cambios de los moldes. Esta problemática es muy frecuente en las industrias del rubro de plástico. En conclusión, la metodología Lean Manufacturing impactó significativamente en el proyecto del autor logrando así generar un diseño óptimo en los procesos operativos en los cambios, logrando así un incremento de la productividad y efectividad en el indicador OEE.

d. ORTÍZ Ulloa, Juvenal Alejandro (2010). Implementación de herramientas Lean Manufacturing en el área de mezcla de la empresa Compañía Ecuatoriana del Caucho. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Cuenca].

Resumen: El objetivo principal de este estudio es la reducción de desperdicios y aspectos que no agregan valor al producto final para así reducir los costos de producto no conforme y tiempos perdidos en el proceso productivo del área de mezclas de la empresa. Para ello se empleará tres herramientas de la filosofía Lean Manufacturing que son: la 5s's, el trabajo estandarizado y las estaciones de verificación. En la implementación global de las 5S's en el área de mezclas se busca dar agilidad al proceso ya que los materiales y herramientas tendrán un lugar definido y así el trabajador no perderá tiempo buscando herramientas y materiales. Con la implementación de trabajo estandarizado se tiene como objetivo asegurar que el operador realice correctamente su trabajo y así evitar producto no conforme por error humano.

Conclusiones más relevantes: Este porcentaje de 50% de desperdicio para el operador del mezclador se debería reducir significativamente al tener el mismo un área de trabajo organizada, un método de trabajo estandarizado publicado en su puesto de trabajo y los controles visuales o la información necesaria para un desempeño óptimo y toma de decisiones inmediata.

Comentario: Se considerará este antecedente; porque se asemeja al desarrollo de nuestro tema; en el proyecto de tesis de autor identifica los desperdicios más presentes en todos procesos industriales en una fábrica que trabaja siempre con pigmentos. En este contexto del área de mezcla la 5S fue significativo ya que mejoró drásticamente la zona de

trabajo en limpieza, orden y sobre todo una cultura en la cual el personal está comprometido en mantener esta mejora en el tiempo. Esta problemática es muy frecuente y se sugiere que toda empresa sin importar el rubro, tenga implementado un sistema 5S para mejorar el entorno de trabajo. En conclusión, la implementación Lean Manufacturing fue exitosa ya que se mejoró el entorno de trabajo y con ello generó una cultura de excelencia en el personal de planta.

e. ALARCÓN González, Isabel (2015). Optimización de la productividad en proyectos de edificación a través de Value Stream Mapping en la partida crítica de moldajes. [Tesis Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile].

Resumen: El objetivo principal de este estudio es optimizar el proceso constructivo de moldajes de muros en proyectos de edificación a través del uso de mapas de cadena de valor (Value Stream Mapping). Durante la toma y levantamiento de datos in situ, se observaron problemas de diversa naturaleza que producen demoras en el proceso productivo, los cuales son puntos esenciales para poder optimizarlos y/o eliminarlos si es que estos no agregan valor. Dentro de los problemas más recurrentes son Movimiento interno excesivo, desorden en el lugar de trabajo, falta de personal, errores en la modulación, excesiva cantidad de piezas del Moldaje, entre otros. Al final del análisis de datos se propusieron acciones de mejoras para los tiempos muertos, actividades que no agregan valor y los procesos poco optimizados.

Conclusiones más relevantes: De los resultados se puede extraer que el mayor porcentaje de incidencia en los tiempos corresponden a aquellos que “Contribuyen al Valor” y un alto porcentaje se lo llevan las actividades que “No Agregan Valor”, por ello al momento de analizar las soluciones para poder optimizar los procesos se debieron atacar esos puntos, es decir, tratar de eliminar o reducir las actividades que no agregan valor y también optimizar y/o reducir aquellas actividades que contribuyen. De ese modo se lograron disminuir considerablemente lo que “No agrega valor” y aumentar el porcentaje de incidencia de actividades que “Agregan valor”.

Comentario: Se considerará este antecedente; debido a que hacen uso de una herramienta fundamental en la filosofía Lean Manufacturing para identificar aquellas actividades que no genera valor al cliente. Es claro que en este contexto se aplica en el rubro de construcción, pero el objetivo se asemeja a nuestro proyecto de tesis que siempre es la optimización del proceso aprovechando al máximo los recursos que tiene la empresa sea recurso humano, equipos y máquinas, insumos o bienes y suministros. El autor de la tesis planteó acciones de mejoras alineada a cada desperdicio presente en el proceso de constructivo de moldajes de muros y recomendó a las partes un plan para poder reducir esas actividades que no generan valor al proceso. Trabajó bastante con el factor humano ya que tenía limitaciones en inversión de compras de máquinas. Finalmente concluyó que con el tiempo debían implementar acciones en el cuál debían invertir para obtener mayores resultados en el proceso.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. LEAN MANUFACTURING

Rajadell y Sánchez (2010, p.2), sostiene que “Lean Manufacturing también llamada “producción ajustada”, es la persecución del desperdicio, deduciendo como desperdicio o despilfarro a todas aquellas actividades que no suman valor al producto por el cual no está obligado a pagar el cliente, además, considerada como un grupo de herramientas implementadas en Japón, tomadas como referencia los principios de William Edwards Deming”.

Hernández y Vizán (2013, p.10), señala que “Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo que se basa en el valor añadido, y que se centra en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios para mejorar y optimizar los sistemas productivos, su propósito es crear una nueva cultura duradera y sostenible”.

Madariaga (2013, p.9), señala que “Lean Manufacturing es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación, personas, materiales, máquinas y métodos, que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante del despilfarro”.

Socconini (2017, p.11), señala que “Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y

capacitados”.

Cuatrecasas (2017, p.137), define que “Lean Manufacturing es un modelo de diseño e implantación de procesos, basado en llevar a cabo aquello y solo aquello que es preciso para entregar al cliente lo que desea exactamente, en la cantidad que desea y justo cuando lo desea, y a un precio competitivo. Ni más ni menos”.

De lo descrito por los autores, se entiende que Lean Manufacturing es un modelo de excelencia que se centra en minimizar los desperdicios dentro de los sistemas de fabricación y, al mismo tiempo, maximizar la productividad. El desperdicio se considera todo aquello que no genera valor al producto ni al proceso y que el cliente no está dispuesto a pagar. Algunos de los beneficios del modelo de excelencia se reflejan en la reducción de los plazos de entrega, la reducción de los costos operativos y la mejora de la calidad del producto o servicio.

ORIGEN DE LEAN MANUFACTURING

“Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y modifican los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX y que encuentran sus ejemplos más relevantes en la fabricación de fusiles (EE. UU.) o turbinas de barco (Europa). Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científico a procesos, tiempos,

equipos, personas y movimientos. Posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación-secuenciación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada” (Hernández y Vizán, 2013, p.12).

“Después de la Segunda Guerra Mundial se produjo una gran expansión de las organizaciones de producción en masa, en parte alentada por la política exterior norteamericana, que respondía a criterios puramente economicistas de aumento de la demanda agregada y la estabilidad de sus mercados. Esto generó gigantescas y rígidas estructuras burocráticas. Sin embargo, a fines de los años 60 del siglo pasado el modelo empezó a erosionarse la productividad disminuyó y el capital fijo per capital empezó a crecer, lo que entrañó una disminución de los niveles de rentabilidad. El modelo llegaba a su límite y era necesaria una adaptación” (Rajadell y Sánchez, 2010, p.4).

“El Sistema de Producción Toyota, popularmente conocido como Just In Time (justo a tiempo), tuvo su origen en Japón como resultado de la necesidad de hacer funcionar una economía (y, por ende, a una nación) devastada por la Segunda Guerra Mundial. Al finalizar ésta, los japoneses se dieron cuenta de que todo ese gran esfuerzo por destacar y tratar de impresionar al mundo con su fuerza bélica debía cambiar radicalmente, dar un nuevo giro a la “batalla” por la competitividad mundial y resurgir con un nuevo

espíritu de lucha, ahora en pos del liderazgo económico. Fue entonces cuando los industriales japoneses se propusieron dirigir sus esfuerzos hacia la competitividad en sus empresas” (Socconini, 2017, p.6).

“Precisamente, en este entorno de “supervivencia”, la compañía Toyota fue la que aplicó más intensivamente la búsqueda de nuevas alternativas “prácticas”. A finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En ese momento, dos jóvenes ingenieros de la empresa, Eiji Toyoda (sobrino de Kiichiro) y Taiicho Ohno, al que se le considera el padre del Lean Manufacturing, visitaron las empresas automovilísticas americanas. Por aquel entonces el sistema americano propugnaba la reducción de costes fabricando vehículos en grandes cantidades, pero limitando el número de modelos. Observaron que el sistema rígido americano no era aplicable a Japón y que el futuro iba a pedir construir automóviles pequeños y modelos variados a bajo coste. Concluyeron que esto solo sería posible suprimiendo los stocks y toda una serie de despilfarros, incluyendo los de aprovechamiento de las capacidades humanas” (Hernández y Vizán, 2013, p.13).

“Debido a la crisis petrolera de 1973, muchas empresas en el mundo tuvieron que cerrar sus puertas por la baja de rentabilidad ocasionada por los altos costos del energético, su materia prima principal. Sin embargo, a pesar de la adversidad, hubo algunas empresas que lograron subsistir en estas condiciones, lo que hizo que la atención se centrara en ellas. Como Japón no es un país productor de petróleo sino un consumidor, las empresas niponas

padecieron lo anterior a una escala mucho mayor que sus contrapartes estadounidenses. Sin embargo, el caso de Toyota Motor Company llamó mucho la atención del mundo, pues no solo no sufría problemas mayores ante esta restricción de la economía mundial, sino que además generaba utilidades” (Socconini, 2017, p.15).

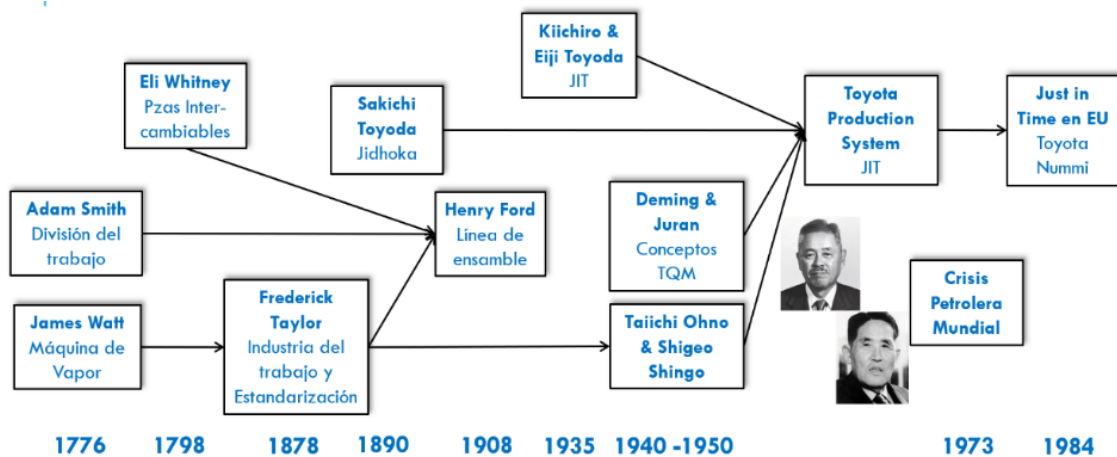
“Toyota destacaba por encima de las demás compañías y el gobierno japonés fomentó la extensión del modelo a otras empresas. A partir de este momento la industria japonesa empieza a tomar una ventaja competitiva con occidente. En este punto hay que destacar que Taiichi Ohno ha reconocido que el JIT surgió del esfuerzo por la superación, la mejora de la productividad y, en definitiva, la necesidad de reducir los costes, prueba de que en época de crisis las ideas surgen con más fuerza” (Hernández y Vizán, 2013, p.13).

“El ingeniero John Krafcik, miembro del equipo de investigadores del MIT International Motor Vehicle Program (IMVP) que realizó un detallado estudio comparativo sobre las plantas de montaje de vehículos ubicadas en quince países, fue el primero en utilizar la expresión «lean production» para describir los nuevos métodos y técnicas de producción de las empresas automovilísticas japonesas, más eficientes que la producción en masa de las empresas americanas. La expresión «lean production» quedó definitivamente acuñada en 1990 en el libro *The Machine that Changed the World*, donde Womack, Jones y Roos, autores del libro y directores del IMVP; expusieron de forma amena y didáctica el nuevo paradigma de producción de las empresas

automovilísticas japonesas” (Madariaga, 2013, p.9).

Figura 8

Antecedentes de Lean Manufacturing



Fuente: Lean Manufacturing paso a paso (p.3), por Socconini, 2017.

Nota: En la figura se muestra una línea de tiempo de los acontecimientos que marcaron en la revolución industrial y el surgimiento de la filosofía Lean Manufacturing.

PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING

Según Liker (2006, p.34), “basado en sus 20 años de estudio de la compañía, describe los catorce principios que constituyen el modelo Toyota. Estos catorce principios son también la base del sistema de producción de Toyota (TPS) practicado en las plantas de Toyota de todo el mundo. Para su mejor comprensión ha dividido estos principios en cuatro categorías, todas las iniciales “P”, Filosofía (del inglés Philosophy), Proceso, G entre (del inglés People/Partners) y resolución de problemas” (ver figura 9).

- **Sección I: Filosofía a largo plazo.**

- Principio 1. Base sus decisiones de gestión en una filosofía a largo plazo, a expensas de lo que suceda con los objetivos financieros a corto plazo.

- **Sección II: El proceso correcto producirá los resultados correctos.**
 - Principio 2. Cree procesos en flujo continuo para hacer que los problemas salgan a la superficie.
 - Principio 3. Utilice sistemas pulí para evitar producir en exceso.
 - Principio 4. Nivele la carga de trabajo (heijunka). (Trabaje como la tortuga, no como la liebre.)
 - Principio 5. Cree una cultura de parar a fin de resolver los problemas, para lograr una buena calidad a la primera.
 - Principio 6. Las tareas estandarizadas son el fundamento de la mejora continua y de la autonomía del empleado.
 - Principio 7. Use el control visual de modo que no se oculten los problemas.

- **Sección III: Añada valor a la organización mediante el desarrollo de su personal y de sus socios.**
 - Principio 9. Haga crecer a líderes que comprendan perfectamente el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a otros.
 - Principio 10. Desarrolle personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa.
 - Principio 11. Respete su red extendida de socios y proveedores, desafiándoles y ayudándoles a mejorar.

- **Sección IV: La resolución continua de los problemas fundamentales impulsa el aprendizaje organizativo.**
 - Principio 12. Vaya a verlo por sí mismo para comprender a fondo la

situación (getiehi genbutsu).

- Principio 13. Tome decisiones por consenso lentamente, considerando concienzudamente todas las opciones; impleméntelas rápidamente.
- Principio 14. Conviértase en una organización que aprende mediante la reflexión constante (hansei) y la mejora continua (kaizen).

Figura 9

Pirámide “4P” del Modelo Toyota



Fuente: Las claves del éxito de Toyota. 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo (p. 35), por Liker, 2006.

Nota: En la figura se muestra los 4 ejes fundamentales en los principios de la filosofía Lean Manufacturing. En la base está la filosofía, los procesos, los valores de las personas y resolución de problemas.

DESPERDICIOS DE LEAN MANUFACTURING

“EL principio fundamental de Lean Manufacturing es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere, y para satisfacer estas condiciones anteriores propugna la eliminación de los despilfarros. En general, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo, o lo que es lo

mismo, el 99% de las operaciones restantes no aportan valor y entonces constituyen un despilfarro. Tradicionalmente, los procesos de mejora se han centrado en el 1% del proceso que aporta valor al producto. Resulta evidente que, si se acepta el elevado porcentaje de desperdicio en el que se incurre en un proceso productivo, se deduce que existe una enorme oportunidad de mejora” (Rajadell y Sánchez, 2010, p.6)

Madariaga F. (2013, p. 30), nos comenta que “existe 7 desperdicios (muda) presente en los procesos de fabricación que son los siguientes”:

- Sobreproducción: producir por adelantado, producir más de lo que actualmente necesitan los procesos siguientes o el cliente. Genera exceso de inventario, movimientos innecesarios de materiales y operarios, oculta los defectos. Es el peor de los despilfarros.

- Inventario innecesario: exceso de inventario de materias primas, componentes, producto en curso (WIP, Work In Process) y producto terminado; más inventario del necesario para satisfacer la demanda del cliente.

- Movimientos innecesarios de materiales: exceso de movimientos causados por un layout deficiente, la producción en lotes, el inventario.

- Espera del operario: el operario espera a que la máquina termine su ciclo, espera materiales, espera a que arreglen la máquina, espera instrucciones.

- Movimientos del operario que no añaden valor: movimientos del operario que no modifican la forma o las propiedades del producto. Por ejemplo, andar para traer utillajes y materiales, buscar una herramienta, cargar una pieza en la máquina, amarrar una pieza en el utillaje, descargar una pieza de la máquina.

- Defectos, selecciones, reprocesos y chatarra: los defectos representan un despilfarro de material y esfuerzo humano. Los defectos dan lugar a selecciones, reprocesos y chatarra. La sobreproducción amplifica su efecto. La combinación de defectos y altos inventarios pueden generar costosísimas selecciones y segregaciones en la fábrica (controlled shipping level 1) y en casa del cliente (controlled shipping level 2).

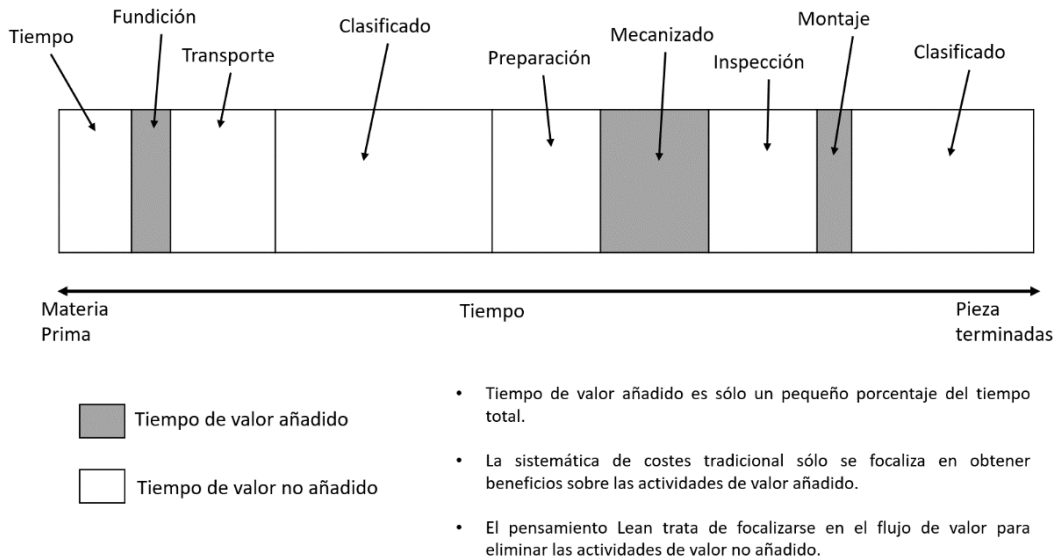
- Sobreprocesos: procesos que transforman propiedades del producto que el cliente no aprecia. Son procesos innecesarios, que no añaden valor. Su origen está en productos o procesos mal diseñados: aplicar más puntos de soldadura de los necesarios, utilizar más tornillos de los necesarios, utilizar tornillos más largos de lo necesario, cordones de soldadura con más espesor que el necesario, mecanizar superficies con menos rugosidad de la necesaria

“Ohno consideró que, de todos los desperdicios, el más importante es la sobreproducción, ya que causa la mayoría de los demás desperdicios. Produciendo más de lo que el cliente necesita en cualquier operación del proceso de fabricación, necesariamente creamos más inventario en algún lugar

aguas abajo: el material estará en algún lugar aparcado esperando a ser procesado en la siguiente operación” (Liker, 2006, p.66).

Figura 10

Desperdicios en una Cadena de Valor



Fuente: Las claves del éxito de Toyota. 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo (p. 66), por Liker, 2006.

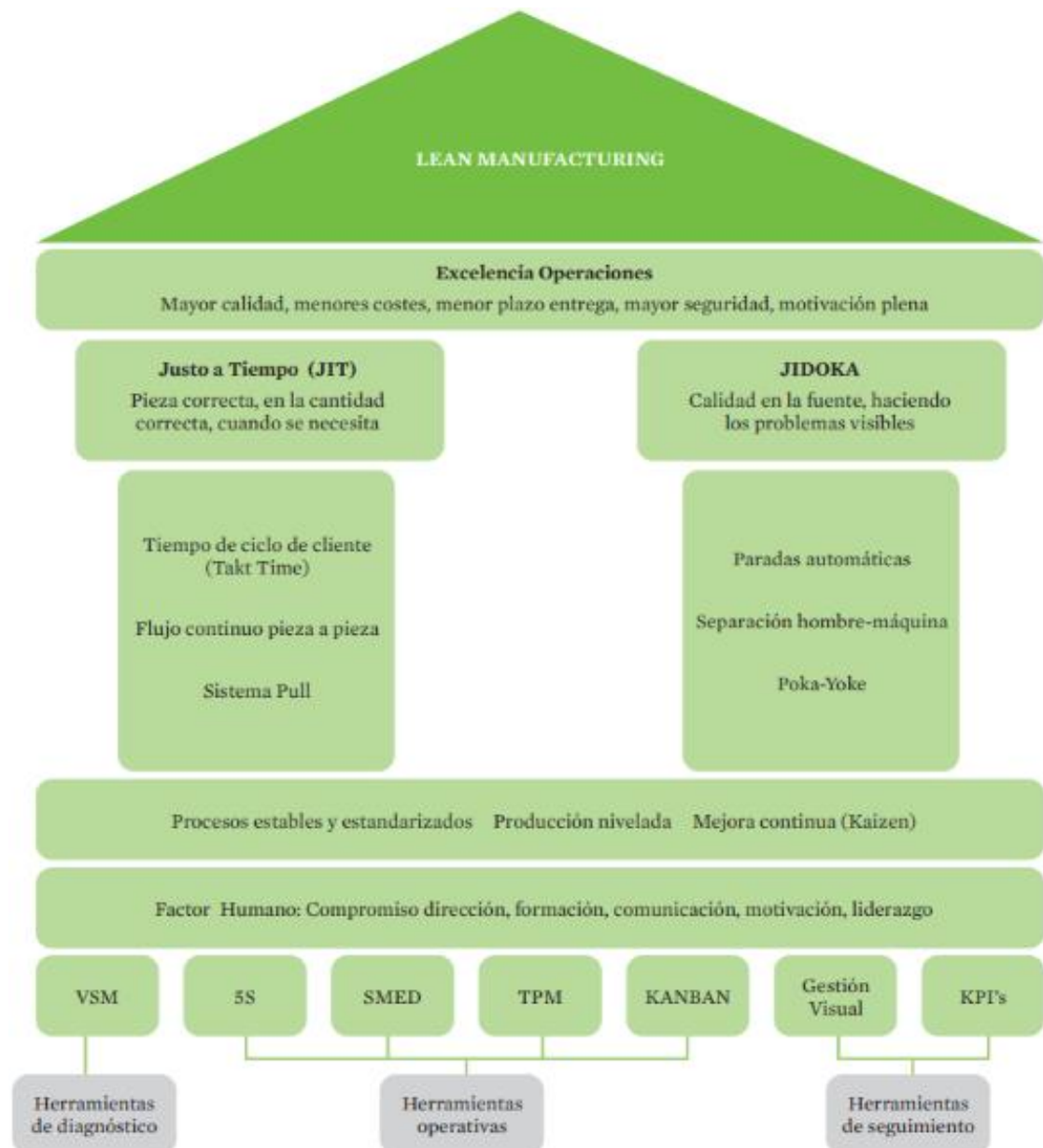
Nota: En esta figura se muestra como los desperdicios están presente siempre en un proceso de producción o servicios. En esta representación los desperdicios son considerados tiempo de valor no añadido.

HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

“De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema. En la figura 11, representa una adaptación actualizada de esta Casa” (Hernández y Vizán, 2013, p.17).

Figura 11

Casa Toyota de Lean Manufacturing



Fuente: Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación (p. 18), por Hernández y Vizán, 2006.

Nota: En esta figura se observa todas las herramientas que conforma la filosofía Lean Manufacturing conceptualizado en la forma de casa. La base de la casa conformado por herramientas básicas de diagnósticos, operativas, control y seguimiento.

MAPA DE FLUJO DE VALOR – VSM

“El propósito de la proyección consiste en ayudarle al equipo gerencial a visualizar y comunicar no sólo cómo la empresa está trabajando,

sino también cómo debería hacerlo en el futuro para influir en el costo, el servicio y la calidad de sus productos y servicios. De hecho, los mapas de flujo de valor son las herramientas esenciales que permiten y facilitan la administración de los flujos, además de que gracias a ellas se seguirán implementando y manejando otros flujos. Por eso la proyección constituye la herramienta primaria y más importante con que se orienta y dirige una transformación de tipo Lean. En las siguientes secciones se explica cómo funciona la proyección en mapa” (Keyte y Locher, 2014, p.27).

a) **Familia de servicios.** En todas actividades de proyección se rediseña un proceso específico o varios de los procesos que llamamos familia de servicios. Esta familia representa el trabajo y la transacciones que el equipo intenta modificar por medio de mapas del flujo de valor (ver figura 12). La proyección comienza identificando dichas familias.

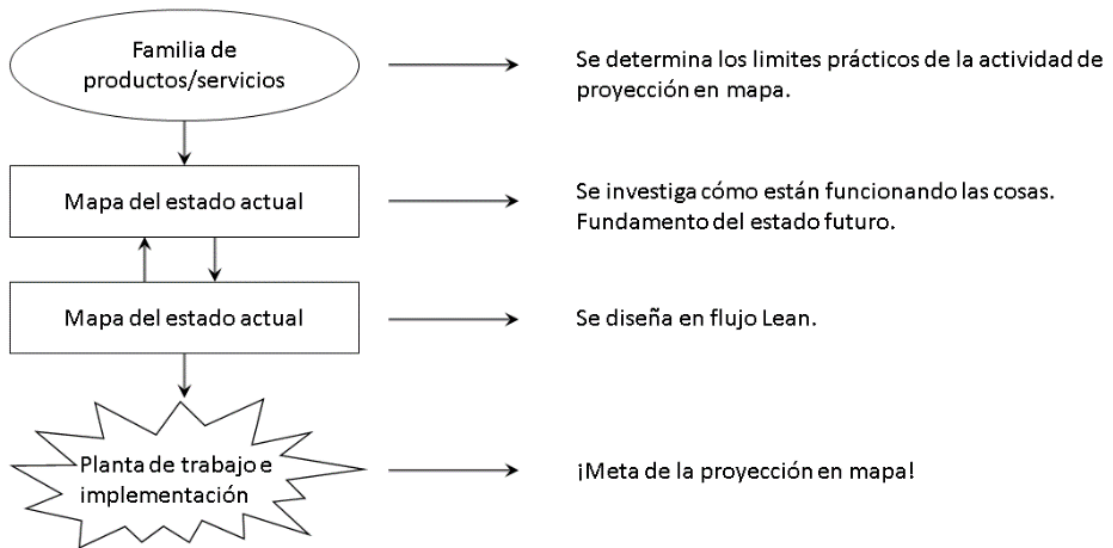
b) **Estado actual.** Una vez que el equipo haya definido la familia de productos y servicios, empieza a dibujar el mapa del estado actual. Este mapa es el punto de partida en la transformación de la compañía; representa cómo está organizada y cómo avanza el trabajo el día de hoy, o sea, su estado base. El mapa por sí mismo no resuelve ningún problema. Su propósito consiste en recabar rápidamente información visual sobre un proceso para localizar los problemas en el flujo de trabajo. El equipo debería concluir esta tarea en un día.

c) **Estado futuro.** El mapa del estado futuro se centra en la dirección de un nuevo diseño del flujo de valor y el desempeño deseado en algún momento de la transformación. Por lo regular los pasos de la proyección del estado actual y futuro se influyen mutuamente, es decir, muchas de las ideas del equipo referentes al flujo futuro de valor se originan al trazar el mapa del estado actual, cuando el equipo cuestiona la estructura del flujo actual. Por los demás, al diseñar el mapa del estado futuro, a menudo se percata de la necesidad de recabar más información sobre el estado actual. Se recomienda que termina este mapa en un día.

d) **Plan de trabajo.** El último y más importante paso del equipo consiste en elaborar un plan detallado de trabajo para que la compañía lo ejecute. Este esfuerzo de proyección es simplemente una herramienta; la ejecución del plan representa la clave. El plan deberá describir los proyectos de mejoramiento necesarios para alcanzar el estado futuro o lo que los expertos en la técnica Lean llaman *Kaizen*. *Kaizen* es un vocablo japonés que subraya las mejoras incrementales continuas para lograr el objetivo de crear más valor en la empresa y buscar la perfección. El equipo identifica estos kaizens al trazar el mapa del estado futuro. Este plan minucioso de trabajo constituye el factor decisivo del éxito en la administración del flujo de valor, porque ofrece al equipo administrativo suficientes pormenores por monitorear, dirigir y reaccionar frente al avance de la implementación. Una vez que el equipo trace un mapa del estado futuro, deberá terminar el plan de trabajo en un día.

Figura 12

Pasos de implementación del mapeo de un flujo de valor



Fuente: La empresa Lean Total – Mapeo del flujo de valor para procesos administrativos (p. 25), por Keyte y Locher, 2014.

Nota: En esta figura representa el método correcto que debemos considerar a la hora de implementar el Value Stream Mapping (VSM) en el proceso de producción de cualquier sector industrial.

Paredes (2017, p.268) indica que la “capacidad efectiva es la capacidad que una empresa espera alcanzar dadas las restricciones operativas actuales. A menudo la capacidad efectiva es inferior que la capacidad proyectada, esto se debe a que la instalación se ha diseñado para una versión anterior del producto o para una mezcla de productos diferente que la que se produce actualmente. Considerando que la mayoría de las empresas no trabajan a su capacidad máxima, debido a las restricciones usuales, entre las cuales se identifica el mantenimiento de la maquinaria, los errores en el personal, los tiempos perdidos, etc”.

Capacidad Efectiva

$$CE = \text{Capacidad Proyectada} * \frac{\text{Tiempo de trabajo real}}{\text{Tiempo teórico de trabajo}}$$

El tiempo de ciclo es un parámetro que determina el ritmo actual de la empresa que toma por producir una unidad o tonelada de producto. Se define como el tiempo en el que un proceso se ejecuta, ya sea un proceso de maquinaria o un proceso manual. Este tiempo es estándar para cada fase del proceso desde el inicio hasta el final. Es fundamental determinar este tiempo ciclo, ya que nos permite identificar aquellas actividades que agregan valor y cuellos de botella.

Peña, Neira y Ruiz (2016, p.240), señalan que el “tiempo de ciclo es el intervalo que transcurre para que los productos terminados dejen la línea operativa o de producción. Si el tiempo requerido en cualquier estación excede el disponible para un trabajador, tienen que agregarse trabajadores”.

Cycle Time

$$CT = \frac{\textit{Tiempo de producción neto}}{\textit{Unidades producidas durante el tiempo neto}}$$

El tiempo takt es el ritmo de producción en función a la velocidad de demanda que exige el cliente. Si nuestro ritmo de labor está por debajo del propuesto, entonces deberemos gastar más recursos, ejecutar horas hombres, incluso incrementar los turnos para lograr la producción requerida. Paredes (2017, p.268) “indica que es el máximo tiempo de ciclo permitido para producir un elemento y poder cumplir la demanda”. La situación ideal es que el tiempo Takt sea igual o semejante al tiempo Ciclo, de lo contrario se está incrementando los costos de producción y siendo un proceso ineficiente.

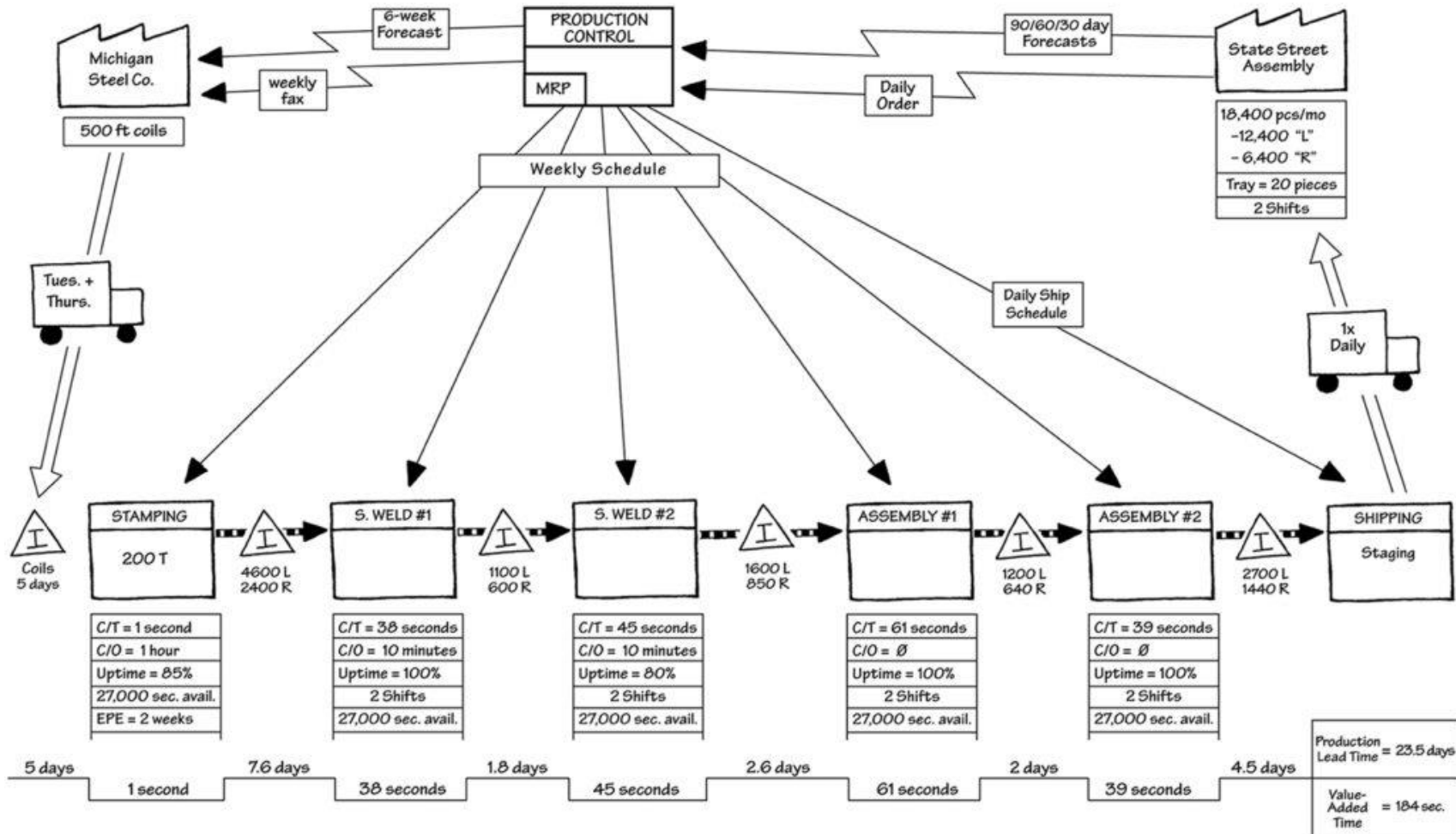
Takt Time

$$TT = \frac{\textit{Tiempo total disponible}}{\textit{Demanda del cliente en toneladas}}$$

Desarrollar estos dos parámetros como el tiempo takt y tiempo ciclo nos permitirá determinar el ritmo de producción. El objetivo de diseñar un Value Stream Mapping es para mejorar el flujo continuo de la producción en función a la eliminación y mitigación de los desperdicios. Determinar el ritmo de producción “del Antes” y Después de las mejoras” nos permitirá saber si nuestro proceso es más productivo y si estamos reduciendo costos operativos.

Figura 13

Representación del Value Stream Mapping



Fuente: Lean Organization (<https://www.lean.org/lexicon/value-stream-mapping>).

Nota: En esta figura se muestra la representación del Value Stream Mapping, por Lean Enterprise Institute, 2020.

FILOSOFÍA DE LA 5S

“La expresión “cinco S” proviene de las cinco palabras japonesas seiri (separar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (control visual) y shitsuke (disciplina), que resumen los cinco pasos a seguir para implantar esta metodología. Las cinco S son una metodología enfocada a mejorar las condiciones del puesto de trabajo, que propicia” (Madariaga, 2013, p.35).

Figura 14

Los cinco pasos de la filosofía 5S



Fuente: Lean Manufacturing. Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de la familia de productos mediante procesos discretos (p. 35), por Madariaga,2013.

Nota: En esta figura se muestra los 5 pasos de la filosofía 5, representado en Separar, Ordenar, Limpiar, Control visual y Disciplina

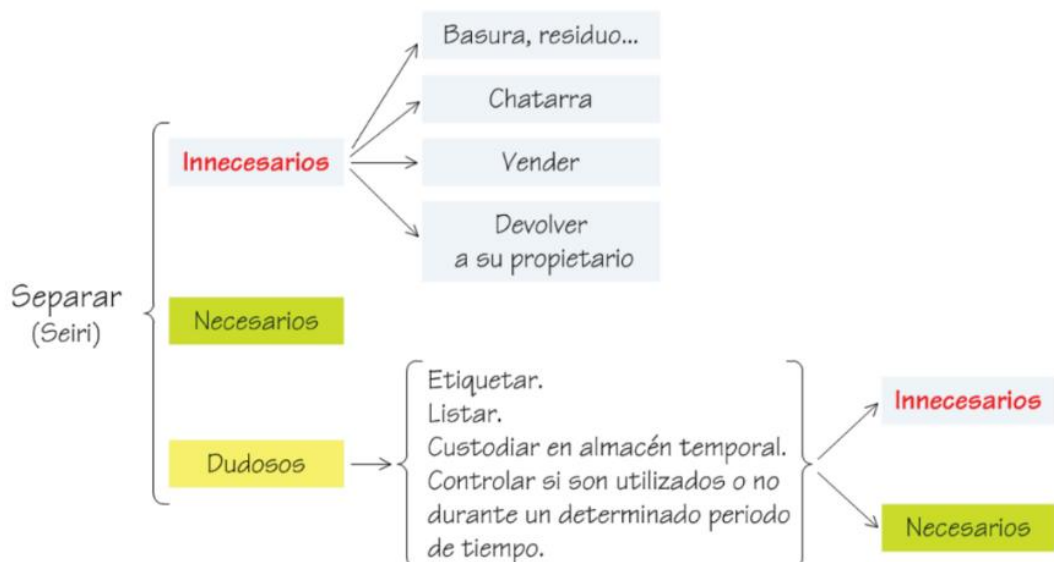
1. Separar (Seiri)

Este primer paso consiste en separar los elementos del puesto de trabajo en dos categorías: necesarios e innecesarios. Son innecesarios aquellos elementos que no prevemos utilizar a corto y medio plazo en las actividades normales de producción. Los elementos innecesarios entorpecen la utilización de los elementos necesarios y son una fuente de variación.

Una vez realizada la separación, retiraremos del puesto de trabajo todos los elementos innecesarios. Aquellos elementos sobre los cuales tengamos dudas sobre su utilización futura, se identificarán, listarán y custodiarán en un almacén temporal. Pasado un tiempo determinado, tomaremos una decisión firme sobre su categoría: necesarios o innecesarios (ver figura 15).

Figura 15

Separar elementos innecesarios y necesarios



Fuente: Lean Manufacturing. Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de la familia de productos mediante procesos discretos (p. 36), por Madariaga, 2013.
 Nota: En esta figura se muestra la primera S, en esta fase se explica que primero debemos clasificar y separar lo necesario e innecesarios para mantener el orden en la siguiente fase.

2. Ordenar (Seiton)

Una vez eliminados los objetos innecesarios, ubicaremos e identificaremos los elementos necesarios de tal forma que el operario los pueda encontrar, utilizar y reponer en su sitio fácilmente:

- Definiremos una ubicación para cada elemento necesario. Un sitio para cada objeto y cada objeto en su sitio. Disponeremos los elementos necesarios de forma ergonómica, y aquellos que se utilicen frecuentemente los colocaremos más próximos al lugar de uso.
- Identificaremos mediante símbolos las ubicaciones de los objetos necesarios. Los símbolos pueden ser siluetas pintadas, huecos con la forma del elemento, iconos, colores, nombres, referencias...
- La identificación puede ser macro vertical (símbolos en paredes), macro horizontal (símbolos en el suelo) y micro (pequeños símbolos en paneles de herramientas, estanterías...).

El desorden ocasiona búsquedas y desplazamientos innecesarios. Las búsquedas son un despilfarro de tiempo en sí mismas y una fuente de variación. El orden contribuye directamente a la eliminación de las búsquedas y la reducción de los desplazamientos del operario, y nos permite conocer en todo momento si nos falta algún elemento necesario. El orden reduce el despilfarro y la variación.

3. Limpiar (Seiso)

Una vez ordenados los elementos necesarios daremos el tercer paso. Para ello llevaremos a cabo las siguientes tareas:

- Eliminar los focos de suciedad: fugas de aceite, agua, taladrina.
- Evitar la dispersión de la suciedad: bandejas de recogida de aceite, pantallas para evitar la caída al suelo de viruta, granalla.

- Facilitar el acceso a los lugares de difícil limpieza o bien evitar la entrada de suciedad en dichos lugares.
- Realizar de forma correcta los arreglos improvisados llevados a cabo con cartones, cinta adhesiva, bridas de plástico, alambres, cuerdas, maderas.
- Sustituir los elementos estropeados o rotos.
- Definir e implantar un procedimiento de limpieza.

La suciedad es una de las principales causas de las averías, ya que dificulta la detección de situaciones anómalas y provoca el deterioro acelerado de componentes. La tercera S contribuye directamente a la reducción de las averías, las cuales son un despilfarro de tiempo en sí mismas y una fuente de variación.

4. Control visual (Seiketsu)

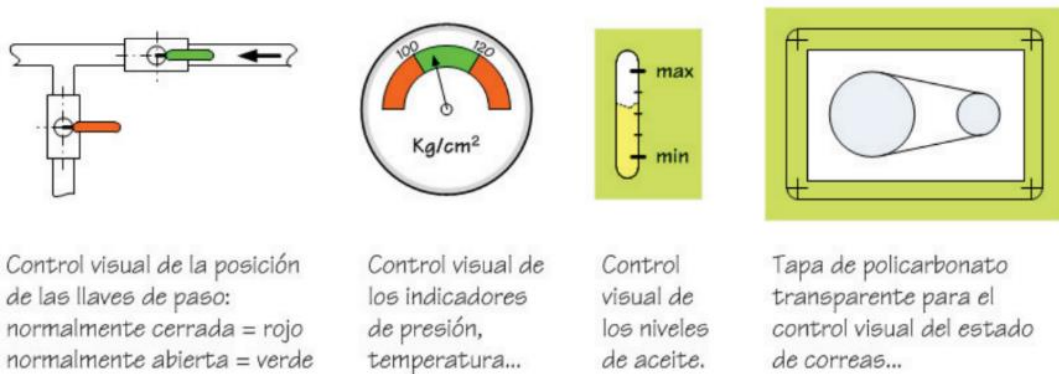
Una vez implantados los tres primeros pasos, definiremos estándares (una referencia con la que comparar) claros y simples para el control visual del puesto de trabajo, de tal forma que las situaciones anómalas resulten obvias. Para ello, hay que:

- Delimitar los rangos de funcionamiento (zonas verdes y rojas) en los instrumentos indicadores de presión, amperaje, temperatura.
- Definir el nivel mínimo y máximo en los visores de aceite.
- Identificar en los puntos de llenado los tipos de aceites y lubricantes a emplear.

- Identificar, mediante colores y flechas, el tipo de fluido y sentido del flujo en tuberías y conducciones.
- Identificar el estado de las llaves de paso: normalmente abiertas (color verde) o normalmente cerradas (color rojo).
- Marcar cantidades mínimas y máximas para controlar visualmente los stocks de consumibles utilizados en el puesto de trabajo.
- Sustituir, donde sea posible, los carenados de chapa por tapas de policarbonato transparente para poder inspeccionar el estado de elementos internos de la máquina como correas, cadenas.

Figura 16

Estándares para el Control Visual



Fuente: Lean Manufacturing. Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de la familia de productos mediante procesos discretos (p. 37), por Madariaga, 2013.

Nota: En esta figura se muestra la cuarta S, que está representado en señalización, esto representa una forma eficaz para mantener las 3S anterior en práctica y hábito.

5. Disciplina (shitsuke)

La disciplina consiste en mantener los estándares establecidos en los cuatro pasos anteriores. La tarea de esta fase se ciñe a la realización de auditorías periódicas y acciones correctoras para asegurarnos de que se alcanza y mantiene el nivel de cinco S deseado.

CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS – SMED

“SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación, retirada, ajuste, centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales. Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación. Estos estudios suelen encuadrarse en cuatro fases bien diferenciadas” (Hernández y Vizán, 2013, p.44):

a) Fase 1: Diferenciación de la preparación externa y la interna

Por preparación interna, se entienden todas aquellas actividades que para poder efectuarlas requiere que la máquina se detenga. En tanto que la preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona. El principal objetivo de esta fase es separar la preparación interna de la preparación externa, y convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa. Para convertir la preparación interna en preparación externa y reducir el tiempo de esta última, son esenciales los puntos siguientes:

- Preparar previamente todos los elementos: plantillas, técnicas, troqueles y materiales.
- Realizar el mayor número de reglajes externamente.
- Mantener los elementos en buenas condiciones de funcionamiento.
- Crear tablas de las operaciones para la preparación externa.
- Utilizar tecnologías que ayuden a la puesta a punto de los procesos.
- Mantener el buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de los elementos principales y auxiliares (5S).

b) Fase 2: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones

Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo. A tales efectos se consideran clave para la mejora continua de las mismas los siguientes puntos:

- Estudiar las necesidades de personal para cada operación.
- Estudiar la necesidad de cada operación.
- Reducir los reglajes de la máquina.
- Facilitar la introducción de los parámetros de proceso.
- Establecer un estándar de registro de datos de proceso.
- Reducir la necesidad de comprobar la calidad del producto.

c) Fase 3: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo

Todas las medidas tomadas a los efectos de reducir los tiempos de preparación se han referido hasta ahora a las operaciones o actividades. La siguiente fase debe enfocarse a la mejora del equipo:

- Organizar las preparaciones externas y modificar el equipo de forma tal que puedan seleccionarse distintas preparaciones de forma asistida.
- Modificar la estructura del equipo o diseñar técnicas que permitan una reducción de la preparación y de la puesta en marcha.
- Incorporar a las máquinas dispositivos que permitan fijar la altura o la posición de elementos como troqueles o plantillas mediante el uso de sistemas automáticos.

d) Fase 4: Preparación Cero

El tiempo ideal de preparación es cero por lo que el objetivo final debe ser plantearse la utilización de tecnologías adecuadas y el diseño de dispositivos flexibles para productos pertenecientes a la misma familia. Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se traducen en una mayor capacidad de respuesta rápida a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad de la línea), permitiendo la aplicación posterior de los principios y técnicas Lean como el flujo pieza a pieza, la producción mezclada o la producción nivelada.

A PRUEBA DE ERRORES – POKA YOKE

“Los dispositivos poka yoke son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en defectos, y permiten que los operadores se concentren en sus actividades. Los Sistemas poka yoke permiten realizar la inspección al 100% y, por ende, tomar acciones inmediatas cuando se presentan defectos” (Socconini, 2008, p.239).

“Método que apoya al operario a que pueda evitar fallas en su labor ocasionados por el olvido de alguna parte del proceso o también el haber instalado incorrectamente una parte” (Villaseñor y Galindo, 2007, p.33).

CONTROL VISUAL – ANDON

“Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión” (Hernández y Vizán, 2013, p.52).

SISTEMA KANBAN

“El sistema Kanban es un sistema de información que controla armónicamente la producción de los productos necesarios en las cantidades

necesarias y en el momento necesario en cada uno de los procesos de una fábrica o incluso de varias empresas. A dicho sistema se le denomina producción just in time (JIT). En Toyota, el sistema Kanban se considera un subsistema del sistema total de producción” (Monden, 2007, p.39).

ESTANDARIZACIÓN

“La estandarización en el entorno de fabricación japonés, se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta del éxito de su sistema. Partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas, a continuación, se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: Un estándar se crea para mejorarlo” (Hernández y Vizán, 2013, p.45).

JIDOKA

“Este concepto fue inventado por Sakichi Toyoda, fundador de Toyota en los inicios del siglo XX. Con el paso del tiempo este invento tan sencillo fue incorporado en toda la línea de producción de Toyota. Jidoka se encarga de resaltar las causas de los problemas, teniendo la capacidad de detener el trabajo y acabar la causa-raíz de esos problemas. A su vez liberando al operario a que este pendiente del funcionamiento de las máquinas” (Villaseñor y Galindo, 2007, p. 49).

HEIJUNKA

“Heijunka es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo. Evidentemente, esta herramienta no es aplicable si hay nula o poca variación de tipos de producto. La gestión práctica del Heijunka requiere un buen conocimiento de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos y, a su vez, exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización. Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran en promedio dentro de un período suficientemente grande de tiempo, pero son impredecibles si se analizan con un rango de tiempo pequeño y fuera de un programa pactado” (Hernández y Vizán, 2013, p.69).

JUST IN TIME – JIT

“La producción JIT de Toyota es un método para adaptarse a los cambios debidos a las dificultades internas y a las variaciones de la demanda haciendo que todos los procesos produzcan las cosas necesarias en el tiempo necesario y en las cantidades necesarias. El primer requisito para la producción JIT es que en todos los procesos se conozca con exactitud el ritmo y la cantidad requeridos” (Monden, 2007, p.39).

“El “Justo a tiempo” es un método de producción que determina lo que se necesita, entrega lo justo que se requiere y en la cantidad necesaria” (Villaseñor y Galindo, 2007, p.50).

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL – TPM

“El TPM a menudo se define como “mantenimiento productivo que implica una participación total”. Frecuentemente, la dirección entiende que esto significa que solamente los trabajadores realizan autónomamente las actividades de mantenimiento productivo en la propia planta. Sin embargo, para ser efectivo, el TPM debe implementarse sobre una base que abarca la compañía. Desafortunadamente, algunas compañías han abandonado el TPM porque han fallado en apoyar plenamente a los trabajadores o no han implicado a la dirección” (Nakajima, 1984, p.10).

Los pilares del TPM

“El Mantenimiento Productivo Total se basa en cinco pilares” (Madariaga, 2013, p.44):

1. La implantación de un sistema de mejora del OEE mediante la eliminación de las “pérdidas”.
2. La implantación de un programa de “mantenimiento autónomo” llevado a cabo por los operarios de producción.
3. La implantación de un programa de “mantenimiento planificado” (preventivo y predictivo) llevado a cabo por el personal de mantenimiento.
4. El establecimiento de una sistemática de «prevención del mantenimiento» en la fase de diseño de los nuevos equipos para minimizar las necesidades y el coste de su mantenimiento, mediante el feedback a la ingeniería de diseño – propia o del proveedor – sobre los puntos débiles de los equipos que actualmente se están utilizando. Una parte muy importante del coste

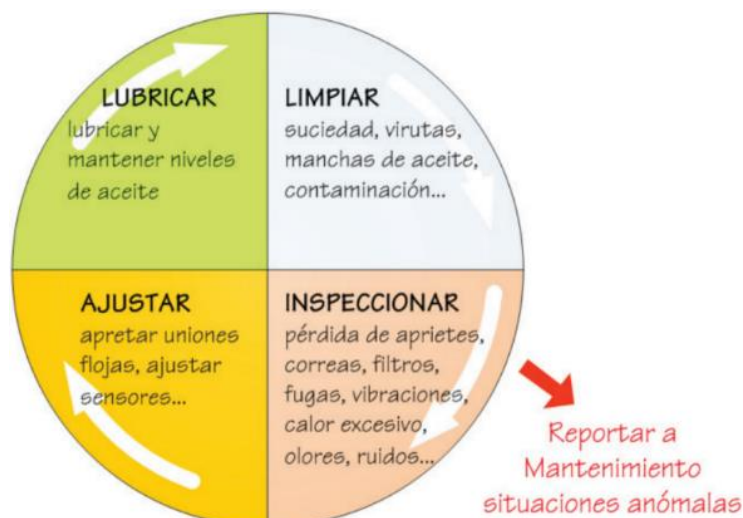
en que incurren los equipos durante todo su ciclo de vida viene determinada por el diseño.

5. La implantación de planes de formación y entrenamiento para mejorar las capacidades del personal de producción y mantenimiento.

“El mantenimiento autónomo, el pilar más importante del TPM, es una metodología que aporta estabilidad al sistema de producción y se integra perfectamente en el Lean Manufacturing. Mediante las tareas diarias del mantenimiento autónomo (limpiar, inspeccionar, mantener los aprietes y lubricar, los operarios detectan situaciones anómalas, evitan la entrada del equipo en deterioro acelerado, reducen la frecuencia y gravedad de las averías, estabilizan y mejoran el uptime, y contribuyen a que el personal especializado de mantenimiento pueda dedicar más tiempo a mejorar la mantenibilidad de los equipos” (Madariaga, 2013, p.57).

Figura 17

Tareas del Mantenimiento Autónomo



Fuente: Lean Manufacturing. Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de la familia de productos mediante procesos discretos (p. 57), por Madariaga, 2013.

Nota: En esta figura se muestra los 4 principios fundamentales en el mantenimiento autónomo.

EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO – OEE

“OEE es un indicador que se calcula diariamente para un equipo o grupos de máquinas y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido, si todo hubiera ido perfectamente, y las unidades sin defectos que realmente se han producido. Para la utilización de este indicador, se utilizan los índices de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad” (Hernández y Vizán, 2013, p.50).

“Como puede deducirse fácilmente, cada uno de estos coeficientes, hace referencia directa a una de las Seis Grandes Pérdidas” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p.112). El cuadro de la figura 18, muestra los coeficientes de eficiencia y las pérdidas a que hace referencia cada una de las variables.

“De acuerdo con los coeficientes anteriores y las pérdidas a las que hacen referencia, podemos pasar ya a determinar la expresión de la Eficiencia Global. Se aplicará lo mismo a un tiempo, a un conjunto de equipos, a toda una línea o célula productiva, etc” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p.113).

Rendimiento o Eficiencia Global de equipos productivos:

$$EG = D * E * C$$

Donde:

D = Coeficiente de disponibilidad o fracción de tiempo que el equipo está operando.

E = Efectividad o Rendimiento de ciclo o nivel del funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.

C = Coeficiente o Tasa de calidad o fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad.

Tabla 4

Relación de los coeficientes de la Eficiencia Global del Equipo con las 6 pérdidas

Coeficiente de Eficiencia	Tipos De Pérdidas
Disponibilidad (D)	1. Averías 2. Tiempos de preparaciones
Efectividad (E)	3. Paradas y tiempos de vacío 4. Reducciones de velocidad
Calidad (C)	5. Productos defectuosos y reprocesos 6. Puestas en marcha sin producto real

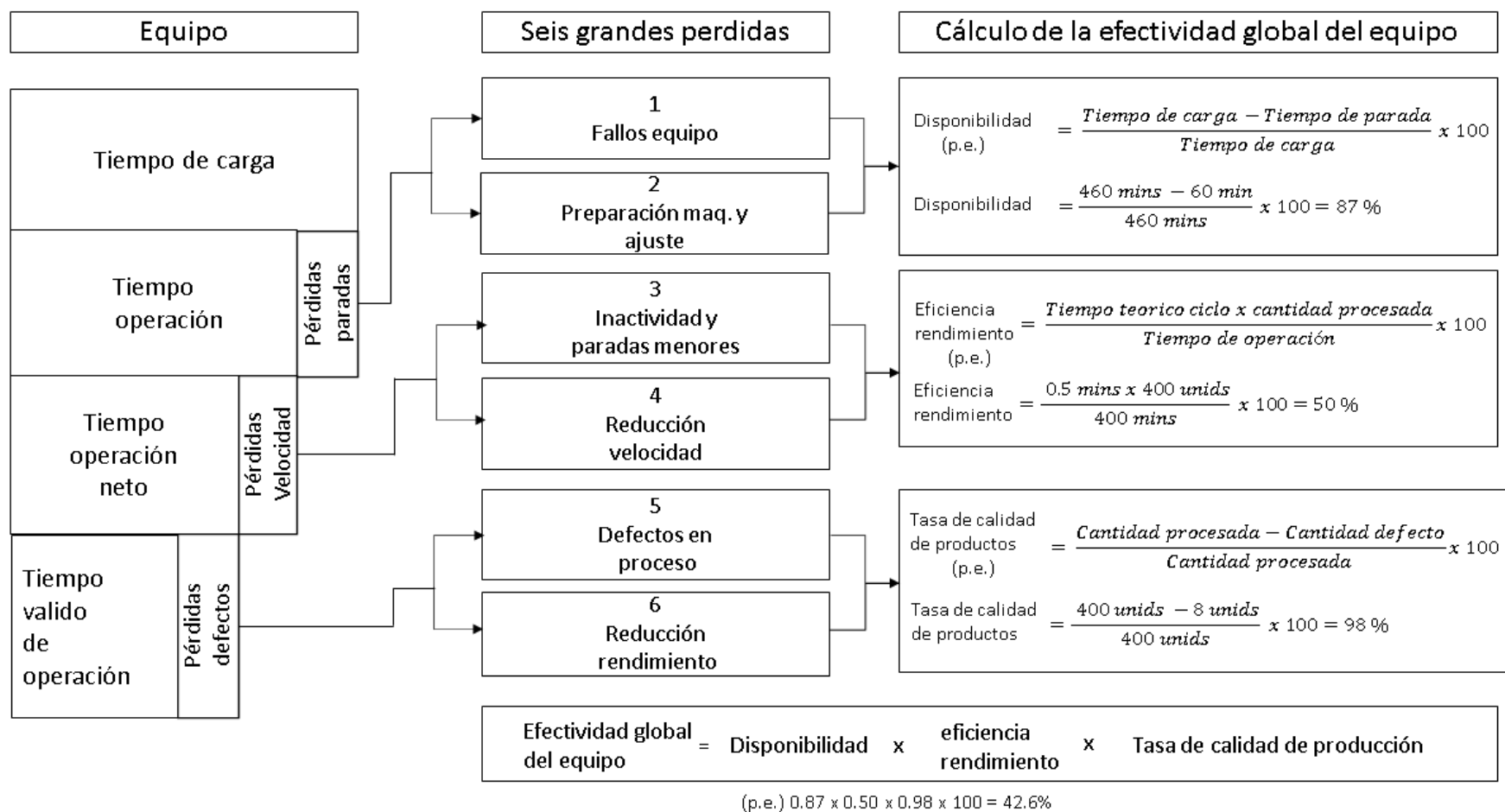
Fuente: TPM en un entorno Lean Management (p. 112), por Cuatrecasas y Torrell, 2010.

Nota: En esta figura se muestra las 3 variables principales del Indicador Eficiencia Global del Equipo en relación con las 6 pérdidas que afectan la productividad.

“El coeficiente de eficiencia global se obtiene pues, por determinación de la fracción de tiempo que el equipo funciona, una vez deducidas las pérdidas derivadas de un funcionamiento incorrecto o incompleto, y deducidas también las que resultan de la obtención de despilfarro y reproceso de productos defectuosos. El resultado obtenido para la eficiencia global será un porcentaje que, con anterioridad a la introducción de mejoras, deberá determinarse, para poder así conocer cuál es el punto partida del equipo cuya eficiencia quiere mejorarse, y cómo se va obteniendo la progresión de la eficiencia a medida que se implantan mejoras. Cada equipo tendrá unos puntos débiles claramente diferenciados de los que tenga otro. No será correcto hablar de un valor absoluto, sino de la tendencia a lo largo del tiempo” (Cuatrecasas y Torrel, 2010, p.114).

Figura 18

Eficiencia General del Equipo y las 6 Pérdidas



Fuente: Introducción al TPM “Mantenimiento Productivo Total (p. 26), por Nakajima, 1984.

Nota: En esta figura se muestra un ejemplo del cálculo del indicador Eficiencia General del Equipo en un caso real afectado por los 6 tipos de pérdidas.

PRODUCTIVIDAD

“La productividad es la medida de la eficiencia económica que resulta de la capacidad o habilidad que tiene una empresa para utilizar inteligentemente sus recursos” (Rodríguez, 1999, p.22).

Según Robbins (2004, p.23), “una organización es productiva si consigue sus metas y, al hacerlo, transforma sus insumos en productos al menor costo. De esta manera, la productividad abarca una preocupación por la eficacia y la eficiencia”.

Según Prokopenko (1989, p.3), “la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos, trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios. Una mayor productividad significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo”.

$$\frac{\textit{Producto}}{\textit{Insumo}} = \textit{Productividad}$$

Gutiérrez (2010, p.21), señala que “la productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por

el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados”.

Según Rodríguez y Gómez (1991, p.32), “la productividad es un concepto que en sentido restringido se les ha vinculado a expresiones matemáticas producto/insumos y a su operacionalización cuantitativa y, por esta vía, se ve mal interpretada y disminuida su importancia. Las definiciones de productividad más completas y que igualmente compartimos son las siguientes:

- Facultad de producir. Calidad de lo que es productivo.
- Aprovechamiento productivo de la naturaleza para reproducir y mejorar la raza humana.

Figura 19

Ejemplo de cálculo de la Productividad

Productividad: mejoramiento continuo del sistema.

Más que producir rápido, producir mejor.

Productividad = eficiencia × eficacia

$$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} \times \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}}$$



Fuente: Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma (p.8), por Gutiérrez y Vara, 2009.

Nota: En esta figura se muestra un ejemplo del cálculo de la productividad, en base a las dos variables en consideración para el trabajo de investigación que son la eficiencia y la eficacia.

Según López (2013, p.17), “la productividad necesita que se manifieste primero la eficiencia al usar los recursos básicos sin desperdiciar, como son; el tiempo, el espacio y la materia-energía; con la finalidad de no mermarlos; para efectuar las actividades lo más rápido posible; y lograr ahorro actuando con rapidez recurriendo a la aplicación de la ciencia en técnicas con creatividad; es la síntesis de dos finalidades inseparables; ahorro de recursos y velocidad del proceso, para producir o crear”.

De lo descrito por los autores, se entiende que la productividad se define habitualmente como una relación entre el volumen de producción y el volumen de insumos. En otras palabras, mide la eficiencia y la eficacia con la que se utilizan los insumos de producción, como el trabajo y el capital, en una economía para producir un determinado nivel de producción. La productividad

se considera una fuente clave de crecimiento económico y competitividad y, como tal, es una información estadística básica para muchas comparaciones internacionales y evaluaciones del rendimiento de las organizaciones.

DIMENSIONES DE LA PRODUCTIVIDAD

Según Rodríguez y Gómez (1991, p.33), sostienen que: “Existen criterios frecuentemente utilizados en la evaluación del desempeño de un sistema, los cuales están muy relacionados con la calidad y productividad: eficiencia, efectividad y eficacia”.

Dicho con los anteriores las dimensiones de la productividad se describe como la siguiente:

❖ EFICIENCIA

Según Medianero (2016, p.201). “La eficiencia se trata de utilizar los recursos racionalmente y aprovechar todos los potenciales existentes. Esto trae consigo una máxima productividad con costes de producción mínimos y una alta rentabilidad en las empresas”.

“La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos; es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad” (García, 2005, p.19).

La eficiencia para el proyecto de investigación, refleja la relación del tiempo de producción y tiempo planificado durante un periodo de tiempo

establecido en el proceso de extrusión.

$$Eficiencia = \frac{\textit{Tiempo de Producción}}{\textit{Tiempo Planificado}}$$

Donde:

- **Tiempo de Producción:** Es el tiempo que requiere producir el requerimiento del cliente. Este tiempo productivo puede verse afectado por paradas programadas y fallas de equipos.
- **Tiempo Planificado:** Es el tiempo que requiere para producir el requerimiento en condiciones favorables, es también considerado el tiempo teórico.

❖ EFICACIA

Según, Medianero (2016, p.38), mencionó que: “la eficacia se define como la relación entre los resultados obtenidos y las metas trazadas”. Sin embargo, la eficacia es poder lograr a los objetivos con los tiempos exactos.

Para García (2005, p.19), indica que “la eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambas”.

La eficacia para el proyecto de investigación, refleja la relación de la producción real libres de defectos o fallas sobre la producción planificada un periodo de tiempo establecido en el proceso de extrusión.

$$Eficacia = \frac{\textit{Producción Real}}{\textit{Producción Planificada}}$$

Donde:

- Producción Real: Toneladas de Masterbatch producidas y validadas por la organización. Esta producción está libre de defectos.
- Producción Planificada: Es la producción que se espera producir en el tiempo determinado. Esta producción es una proyección.

Dado que el valor agregado es una dimensión de la presente tesis, se describe, a continuación, la fórmula a utilizarse:

$$PRODUCTIVIDAD = EFICIENCIA \times EFICACIA$$

2.3. MARCO CONCEPTUAL

POLÍMEROS

Beltrán y Marcilla (2012, p.3), señala que “los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes. El término macromolécula significa molécula muy grande. “polímero” y “macromolécula” son términos que suelen utilizarse indistintamente, aunque estrictamente hablando no son equivalentes ya que las macromoléculas, en principio, no requieren estar formadas por unidades de repetición”. En la tabla 5, se muestran la clasificación de polímeros.

Tabla 5

Clasificación de los Polímeros

Polímero	Abreviatura	Unidad de repetición
Polietileno	PE	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Polipropileno	PP	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$
Poliestireno	PS	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$
Poli (cloruro de vinilo)	PVC	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$
Poliacrilonitrilo	PAN	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}}-$
Poli (metacrilato de metilo)	PMMA	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-$
Polibutadieno	PB	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$

Fuente: Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades (p.5), por Beltrán y Marcilla, 2009.

Nota: En esta tabla se muestra la clasificación de polímeros que son utilizado para la fabricación de diferentes productos de plásticos dependiendo su aplicación.

TIPOS DE PLÁSTICOS

Madrigal (2011, p.15), menciona que “los plásticos se clasifican por su comportamiento al calor en TERMOPLÁSTICOS, TERMOFIJOS Y ELASTÓMEROS. Los primeros son aquellos que si se les aplica calor se reblandecen o se funden y nuevamente pueden moldearse para obtener otro producto; a diferencia de los termofijos, ya que éstos después de obtener el artículo final si se les aplica calor se degradan y carbonizan, eliminando toda posibilidad de ser reprocesados. Los elastómeros son aquellos que presentan

una elevada elasticidad. se deforman cuando se someten a un esfuerzo, pero recuperan su forma original cuando deja de ejercerse esa fuerza sobre ellos”.

PRINCIPALES TÉCNICAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO

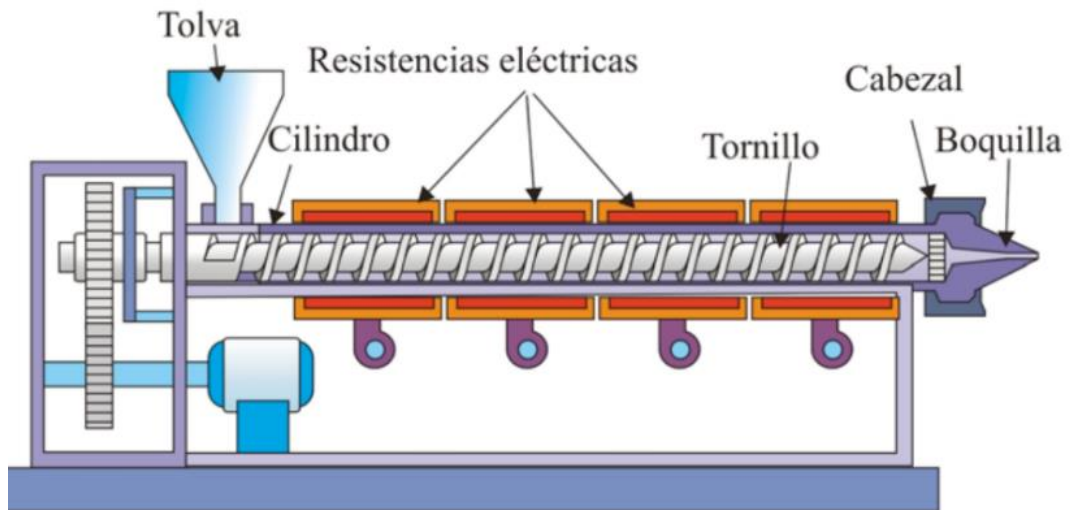
Beltrán y Marcilla (2012, p.87), nos muestra los diferentes métodos más empleados para la transformación de plásticos, como lo son los siguientes:

a. Proceso de Extrusión

“El moldeado por extrusión consiste en forzar los polímeros por medio de presión, a pasar a través de un “dado” o “boquilla” un plástico o material fundido. El procedimiento se ha utilizado durante muchos años para metales, como el aluminio, que fluyen plásticamente cuando se someten a una presión de deformación. En el procedimiento original para someter los polímeros a extrusión, se utilizaron máquinas similares impulsadas por ariete o empujador mecánico. En el proceso moderno se usan tornillos para hacer fluir el polímero en el estado fundido o gomoso a lo largo de la camisa de la máquina. El tipo de máquina que se utiliza más es la de tornillo simple” (Madrigal, 2011, p.128).

Figura 20

Máquina Convencional de Extrusión con husillo



Fuente: Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades (p.104), por Beltrán y Marcilla, 2012.

Nota: En esta figura se muestra la máquina extrusora con sus principales componentes.

b. Proceso de Inyección

“El moldeo por inyección es, quizás, el método de moldeo más característico de la industria de plásticos. Consiste básicamente en fundir un material de plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde donde se enfría a una temperatura apta para que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse. En el moldeo por inyección son de gran importancia las características de los polímeros tales como peso molecular y distribución, configuración química y morfología, cristalinidad, estabilidad, etc” (Beltrán y Marcilla, 2012, p.87).

c. Proceso de Soplado

“Mediante el proceso de soplado pueden fabricarse cuerpos huecos como son depósitos de combustibles, bidones, tablas de surf, depósitos de aceite de calefacción y botellas. El proceso consiste

básicamente en insuflar aire en una preforma tubular fundida que se encuentra en el interior del molde. Se emplea exclusivamente con materiales termoplásticos” (Beltrán y Marcilla, 2012, p.88).

MECANISMO DE EXTRUSIÓN

Madrigal (2011, p.130), señala que “el mecanismo de extrusión consta de cuatro partes fundamentales en donde ocurre todo el esfuerzo de transformación del polímero más el agregado en el proceso de extrusión”.

1. Zona de alimentación: En esta zona se precalienta y transporta el polímero a las partes siguientes.
2. Zona de compresión: Aquí se expulsa el aire atrapado entre los gránulos originales, también se mejora la transferencia de calor desde las paredes del barril calentado conforme el material se vuelve menos espeso, en tercer lugar, se da el cambio de densidad que ocurre durante la fusión. Hay una modificación distinta para cada tipo de polímero. Para uno que funde poco a poco como el polietileno de baja densidad, es apropiado un tornillo como el que se muestra en la siguiente figura, con la longitud total dividida en tres zonas iguales. Los tornillos de este tipo se conocen a menudo como tornillos para polietileno.
3. El dado o pieza que da la forma al plástico con un sistema de enfriamiento al final que permite conservar la forma.
4. El portamallas que consta, por lo común, de una placa de acero perforada conocida como la placa rompedora y un juego de mallas de dos o tres capas

de gasa de alambre situadas en el lado del tornillo, el cual tiene tres funciones:

- Evitar el paso de material extraño como polímero no fundido, polvos y cuerpos extraños.
- Crear un frente de presión cuando se opone una resistencia al bombeo de la zona anterior.
- Eliminar la “memoria de giro” del material fundido que puede provocar torceduras en la pieza final.

COMPONENTES DE LA EXTRUSORA

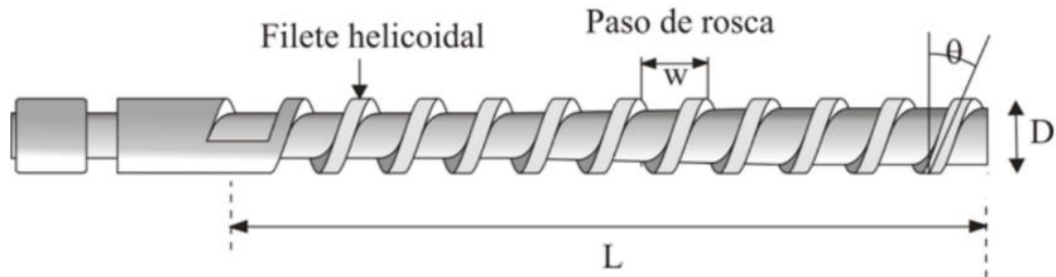
Para el proyecto de investigación, se coordinó con el equipo, seleccionar el proceso de Extrusión. Es por ello, que se dará mayor alcance en el contenido del proceso de fabricación de Masterbatch. A continuación, “se describe los componentes de una extrusora convencional, que permitirá entender más el proceso de fabricación de Masterbatch” (Beltrán y Marcilla, 2012, p.107).

a. El tornillo de Extrusión:

El tornillo de extrusión o husillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal (ver figura 21). El tornillo es una de las partes más importante ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material.

Figura 21

Tornillo de una Extrusora.



Fuente: Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades (p.104), por Beltrán y Marcilla, 2012.

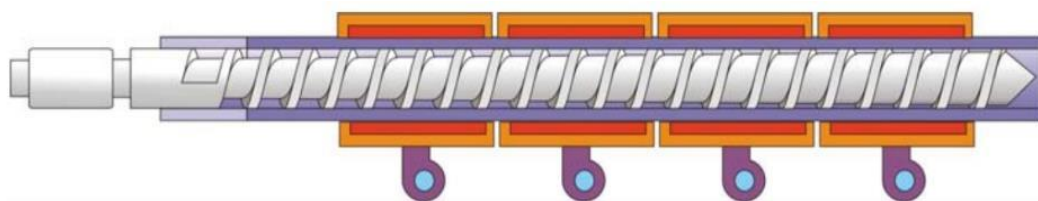
Nota: En esta figura se muestra el tornillo de una extrusora, el cual está formado por unos anillos de forma helicoidal que permite triturar, transportar y mezclar el pigmento con la resina.

b. Cilindro de Calefacción:

“El cilindro de calefacción alberga en su interior al tornillo como se muestra en la figura 22. La superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportará el material y permitir así que éste fluya a lo largo de la extrusora. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de acero muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que éste es mucho más fácil de reemplazar” (Beltrán y Marcilla, 2012, p.108).

Figura 22

Sistema cilindro de Calefacción del extrusor



Fuente: Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades (p.104), por Beltrán y Marcilla, 2012.

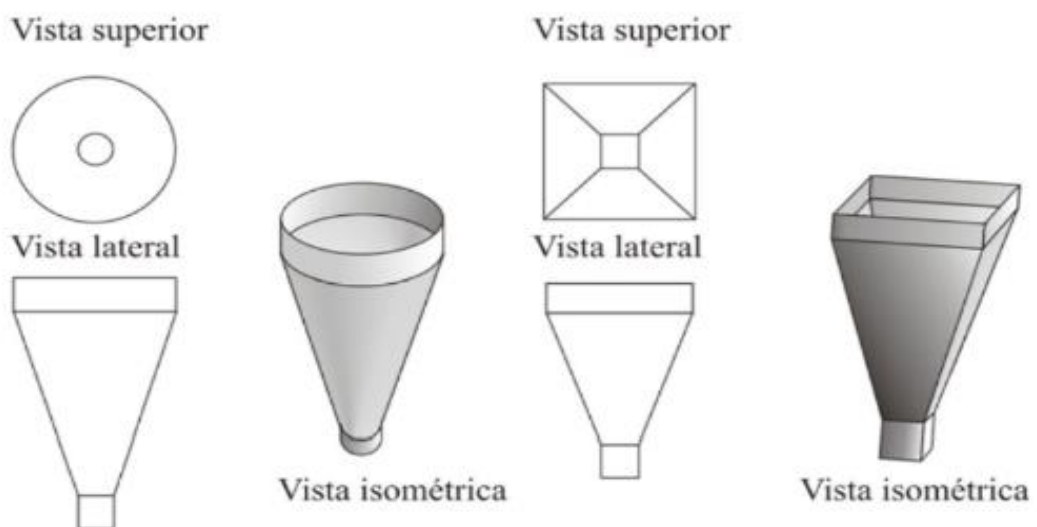
Nota: En esta figura se aprecia el sistema de calefacción alrededor del cilindro del extrusor que aplica en los tornillos.

c. Tolva:

“La tolva es el contenedor que se utiliza para introducir el material en la máquina. Tolva, garganta de alimentación y boquilla de entrada deben estar ensambladas perfectamente y diseñadas de manera que proporcionen un flujo constante de material. Esto se consigue más fácilmente con tolvas de sección rectangular (ver figura 23). Se diseñan con un volumen que permita albergar material por 2 horas de trabajo” (Beltrán y Marcilla, p.110).

Figura 23

Tipos de Tolvas del extrusor



Fuente: Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades (p.104), por Beltrán y Marcilla, 2012.

Nota: En esta figura se los tipos de tolvas, que sirven de alimentación hacia el extrusor. Aquí se vierte la resina y los pigmentos

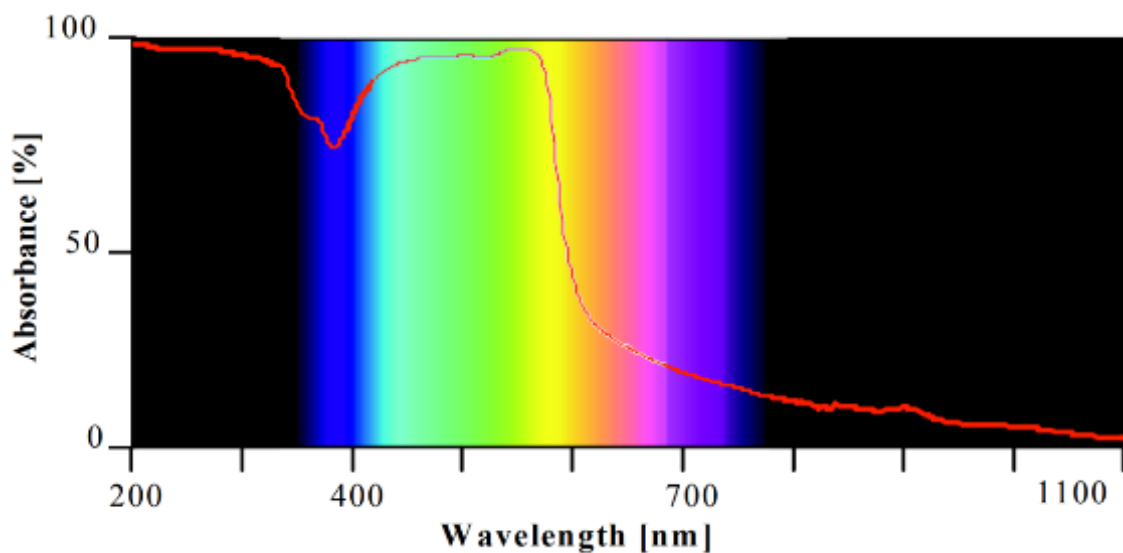
DEFINICIÓN DE COLOR

“El color es una percepción individual simulada por el ojo humano al recibir un estímulo luminoso, físicamente, la luz es una onda electromagnética.

El ojo humano puede detectar la luz con longitudes de onda entre 400 y 700 nm. El estímulo de color producido por un objeto, es una doble función de iluminación y de observación. La observación consiste en la influencia del objeto sobre el fraccionamiento de la luz que se refleja a través de la longitud de onda de la fuente al ojo del observador” (Zweifel et al., 2008, p.831).

Figura 24

Longitud de Onda de la Luz



Fuente: Plastic Additives Handbook (p.832), por Zweifel et al., 2008.

Nota: En esta figura se muestra la tendencia de luz por tipo de longitud de onda.

MATERIAS COLORANTES

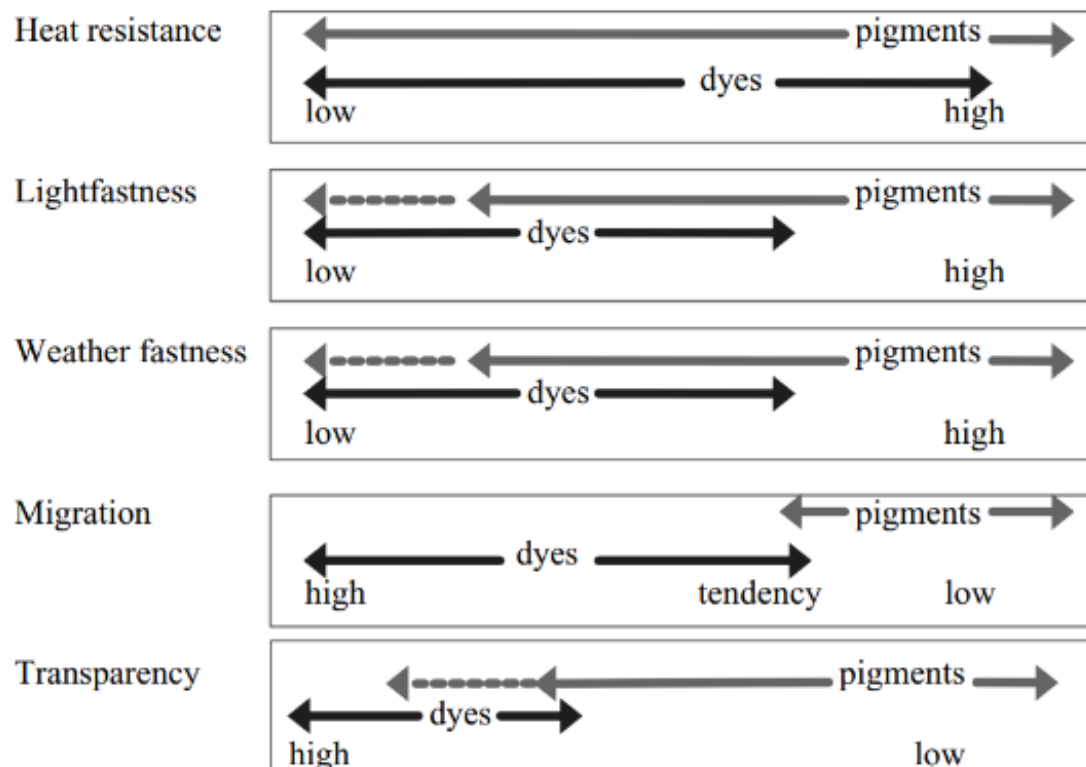
El color en el plástico ha sido un elemento esencial para la transformación de diferentes accesorios. Los químicos que dan color al plástico se vienen usando en productos desde los inicios de los polímeros en la industria. Estas materias primas o insumos que dan color se dividen entre colorantes y pigmentos orgánicos e inorgánicos. A continuación, daré una breve explicación de los colorantes y pigmentos.

a. Colorantes:

“Los colorantes son solubles en el medio de aplicación. La estructura química de los tintes es muy similar a la de los pigmentos. Sin embargo, como los colorantes se disuelven en el medio, no hay partículas visibles y la transparencia del medio de aplicación no cambia. Tanto los pigmentos como los tintes cubren una amplia gama de propiedades” (Zweifel et al., 2008, p.836).

Figura 25

Propiedades de Colorantes vs Pigmentos



Fuente: Plastic Additives Handbook (p.832), por Zweifel et al., 2008.

Nota: En esta figura se muestra las propiedades principales que se obtiene por el uso del colorante con comparación del pigmento.

b. Pigmentos:

“Los pigmentos son materiales orgánicos o inorgánicos, coloreados, blancos o negros, que son prácticamente insolubles en el medio en el que se

incorporan. Esto significa que los pigmentos son siempre materiales sólidos formados por partículas” (Zweifel et al., 2008, p.835).

“A continuación, se explican las propiedades de los pigmentos, el hecho de que un pigmento presente en mayor o menor grado dichas propiedades es en función de su naturaleza química, pero también de los siguientes factores físico-químicos: la cristalización interna, la distribución del tamaño de la partícula, la forma de la partícula y los tratamientos de superficie” (Sordo, 2013, p.43).

- La dispersabilidad: facilidad de separar los aglomerados, aumentando el área de coloración. Llamamos dispersión en plásticos al proceso en el cual los aglomerados se rompen en partículas más pequeñas. El éxito de la utilización de un pigmento depende en gran parte del nivel de dispersión alcanzado en el medio al que se incorpora.
- El poder colorístico: cantidad de color requerido para producir una intensidad de color dada. Internacionalmente se define en términos de profundidad de color estándar como la cantidad de pigmento (en gramos) necesarios para colorear un quilogramo de resina teñida con un 1% de TiO_2 .
- La resistencia al calor: temperatura máxima a la cual no ocurre cambio de tono del pigmento en un tiempo determinado para la

concentración empleada. Internacionalmente se expresa en °C/5 minutos de permanencia sea en tono pleno o en reducción con TiO₂.

- A solidez a la luz: resistencia de un pigmento al cambio de tono por exposición a la luz ultravioleta. Depende del medio y la concentración utilizada. Se califica de 1 (muy mala) a 8 (superior) en la escala azul.

- La solidez ambiental: resistencia de un pigmento al cambio de tono por exposición a la intemperie (luz, UV, humedad, calor o contaminación). Depende de la resina y la concentración usada. Se califica del 1 (pésimo) al 5 (superior) en la escala gris.

- La resistencia a la migración característica de un pigmento de ir a la superficie del material coloreado. Se califica de 1 (alta migración) al 5 (no migración) en la escala gris. Se pueden dar dos casos: eflorescencia (migración del pigmento a la superficie del plástico manifestándose como polvillo fino que puede ser removido al frotar con un paño) o “plate-out”: migración del pigmento durante el proceso de transformación hacia las superficies metálicas de la máquina.

- La resistencia química: característica de algunos pigmentos de no sufrir cambios cuando están en contacto con ácidos o álcalis.

- Resistencia a solventes: debido a que en muchas aplicaciones del material coloreado éste puede estar en contacto con solventes orgánicos, es de gran importancia que los pigmentos sean insolubles en solventes orgánicos. En principio se puede decir que los pigmentos inorgánicos tienen muy buena resistencia a los solventes y que en los pigmentos orgánicos la resistencia aumenta a medida que la complejidad y estructura química aumentan.

- Reología: la reología es el estudio del flujo o deformación de la materia, y esto es importante al discutir sobre pigmentos debido a que la incorporación de un pigmento en un medio altera la reología de éste. El término más común al describir la reología es la viscosidad.

- Toxicidad: el grado de toxicidad de un pigmento relaciona el efecto adverso a la salud que puede darse por exposición directa o contacto repetido con el producto. La información específica de cada pigmento se obtiene a través de la hoja de seguridad.

- Aptitud contacto con alimentos: no migración en el sistema pigmento/resina y aditivos, pureza del pigmento, ausencia o limitación de metales pesados (Cr, Hg, Cd y Pb), ausencia de aminas aromáticas y de policloros bifenilos. Hay que tener en cuenta que cada país tiene su propia legislación.

MÉTODOS DE COLORACIÓN DE LOS POLÍMEROS

Sordo (2013, p.45), señala que “existe diferentes técnicas de coloración como el teñido previo, la coloración en seco, los concentrados de color, los colorantes líquidos, las pastas pigmentarias y las preparaciones pigmentarias”.

Para el proyecto de investigación se describirá a mayor detalle el proceso de concentrados de color, llamado también Masterbatch y todo el sistema de producción que incluye el proceso de extrusión.

MASTERBATCH

Los concentrados de color consisten en pigmentos y colorantes óptimamente dispersados a altas concentraciones en un material portador compatible con el material plástico a colorear. La coloración se consigue mezclando el concentrado con la resina sin colorear durante el proceso (Zweifel et al., 2008, p. 875)

Sordo (2013, p.46), describe al Masterbatch, como “un sistema de coloración y aditivación de polímeros mediante la dosificación de un concentrado de colorantes, pigmentos y/o aditivos dispersados en la matriz polimérica. Mezclado con el polímero base durante el proceso de transformación, lo colorea y/o le confiere propiedades específicas”.

La empresa Mastercol S.A., define al Masterbatch como “un concentrado de aditivos y/o pigmentos orgánicos e inorgánicos dispersados en

un polímero base para obtener una excelente dispersión de sus ingredientes, un color homogéneo y consistente⁷.

Los beneficios de las propiedades obtenidas por el Masterbatch son las siguientes:

- Mejora de la performance de los productos plásticos.
- Protección de los productos envasados de la degradación por la luz y el calor.
- Mejores propiedades ópticas.
- Mejor apariencia de la película.
- Mejor procesabilidad de los plásticos.
- Proporciona el color QUE VENDE.

⁷ Información obtenida de Matercol S.A. disponible en: www.mastercol.pe

Figura 26

Masterbatch Aditivos, Colores, Negro y Blanco



Fuente: Mastercol (<https://www.mastercol.pe/nosotros/>).

Nota: En esta figura se muestra los diferentes tipos de Masterbatch que son aditivos, colores, negro y blanco, por Mastercol S.A., 2021.

2.4. DEFINICIÓN DE TERMINOS

CALIDAD

La Norma ISO 9000:2015 en su apartado 2.2 Términos relativos al resultado⁸, define a la calidad como: “la capacidad para satisfacer a los clientes, y por el impacto imprevisto y el no imprevisto sobre las partes interesadas pertinentes”.

CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

“Uso de métodos estadísticos para identificar anomalías en los elementos del proceso de fabricación y corregir las causas para asegurar que estén dentro de un nivel aceptado de calidad” (Hernández y Vizán, p. 159).

DESPERDICIOS

Se ha definido el desperdicio como “todo aquello que no añade valor al producto, o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. El valor se añade cuando las materias primas se transforman del estado en que se han recibido en otro estado de un grado superior de acabado que algún cliente está dispuesto a comprar. Cabe señalar que existen actividades necesarias para el sistema o proceso, pero sin valor añadido, y que no contribuyen a comunicar valor al producto o servicio. En este caso, estos despilfarros tendrán que ser asumidos” (Rajadell y Sánchez, 2010, p.19).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

“Un diagrama de flujo del proceso es una representación gráfica de

⁸ Véase en norma ISO 9000:2015. 2.2.1 Calidad

la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye además la información que se considera deseable para el análisis; por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para representar las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etc” (Garcia, 2005, p.19).

DOWNTIME

“El downtime es un concepto complementario al uptime; es el porcentaje de tiempo planificado que la máquina está averiada, es decir, que no está operativa” (Madariaga, p. 55).

ESTANDARIZACIÓN

“El trabajo estándar tiene su fundamento en la excelencia operacional. Sin el trabajo estandarizado no se puede garantizar que las operaciones siempre elaboren los productos de la misma manera, apoya el control visual, creando así un ambiente para detectar anomalías fácilmente, facilita la documentación de las mejoras, asegura operaciones más seguras y efectivas, mejora la productividad” (Socconini, 2010, p. 297).

FAMILIA DE PRODUCTOS

“Son productos que comparten pasos similares de proceso en equipos comunes y tienen aproximadamente la misma carga de trabajo. No necesariamente son productos que se vendan a un cliente en específico” (Hernández y Vizán, 2013, p.160).

FLUJO CONTINUO

“Es el sistema de “mover uno, producir uno”. En su forma ideal las unidades de material avanzan progresivamente de operación en operación, adquiriendo valor sin esperas ni defectos” (Hernández y Vizán, 2013, p.160).

FLUJO DE VALOR

“Las actividades específicas requeridas para diseñar, ordenar y proveer un producto determinado, desde el concepto hasta el lanzamiento, desde la orden de compra a su entrega y desde la materia prima hasta su entrega al cliente (Hernández y Vizán, 2013, p.160).

GEMBA

“Palabra japonesa que significa “lugar real”, el lugar en donde la acción real pasa. Desde un punto de vista amplio “gemba” es donde se realizan las actividades de desarrollo, producción o venta del producto” (Hernández y Vizán, 2013, p. 160).

INVENTARIO

Según, Cabrera (2015, p.7) manifestó que: “convertir todo material en producto final. Evitando excedentes de materias primas y chatarra o basura. Manteniendo un flujo 32 constante hacia el cliente y no tener material ocioso o parado”.

INDICADORES

Mariño (2001, p.69) manifiesta que, “para poder controlar, mejorar o

comparar cualquier proceso y conocer que está sucediendo con él, el responsable del mismo debe instituir medidores o indicadores que como su nombre lo dice, midan o indiquen el nivel de desempeño de dicho proceso”.

KAIZEN

“Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de mejora continua” (Hernández y Vizán, 2013, p.27).

MEJORA CONTINUA

La norma OHSAS 18001:2007 en su apartado de 3. Términos y definiciones⁹, define mejora continua como: “Proceso recurrente de optimización del sistema de gestión de la SST global de forma coherente con la política de SST de la organización”.

MOVIMIENTO INNECESARIO

Cabrera, R. (2015, p.8) indicó que: “Evitar el movimiento o postura injustificada de las personas por mala ergonomía o mala ubicación del equipo, maquinarias, herramientas, materiales y el punto de recibo y/o entrega de la

⁹ Véase en norma OHSAS 18001:2007. 3.3 Mejora Continua

actividad, producto o servicio a realizarse”.

PARADA MENOR

“Se produce una parada menor cuando la producción se interrumpe como consecuencia de una anomalía temporal o cuando una máquina está inactiva” (Rajadell y Sánchez, 2010, p.247).

PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES (MRP)

“Un sistema computarizado para determinar la cantidad y el tiempo requerido para la entrega y producción de artículos. Usando MRP para la programación y secuenciación resulta en una producción tipo empuje (push), porque cualquier secuencia predeterminada es solamente un estimado de lo que el siguiente proceso puede requerir” (Hernández y Vizán, 2013, p.161).

PULL

Según, Sancho, A. (2015, p.182) manifestó que: “El concepto de pull es aquel por el cual ningún proceso previo ha de fabricar una pieza si esta no es demanda por un proceso aguas abajo en la cadena de producción”.

TAKT TIME

“Es el tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente. En otras palabras, es la frecuencia en la cual un producto acabado sale de la línea de producción” (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 248).

TRABAJO ESTÁNDAR

“Una descripción precisa de cada actividad de trabajo, incluyendo tiempo de ciclo y takt time, la secuencia de cada actividad y la cantidad mínima de inventario de piezas a la mano para realizar la operación. Es considerada una actividad fundamental para el desarrollo de la fabricación esbelta” (Hernández y Vizán, 2013, p.161).

TIEMPO DE ESPERA

Según, Hernández y Vizán (2013, p.25) mencionaron que: “El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo”.

TIEMPO CICLO

El tiempo ciclo “es el tiempo que transcurre desde el inicio hasta el final de una operación. En otras palabras, es el tiempo necesario para completar las operaciones sobre un producto en cada estación de trabajo. En la filosofía Lean, se busca igualar al “takt time” para poder tener flujo de una sola pieza” (Hernández y Vizán, 2013, p.161).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS.

A continuación, se presenta las Hipótesis de la presente investigación:

HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis general Nula

H0: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa positivamente la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

Hipótesis general Alternativa

H1: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa positivamente la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA

1ra Hipótesis Específica Nula

1H0: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa positivamente la eficiencia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

1ra Hipótesis Específica Alternativa

1H1: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa positivamente la eficiencia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico

2da Hipótesis Específica Nula

2H0: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa positivamente la eficacia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

2da Hipótesis Específica Alternativa

2H1: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa positivamente la eficacia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

3.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES.

Las siguientes son las variables que muestra la presente investigación:

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

LEAN MANUFACTURING

Luis Socconini (2017, p.11) señala que “Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados”.

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

PRODUCTIVIDAD

Humberto Gutiérrez (2010, p.21) señala que “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades,

mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados”.

3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 6

Matriz de Operacionalización de la variable independiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: LEAN MANUFACTURING	Socconini (2017, p.11) señala que "Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados".	La filosofía Lean Manufacturing se implementará en la empresa Mastercol S.A., en el área de producción de Masterbatch. Se realizará un diagnóstico inicial con el Value Stream Mapping para identificar las actividades que no añade valor y se planteará acciones de mejorar para incrementar el índice de ritmo de producción asemejándonos a un sistema esbelto. También se implementará la filosofía 5s para mejorar las condiciones de la zona de trabajo y el ambiente laboral. Finalmente se implementará el SMED para mejorar los tiempos de cambios. Todo ello, debe ser reflejado con el incremento de la productividad de la planta.	Value Stream Mapping (VSM)	Takt Time	$TT = \frac{\text{Tiempo total disponible}}{\text{Demanda del cliente en toneladas}}$	Razón
				Tiempo Ciclo	$CT = \frac{\text{Tiempo de producción neto}}{\text{Unidades producidas durante el tiempo neto}}$	Razón
				Ritmo de producción	$RP = \frac{\text{Takt Time}}{\text{Cycle Time}}$	Razón
			5S	% Cumplimiento de desempeño 5S	$\% KPI\ 5S = \frac{\text{Observaciones aprobadas}}{\text{Total de Observaciones}} * 100$	Razón
			Single Minute Exchange of Die (SMED)	Etapa Preliminar: Tiempo promedio del Set-up	$TPC = \frac{TC1 + TC2 + \dots + TCn}{\text{Número de Cambios}}$ <i>TPC = Tiempo Promedio de Cambio</i> <i>TC = Tiempo de cambio</i>	Razón
				Primera etapa: Separar las actividades internas y externas	$\% \text{Actividades Internas} = \frac{\text{Actividades Internas}}{\text{Total de actividades}} * 100\%$ $\% \text{Actividades Externas} = \frac{\text{Actividades Externas}}{\text{Total de actividades}} * 100\%$	Razón
				Segunda etapa: Convertir las actividades internas en externas	$NTPC = \frac{NTC1 + NTC2 + \dots + NTCn}{\text{Número de Cambios}}$ <i>NTPC = Nuevo tiempo Promedio de Cambio</i> <i>NTC = Nuevo Tiempo de cambio</i>	Razón
				Tercera etapa: Mejorar todas las actividades	$TPCM = \frac{TPCM1 + TPCM2 + \dots + TPCMn}{\text{Número de Cambios}}$ <i>TPCM = Tiempo promedio de Cambio Mejorado</i> <i>TCM = Tiempo de Cambio Mejorado</i>	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7
Matriz de Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Dependiente: PRODUCTIVIDAD	Humberto Gutiérrez (2010, p.21) señala que “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados”.	La productividad en la empresa Mastercol S.A. se medirá a través de los indicadores eficiencia y eficacia. En la variable eficiencia se hará un análisis de los tiempos productivos sobre los planificados. Estos tiempos planificados serán asignado por el departamento de planificación. Además, estos tiempos planificados estarán envueltos en algunos casos por fallas en el procesos o desperdicios en el ciclo de la producción. En la variable eficacia se hará un análisis de la producción real libres de defectos sobre el la producción planificada.	EFICIENCIA	Nivel de Eficiencia	$Eficiencia = \frac{Tiempo\ Productivo}{Tiempo\ Planificado}$	Razón
			EFICACIA	Nivel de Eficacia	$Eficacia = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Planificado}$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Valderrama (2016, p.40), sostiene que “la investigación aplicada también es llamada como práctica, empírica, activa o dinámica y se encuentran íntimamente ligada a la investigación básica. Además, busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar. Los egresados del pre- y posgrado de las universidades realizan o deben realizar este tipo de investigación para conocer la situación actual y plantear soluciones concretas, reales a los problemas detectados”.

El proyecto de investigación es de tipo aplicada, debido a que, esta investigación se aplicó o utilizó de los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos para la solución de problemas puntuales a la empresa. En este mismo sentido se aplicó la filosofía Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso de producción de Masterbatch.

Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.92), señalan que “los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a los que se refieren”.

En cuanto a los estudios correlacionales, Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.93), plantean que “tiene como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un contexto particular)”.

Según el nivel de conocimiento que se desea alcanzar, podemos decir que esta investigación es de tipo descriptivo-correlacional, es descriptiva de enfoque cuantitativo pues se recolectó datos sobre los diferentes aspectos del sistema de producción de la empresa a investigar, se realizó análisis y medición de las mejoras implementadas. Es correlacional porque existe una influencia de la variable independiente sobre la dependiente.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.4), “el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y los análisis estadísticos, para establecer patrones de comportamiento y probar teoría”.

Según la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema de investigación, la presente investigación es de tipo cuantitativa, porque la respuesta de la investigación se mostró en datos numéricos, como lo es, la mejora de la productividad en el área de producción de la empresa MASTERCOL S.A.

Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.159), explica que “los diseños longitudinales, son los que representan datos a través del tiempo en un punto o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias”.

Según el tiempo en que se levantó la información, esta investigación es de tipo Longitudinal, porque es un estudio observacional que recoge datos cualitativos y cuantitativos y se encarga de emplear medidas continuas o repetidas para dar seguimiento a individuos particulares durante un período prolongado de tiempo. Según el tiempo de ocurrencia de los hechos es retrospectiva, ya que se investiga sobre los hechos ocurridos en el pasado.

4.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tamayo (1999, p.48), nos comenta que el “diseño de investigación es un planteamiento de una serie de actividades sucesivas y organizadas, que deben adaptarse a las particularidades de cada investigación y que nos indican los pasos y pruebas a efectuar, y las técnicas a utilizar para recolectar, y analizar los datos”.

Tamayo (1999, p.48), comenta que el “diseño cuasi experimenta estudia relaciones de causa-efecto, pero no en condiciones de control riguroso de todos los factores que puedan afectar el experimento”.

Es por ello que el proyecto de investigación obedece a un diseño cuasi experimental, pero no en condiciones de control riguroso de las variables en una situación experimental. Se utilizó el diseño de pre prueba y post prueba con un solo grupo; al grupo se le aplicó una prueba previa al estímulo, después se le administró el estímulo y finalmente se le aplicó una prueba posterior al tratamiento.

El diagrama respectivo es el siguiente:

G: O1 X O2

Donde:

G: Grupo de muestra a quien se aplicará el experimento.

O1: Pre prueba.

X: Estímulo.

O2: Post prueba.

4.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método que se utilizó en la presente investigación es el Método Deductivo, porque es un proceso de pensamiento que va de lo general (leyes o principios) a lo particular (fenómenos o hechos concretos), de la teoría a los datos. En el caso nuestro partimos de la base legal para particularizarlo en una empresa comercial donde se realiza el presente trabajo.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Es fundamental identificar cual es la población y también determinar muestra a tomar:

4.3.1. POBLACIÓN

Valderrama (2016, p.182), describe la población como “un conjunto finito o infinito de elementos, seres o cosas que tienen atributos o características comunes, susceptibles de ser observados”. Para esta presente investigación, la población objeto de estudio está conformado por

los procesos del área de producción de la empresa Mastercol S.A., los cuales son: proceso de producción de Masterbatch, proceso de molido de resina, proceso de pesado y mezclado y proceso de producción de bolsas y mangas.

4.3.2. MUESTRA

Valderrama (2016, p.184), define la muestra como “un sub conjunto representativo de un universo de población”. Para la presente investigación, la muestra de análisis comprende el proceso más crítico, en donde se aprecia mayor desperdicios y pérdida de la productividad con el fin de implementar las mejoras propuestas para el cumplimiento del objetivo de la investigación durante un periodo de 12 meses.

4.4. LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO

El lugar donde se realizó la presente investigación fue en área de producción de la empresa Mastercol S.A., ubicada la av. Los Frutales N° 211 Urb. Fundo Monterrico, Grande - Ate Vitarte – Lima, durante el periodo 2021.

4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Bernal (2010, p.192), nos describe que “las técnicas vienen a ser un conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, mejorar y transmitir los datos. Las técnicas de investigación se justifican por su utilidad, que se traduce en la optimización de los esfuerzos, la mejor administración de los recursos y la comunicación de los resultados”.

Para el proyecto de investigación se recolectó los datos actuales de la empresa MASTERCOL S.A., a través de los reportes de las ordenes de producción, auditorías, Mapa de valor del proceso, entrevistas, estudios de tiempos y movimientos, diagramas de análisis del proceso y entre otros reportes de recolección de datos. Se analizó toda la información obtenida estadísticamente y se reflejó por medio de indicadores. La técnica y los instrumentos empleados serán nombrados a continuación de manera organizada en la tabla 8.

Tabla 8

Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Entrevista	Face to face
Documentación de proceso	Diagrama causa-efecto
	Diagrama DOP
	Diagrama DAP
	Diagrama Pareto
	Mapa de la cadena de valor (VSM)
Acopio de datos	Órdenes de producción
	Registros de Tiempos Improductivo
	Registro de datos para KPI's
	Check list 5S

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra las técnicas e instrumentos de recolección de datos para el proyecto de investigación.

4.6. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Para este estudio, se usó el software estadístico Minitab – v18 como herramienta de análisis de datos de las variables, se utilizó diagramas de barra,

diagrama de caja, prueba de hipótesis, prueba de varianzas, prueba de normalidad y distribución, diagrama Pareto y diferentes análisis de control estadístico, para describir los datos obtenidos a través de los reportes de producción y fichas de levantamiento de información de planta. Todas las mediciones se realizaron con un nivel de significancia del 5% y confiabilidad del 95%.

4.6.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Juárez et al. (2002, p.4), postula que “la estadística descriptiva es aquella que permite la organización de datos desestructurados para la mejor interpretación y definición de las características de una muestra, incluyendo tablas de frecuencias, porcentajes y métodos de resumen o numéricos”.

Para el proyecto de investigación utilizamos los conceptos de la estadística descriptiva, el cual tiene como función de recolectar, caracterizar y analizar los datos obtenidos de los procesos con la finalidad de describir las características y comportamiento a través de gráficos o tablas. Además, para facilitar la comprensión de los datos se resumió los datos disponibles mediante determinadas cifras como la media, la mediana, la moda, la varianza, p-value, entre otros. Por lo tanto, la estadística descriptiva nos permitió presentar los datos de forma más significativa, lo que permite una interpretación más sencilla de lo mismo.

4.6.2. ANÁLISIS COMPARATIVO

Juárez et al. (2002, p.19), postula que “el análisis comparativo es la aplicación de pruebas comparativos dependiendo del nivel de investigación y el análisis de normalidad realizado”.

Para el proyecto de investigación se usó el análisis comparativo para observar ver la diferencia en la media de la variable dependiente entre dos o más grupos. Usaremos la prueba T para la comparación (variable dependiente) de dos grupos de muestras el análisis comparativo de distribución normal de medias y de varianzas.

4.6.3. ANÁLISIS INFERENCIAL

Juárez et al. (2002, p.8), postula que “del mismo modo nos mencionan que la estadística inferencial es aquella que estima los atributos de la población, comprobando la relación entre variables, comparando grupos y haciendo inferencias”.

Para el proyecto de investigación se usó el análisis estadístico inferencial para obtener estimaciones sobre la muestra, describir el comportamiento, sacar inferencias y conclusiones de los datos basándonos en métodos de comprobación de hipótesis.

V. RESULTADOS

5.1.RESULTADOS DESCRIPTIVOS

El análisis descriptivo tiene como objetivo estudiar las características de un grupo de datos para conocer los valores que lo describen.

5.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE – VALUE STREAM MAPPING

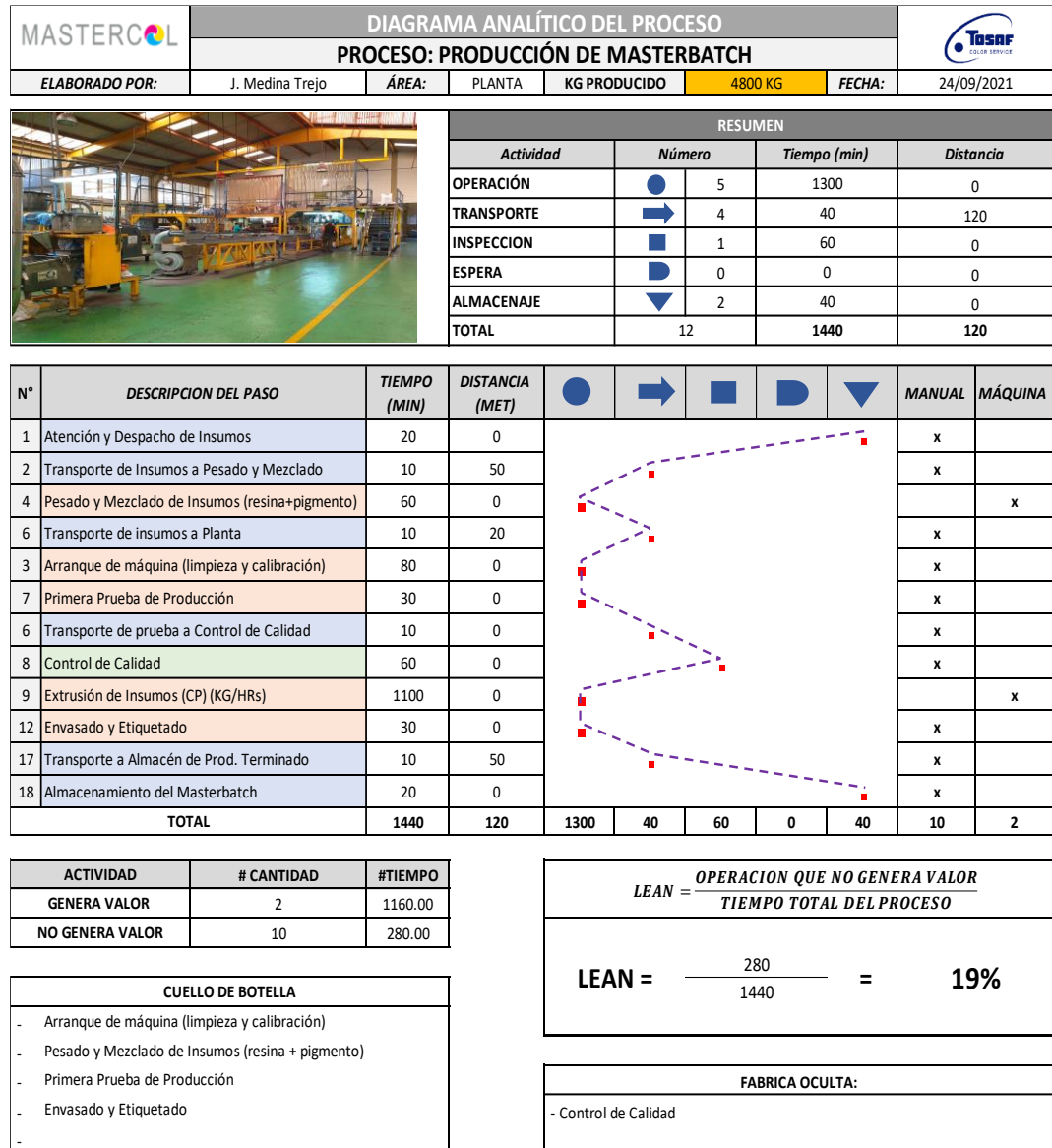
Se realizó el diagnóstico inicial (AS IS) mediante la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en el área de producción, para identificar las actividades que no generan valor, los cuellos de botellas, tiempo ciclo y el tiempo takt para determinar acciones de mejoras. Siguiendo las pautas, elegimos la familia de los Masterbatch blancos ya que es el producto con mayor demanda que tiene la organización el año 2020 (ver tabla 9). Recordar que el proceso para la fabricación de los productos de Masterbatch es la misma, lo que nos indica que cualquier mejora que hagamos influenciará en toda la familia de productos.

La familia con mayor demanda es el Masterbatch blanco por su uso en la aplicación en el sector alimentos y por ello elegiremos esta familia para nuestro diagnóstico inicial del Value Stream Mapping. Una vez elegido el producto en sí, realizamos el diagnóstico de la situación actual de la organización para el desarrollo de ese producto. Diseñamos el flujo de materiales, empezando por el almacén de insumos hasta el almacén de productos terminados. Las actividades están agrupadas en cada proceso crítico que conforman la cadena de valor como, por ejemplo: Pesado y Mezclado, Arranque de Producción, Prueba de Producción, Extrusión,

Control de Calidad, Envasado y Etiquetado. Esto puede verse en el formato utilizado en la figura 27 “Diagrama de Análisis del Procesos de extrusión”.

Figura 27

Diagrama de Análisis del Procesos de Extrusión



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura identificamos los procesos involucrados en la cadena de valor, clasificamos los procesos manuales y automáticos (máquina) para diferenciar las operaciones que agregan valor y las que no agregan valor.

Tabla 9

Producción de Masterbatch (KGs) en el periodo 2020 por Familia

Familias	PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH 2020												PROMEDIO
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	
Additive	104,850	107,048	104,317	90,549	99,671	102,220	100,863	116,619	110,784	109,576	113,924	114,498	106,243
Based	20,225	30,424	25,940	21,222	26,715	36,725	32,875	33,575	36,496	28,100	36,375	26,751	29,619
Black	98,553	99,079	96,113	95,569	100,075	95,868	99,255	99,427	95,877	95,370	96,263	100,832	97,690
Blue & Violet	39,016	45,092	32,482	32,659	36,777	38,989	30,008	45,445	45,683	44,639	42,249	46,571	39,967
Green	35,127	30,851	27,929	31,431	34,002	30,613	34,150	32,152	47,689	43,256	34,213	30,227	34,303
Orange	5,000	3,000	5,550	4,000	3,500	3,150	5,500	4,500	3,000	5,300	4,800	5,400	4,392
Red	37,501	34,460	36,338	38,875	34,905	31,850	41,495	40,393	45,785	49,195	50,265	58,548	41,634
Specialty Effects	3,800	5,000	4,000	4,100	3,000	4,100	3,750	4,300	4,900	5,200	5,500	5,250	4,408
White	108,200	101,133	110,454	108,500	125,775	121,022	132,931	155,082	155,134	129,201	126,478	111,478	123,782
Yellow	16,187	14,869	20,611	18,350	31,913	34,029	38,101	32,278	36,164	47,592	42,665	49,686	31,870
Total general	468,458	470,955	463,732	445,254	496,333	498,565	518,927	563,771	581,509	557,428	552,731	549,239	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra la cantidad producida durante los 12 meses del año 2020, divididos por familia.

En el DAP logramos demostrar que el 19% son operaciones que no genera valor y que es importante establecer acciones de mejorar para nivelar el ritmo de producción entre el Takt Time y el Cycle Time. El horario de trabajo está dividido en 2 turnos de 12 horas, de las cuales se tiene un 19 a 20 horas aproximadamente como tiempos productivos al día. El horario de trabajo es de lunes a sábados. Para el cálculo del Takt Time (ritmo de la producción) partiremos de los datos de la demanda del cliente mensual como señala en la tabla 10.

Tabla 10

Cálculo del Takt Time del Proceso de Producción de Masterbatch

Items	Descripción	Datos	Unidades
<i>General</i>	Producción total/mes	120	Tns/mes
	Total de días laborales	25	días
	Turnos de trabajo/ día	2	turnos/día
	Horas/turno	12	horas/turno
<i>Tiempo Programado</i>	Control de Calidad/turno	60	min/día
	Arranque de máquina (min)/turno	60	min/día
	Total de tiempo programado	120	min/día
<i>Capacidad Productiva</i>	Tiempo total	1440	min/día
	Tiempo Programado	120	min/día
	Tiempo Operativo	1320	min/día
	Total Producción/mes	120	Tns/mes
	Unidades demandadas	4.8	Tns/días
<i>Takt Time</i>	Ritmo de producción del Cliente	4.60	Hrs/Tns
<i>Tiempo Ciclo</i>	Ritmo de producción actual	5.0	Hrs/Tns

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se observa el cálculo del Takt time, que vendría ser el ritmo de velocidad que exige el cliente para cumplir su requisito.

El tiempo disponible son de 22 horas al día y la demanda es de 4.8 tns al día. El ritmo de producción de exige el cliente es 4.6 Hrs/Tns. Con los datos obtenidos del DAP, logramos identificar el tiempo Ciclo del proceso de producción de Masterbatch que representa 5 Hrs/Tns. Comparando el Takt Time y el Cycle Time, podemos constatar que el ritmo de producción del cliente es mucho mayor que el nuestro. Una vez obtenida la información de la clasificación de las actividades y los tiempos del DAP, empezamos a diseñar nuestro Mapa de la Cadena de Valor del sistema de producción (ver figura 28).

Tabla 11

Resumen del Value Stream Mapping del área de Producción de Masterbatch

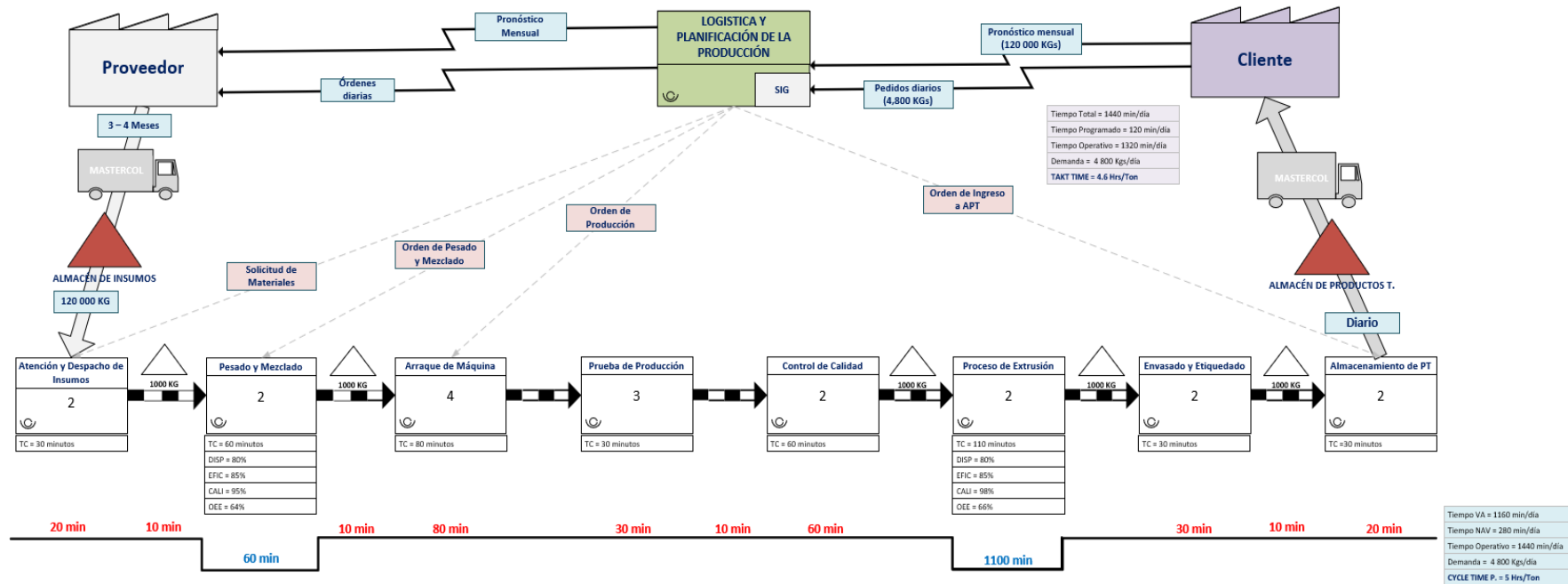
Resumen Value Stream Mapping	Datos	Unidades
Takt Time	4.6	hrs/tons
Cycle Time	5.0	hrs/tons
Tiempo Agrega Valor (xdía)	19.5	horas/día
Tiempo No Agrega Valor (xdía)	4.5	horas/día
Tiempo No Agrega Valor (xmes - 25 días hábiles)	112.5	Horas/mes
Rendimiento de máquina (300kg/hrs)	33,750	Kgs/mes
Costo del Daño Emergente (0.5\$/Kgs)	16,875	\$/mes
Costo del Daño Emergente (0.5\$/Kgs) x 7 MQ	118,125	\$/mes

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se observa el análisis del costo que se deja de percibir (Daño Emergente) por los desperdicios presentes en el área de producción de Masterbatch.

Figura 28

Value Stream Mapping (AS IS) del área de Producción de Masterbatch



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el Mapa de la Cadena de Valor del proceso de Extrusión. Este mapa muestra las actividades que agregan valor y las que no agregan valor. Los tiempos que agregan valor en el proceso de extrusión representa 1160 min por día y los tiempos que no agrega valor es de 280 minutos. El Takt Time es de 4.6 Hrs/Tn y el Tiempo Ciclo es de 5 Hrs/Tn, eso significa que somos lentos en comparación de la velocidad de la demanda.

Al diseñar el Value Stream Mapping (AS IS) actual, logramos demostrar que el 19% del tiempo total es considerado tiempos improductivos el cual afecta directamente a la eficiencia del proceso de extrusión. Además, hemos analizado cada uno de los procesos involucrados para determinar acciones de mejoras categorizadas como eventos Kaizen. Estos eventos Kaizen están alineado a cada desperdicio que se identificó en el VSM y el objetivo es lograr reducir o en algunos casos eliminar el desperdicio y así incrementar la productividad. Los eventos Kaizen que se propusieron fueron lo siguiente:

1. Atención y Recepción de Insumos

Observamos que las operaciones de este proceso se pueden trabajar de manera anticipada. Como acción de mejora se sugiere enviar el programa de producción con anticipación y emitir las ordenes de producción una hora o dos horas antes de iniciar la producción para así eliminar ese tiempo improductivo que está atribuido al desperdicio de almacenamiento y transporte.

El evento Kaizen es establecer una política de atención y recepción de materia prima con la integración del proceso logístico y planificación en la coordinación y comunicación entre las ambas partes para intervenir antes del inicio de la producción. El planificador debe emitir la Orden de producción 1 a 2 horas antes de la hora de inicio de la producción según su programa de planificación.

Figura 29

Almacén de insumos de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la atención y transporte de insumos para la fabricación de Masterbatch en dirección al área de Pesado y Mezclado.

2. Pesado y Mezclado

Observamos que las operaciones de este proceso son críticas, la falla de algunas actividades de este proceso puede afectar a toda la cadena de valor. Por ello se requiere dar el tiempo necesario para que el personal pueda estar concentrado en sus operaciones y darle las herramientas adecuada para facilitarle y agilizar el trabajo. Como acción de mejora se sugirió implementar un método adecuado en la estructura de la formulación e incorporar una pizarra en la zona de trabajo donde se pueda visualizar la secuencia del pesado y mezclado de la orden de trabajo. También se sugirió calibrar las balanzas al inicio de cada turno y

diseñar un formato para registrar los pesos en las 5 zonas de apoyo en las balanzas.

El evento Kaizen es establecer un nuevo método de formulación, herramienta visual por medio de la pizarra y un formato de registro del sistema de medición.

Figura 30

Área de Pesado y Mezclado de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el área de Pesado y Mezclado, en donde se realiza la recepción de los insumos. Es aquí donde prepara la primera muestra para su respectiva evaluación de color y especificaciones técnicas.

3. Arranque de máquina

Observamos que las operaciones de este proceso son fundamental para la disponibilidad del equipo. En este proceso se realiza

lo que es la calibración y la limpieza total de las máquinas extrusora, el peletizador, las tinas de enfriamiento, el tamizador y la tolva ciclón. Actualmente, tardan mucho tiempo por hacer estas operaciones debido a que no se tiene estandarizado el método de cambios de accesorios y limpieza de máquina. Hay bastantes actividades que pueden realizarse con anticipación. Como acción de mejora se sugiere la implementación de un método de cambios rápido, incorporar un equipo de cambio, realizar un inventario de herramientas, diseño de herramientas para los cambios y capacitar al personal en mantenimiento autónomo.

El evento Kaizen es la implementación de la cultura 5S, SMED y el primer principio del TPM que es el mantenimiento autónomo.

Figura 31

Arranque de Máquina extrusora en la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el arranque de máquina al inicio de turno o de cada orden de producción. Este arranque de máquina consiste en limpiar todo el pigmento del anterior color y calibrar todas las partes críticas de la máquina.

4. Desarrollo y Aplicación

Observamos que las operaciones de este proceso no están estandarizadas, hay tiempos de esperas para realizar el análisis de la muestra ya que no sólo es un color el que ingresa si no son varias muestras de diferentes máquinas y Ordenes de Producción. Además, agregar que Control de Calidad solicita desarrollos de colores nuevos para clientes especiales provocando el sobre esforzando del personal del área de Desarrollo y Aplicación. Esta descoordinación entre Planificación, Control de Calidad y Producción genera tiempos improductivos. Como acción de mejora se determinó establecer un método correcto para la secuencia del color y un programa de planificación integral para el área de Aplicación y Desarrollo para evitar cruces e interrupciones en el proceso.

El evento Kaizen es establecer una secuencia de color y un programa de planificación para Aplicación y Desarrollo con la finalidad de reducir los tiempos de respuesta en las evaluaciones de Control de Calidad.

Figura 32

Desarrollo y Aplicación en la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el área de Desarrollo y Aplicación, es aquí donde se hace el análisis del color y las especificaciones técnicas según el requerimiento del cliente.

5. Control de Calidad

En este proceso se evalúa y analiza la tonalidad del color y la dispersión del pigmento con la resina en comparación con el estándar. Cuando la primera prueba es rechazada por no cumplir estos requisitos se genera los reprocesos, esperas por evaluación, reformulación e inclusive puede ser abortado (reprogramación del programa de producción). Los motivos son porque los insumos son diferentes, no se hace una buena limpieza en las extrusoras, no hay canal de comunicación entre el personal de laboratorio y producción, error en el pesado y mezclado.

El evento Kaizen es definir el proceso de Control de Calidad, donde se pueda visualizar el compromiso por producción en hacer seguimiento a las muestras. Por la variación de los insumos por la se sugiere que se debe actualizar las fórmulas con anticipación para evitar los tiempos improductivos por evaluación de color.

Figura 33

Laboratorio de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el área de Calidad, es aquí donde se realiza evaluaciones de la tonalidad y dispersión del color en comparación del estándar.

6. Proceso de Extrusión

El proceso de Extrusión es el corazón de la empresa; es aquí donde se transforman la materia prima (pigmentos y resina) en Masterbatch. Este proceso es automatizado, pero requiere de un control exhaustivo ya que la falla de algún componente de la máquina podría afectar toda la cadena de Valor.

El evento Kaizen es la implementación de la cultura 5S, inducción especializada en Extrusión, método SMED y mantenimiento autónomo para la asistencia rápida por fallas en el proceso de extrusión.

Figura 34

Proceso de producción de Masterbatch de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el área de Producción, es aquí donde se fabrica los Masterbatch Aditivos, Negros, Colores y Blancos.

7. Envasado y Etiquetado

El proceso de Envasado y Etiquetado, es crítico ya que influye más el factor humano ya que no está automatizado. El proceso actualmente no está estandarizado, cada personal tiene una forma diferente de hacer las operaciones. El proceso requiere de mucha precisión ya que las bolsas tienen un peso límite de 25.11 kgs.

El evento Kaizen es establecer un método único para el proceso de Envasado y Etiquetado, implementar un formato de control del sistema de medición de las balanzas y establecer una política para calibrar las balanzas al inicio de cada turno con el fin de mitigar las pérdidas de Masterbatch.

Figura 35

Proceso de Envasado y Etiquetado de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el proceso de Envasado y Etiquetado, este proceso es manual y se requiere de mucha precisión para dar la cantidad establecida por la empresa.

8. Almacenamiento del Producto Terminado

El proceso de APT requiere de mucha coordinación con el área de producción. Actualmente hay fallas frecuentes en el transporte y almacenamiento del producto, lo cual genera tiempos muertos por problemas como las bolsas rotas o bolsas dañadas debido a la mala manipulación del producto.

El evento Kaizen es establecer un método correcto de la manipulación de los productos terminados (bolsas de Masterbatch), capacitación de la importancia de la protección y manipulación correcta del producto.

Figura 36

Almacén de Productos Terminados de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el área de Almacén de Productos terminados, es aquí donde se almacén y se despacha el pedido al cliente.

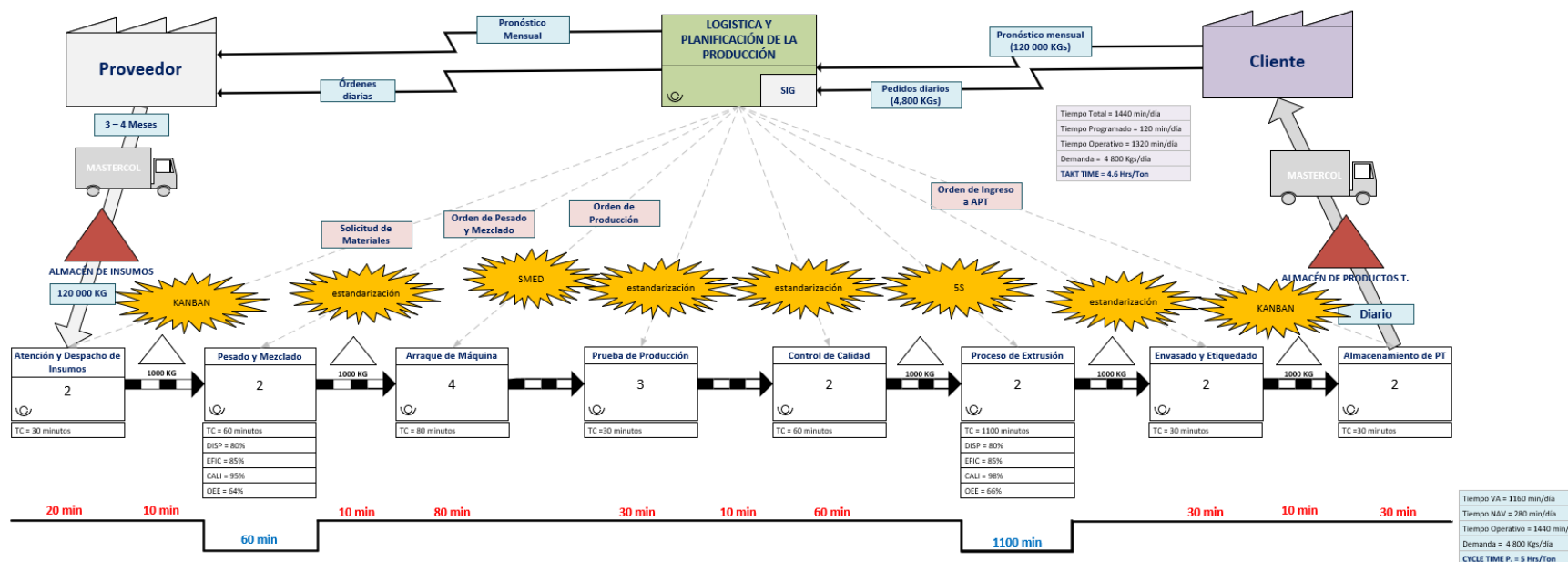
Como resumen general del Value Stream Mapping se determinaron priorizar las siguientes acciones de mejoras para incrementar la productividad en el proceso de Producción de Masterbatch para la empresa Mastercol. No obstante, resaltar que se propusieron varias mejoras como evento Kaizen en la interpretación del Value Stream Mapping (AS IS), pero por nivel de urgencia y sugerencia por la gerencia se optó por elegir las siguientes:

- Implementación de la cultura de 5S en los procesos de extrusión para reducir los tiempos de esperas y la fallas en el proceso por orden y limpieza.
- Implementación del método SMED para reducir los tiempos de esperas por cambio de color y la fallas en el proceso de extrusión limpieza.

A continuación, en la figura, se muestra el Value Stream Mapping (TO BE), el cual está plasmado toda la información anterior mencionada con la finalidad de tener presente estas oportunidades de mejoras como un sistema de autoevaluación de la empresa Mastercol S.A. Además, se espera a futuro que este proyecto de investigación será referencia, para seguir mejorando los procesos de la organización.

Figura 37

Value Stream Mapping (TO BE) del área de producción de Masterbatch



Fuente: Elaboración propia.


Nota. En esta figura se visualiza el Mapa de la Cadena de Valor con las mejoras establecidas por el equipo de producción. Este mapa muestra los Kaizen más importante como la Estandarización, 5S, Mantenimiento Autónomo y SMED. La implementación de estas herramientas debe reducir los tiempos improductivos y lograr incrementar la productividad aumentando el ritmo de producción actual de la organización.

5.1.2. VARIABLE INDEPENDIENTE – CULTURA 5S

Para implementar la cultura de la 5S, primero hicimos una auditoría inicial para conocer las fortalezas y debilidades en el proceso de producción de Masterbatch.

Figura 38

Check List de Auditoría 5S de la empresa Mastercol

MASTERCOL		CHECKLIST AUDITORÍA 5S			
Responsable	Hemson Jordán	Fecha:	30/08/2021		
Auditor:	Jonathan Medina	Hora:	9:00 a. m.		
5S	Criterios	Peso	¿Cumple?	Comentarios	
C L A S I F I C A R	Se cuenta solo con lo necesario (no hay acumulación) para trabajar a simple vista	5%	<input type="radio"/>	Hay mucha herramientas mezclada y no se tiene un inventario de lo necesario	
	Los materiales no se encuentran dañado, roto o deteriorado	5%	<input type="radio"/>	Hay bolsas de masterbatch rotas y dispersas	
	Las herramientas de trabajo, estan en contenedores y en buen estado para su uso	5%	<input type="radio"/>	Algunas herramientas de trabajo están en mal estado y requieren mantenimiento	
	No se observa bolsa, embases, cajas u otro similar sueltos por el área	5%	<input type="radio"/>	Las bolsas de masterbatch están sueltas por el área y almacén de tránsito	
O R D E N A R	La zonas de trabajo están debidamente identificadas	5%	<input checked="" type="checkbox"/>	Zona de trabajo identificada	
	Están codificados los materiales almacenados	5%	<input type="radio"/>	Hay bolsas de masterbatch que no están siendo identidicadas en los almacen de tránsito	
	Todos los materiales y herramientas se encuentran ubicados en el lugar designado	5%	<input type="radio"/>	Las herramientas no están ubicados y no tienen un lugar designado	
	Es fácil y rápido la ubicación de los materiales y herramientas	5%	<input type="radio"/>	Hay tiempo improductivo en la búsqueda de las herramientas y materiales	
L I M P I A R	La zona de trabajo se encuentra limpio y ordenado	5%	<input type="radio"/>	Se requiere seguir reforzando la limpieza en la zonas de trabajo	
	Las bolsas de masterbatchs se encuentra limpio y en buen estado	5%	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Los pasadisos está libre de polvo, basura, componentes y manchas	5%	<input type="radio"/>	Hay contaminación de polvillo de color en toda la zona de trabajo	
	El personal se encuentra con vestimenta y EPPs completos y adecuados	5%	<input checked="" type="checkbox"/>		

5S	Criterios	Peso	¿Cumple?	Comentarios
E S T A N D A R I Z A R	Se identifica procedimientos, normas y recursos para mantener el orden y la limpieza	5%	<input type="radio"/>	No hay procedimiento de orden y limpieza
	Los resultados de la aplicación de la 5S son compartidos al personal	5%	<input type="radio"/>	No hay evidencia de implementación 5s
	El personal está en constante capacitación	5%	<input type="radio"/>	No hay capacitación de la 5s
	El personal está comprometido en las actividades de las 5S	5%	<input type="radio"/>	No existe compromiso para ejercer la disciplina de la 5s
D I S C I P L I N A	El personal realiza la limpieza en la zona de trabajo sin que se lo indiquen.	5%	<input type="radio"/>	El personal desconoce de la importancia de mantener ordenado y limpio
	Se logró eliminar los malos hábitos pasados	5%	<input type="radio"/>	
	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida	5%	<input type="radio"/>	No hay un plan de limpieza
	Existe recompensas y reconocimientos por el buen desempeño del personal	5%	<input type="radio"/>	
Total		100%	15%	
Compromisos y acuerdos en caso de incumplimiento: Se requiere la implementación de la 5S en el proceso de extrusión, involucrar a la alta gerencia en la importancia de mantener el orden y la limpieza ya que nos ayudará a reducir los tiempos improductivos por fallas en el proceso como la contaminación de un color a otro, por fallas en la máquina al no limpiarla, las esperas por limpieza de máquina, esperas por búsqueda de material y las pérdidas de herramientas de trabajo				

Fuente: Elaboración propia.

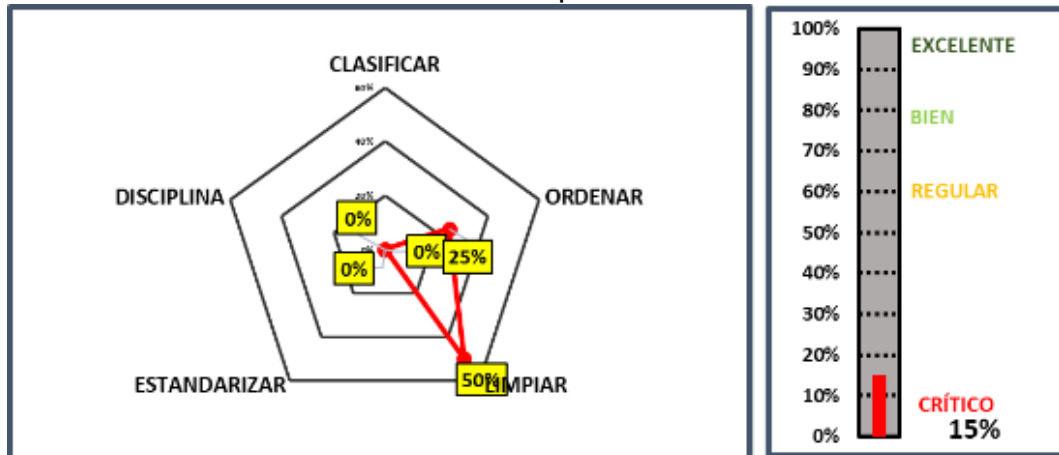
Nota: En esta tabla se observa la evaluación de la aplicación de la 5S realizada en el área de producción.

Actualmente la empresa Mastercol sólo ha cumplido el 15% de las observaciones y requiere el compromiso de todos los responsables para seguir mejorando (ver figura 38). La empresa está en situación crítica debido a que no tiene un método organizado de orden y limpieza. Hay debilidad en la clasificación de lo que realmente se requiere con urgente tener a la mano, el orden y la limpieza de la zona de trabajo y máquinas y

zona de trabajo, ausencia de procedimientos y la falta de compromiso para seguir mejorando.

Figura 39

Resultados de la auditoría 5S de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa el resultado de la evaluación de la aplicación de la 5S realizada en el área de producción.

Una vez ya identificado las debilidades, empezamos a proceder con la implementación de la primera S que es la “CLASIFICACIÓN” en el proceso de producción de Masterbatch.

1. Primera S – Clasificación

En la primera S, hicimos un inventario de todas las herramientas que utiliza el maquinista e identificar si existe alguna anomalía que debía ser corregida para continuar con la siguiente fase “Ordenar”. Levantamos información de todo aquel material, herramienta o accesorio que deba tener a la mano el maquinista para tomar acción inmediata a las fallas en el proceso. En la figura clasificamos el tipo de herramienta y el estado en cómo se encuentra.

Figura 40

Inventario de herramientas de ajuste y calibración para el proceso de Extrusión

HERRAMIENTAS MANUALES							
DESCRIPCIÓN	TIPO	ESTADO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	TIPO	ESTADO	IMAGEN
Llaves Allen	Estándar	BUENO		Llave Stilson	Estándar	BUENO	
Espatula de metal	Fabricación Local	REGULAR		Desarmador tipo dado	Estándar	BUENO	
Espatula de aluminio	Fabricación Local	REGULAR		Chispero	Estándar	REGULAR	
Llave de boca	Estándar	BUENO		Martillo	Estándar	BUENO	
Llave Mixta	Estándar	BUENO		Barra de metal	Fabricación Local	BUENO	
Llave Francesa	Estándar	BUENO		Pernos botadores	Estándar	REGULAR	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la descripción de las herramientas de trabajo que utilizan los maquinistas para hacer limpieza, calibración y ajustes en la máquina.

Figura 41

Inventario de herramientas de limpieza para el proceso de Extrusión













HERRAMIENTAS MANUALES							
DESCRIPCIÓN	TIPO	ESTADO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	TIPO	ESTADO	IMAGEN
Caballote	Fabricación Local	BUENO		Desarmador plano	Fabricación Local	MAL	
Mesa metálica de trabajo	Fabricación Local	BUENO		Llave de puntas de husillo	Estándar	BUENO	
Tina metálica de Limpieza de Chancaca	Fabricación Local	BUENO		Soplete	Estándar	BUENO	
Mesa metálica movil de herramientas	Fabricación Local	BUENO		Recojedor	Estándar	REGULAR	
Estilete	Fabricación Local	MAL		Escoba	Estándar	REGULAR	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la descripción de las herramientas de trabajo que utilizan los maquinistas para hacer limpieza en la máquina.

Figura 42

Inventario de consumibles para limpieza de la máquina Extrusión

MATERIALES CONSUMIBLES PARA LIMPIEZA DE MÁQUINA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD REQ X CAMBIO	UNIDAD	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD REQ X CAMBIO	UNIDAD	IMAGEN
Cuchillas (Cutter)	1	UNIDAD		Escobilla de madera con cepillo de acero	1 a 3	UNIDAD	
Trapo Industrial	0.4 a 0.5	KGs		Escobilla de acero circular tipo espiral	1	UNIDAD	
Resina (LLDPE&LDPE)	8 a 10	KGs		Lija para Metal	1	UNIDAD	
Purga	3 a 5	KGs		Hisopo de plástico	1	UNIDAD	
Petroleo	0.5	GALÓN		España	1	UNIDAD	
Gas	2	KGs		Detergente	0.25	KGs	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la descripción de los consumibles que utilizan para limpiar las máquinas extrusoras, peletizadora, tamizado y las tolvas.

Tabla 12

Herramientas en desuso del proceso de extrusión

HERRAMIENTAS QUE NO SE UTILIZAN		
HERRAMIENTAS	CANTIDAD	MÁQUINA
Llave Allen 10 mm	1	CO-008
Llave Allen 3 mm	1	CO-008
Llave Allen 4 mm	2	CO-004, CO-008
Llave Allen 5 mm	1	CO-008
Llave Allen 8 mm	1	CO-008
Llave doble boca 10/13 mm	1	CO-005
Llave doble boca 12/13 mm	1	CO-003
Llave doble boca 17/19 mm	1	CO-002
Llave doble boca 18/19 mm	1	CO-008
Llave doble boca 20/22 mm	1	CO-008
Llave doble boca 22/24 mm	1	CO-007
Llave doble boca 8/9 mm	1	CO-008
Llave francesa 10"	4	CO-001, CO-002, CO-003, CO-007
Llave francesa 8"	3	CO-004, CO-005, CO-006
Llave mixta 10 mm	5	CO-001, CO-003, CO-004, CO-006, CO-007
Llave mixta 13 mm	5	CO-001, CO-003, CO-004, CO-006, CO-007
Llave mixta 17 mm	1	CO-003
Llave mixta 19 mm	2	CO-006, CO-007
Llave mixta 22 mm	1	CO-006
TOTAL	34	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra las herramientas que se van a retirar de cada máquina por desuso y solo quedarnos con aquellas que se utiliza con mucha frecuencia.

Las conclusiones de la primera S son las siguientes:

- Se tiene un total de 116 herramientas para limpieza y ajuste de máquina.
- De las cuales sólo se cuentan con **82** herramientas de uso "OBLIGATORIO".
- Y se tiene **34** herramientas en desuso que es necesario separar del inventario de herramientas.
- Hacen falta incorporar **15** herramientas de uso "OBLIGATORIO" en diferentes máquinas.

Tabla 13

Aplicación de la primera S – Clasificación de herramientas para el proceso de extrusión

HERRAMIENTAS QUE SE UTILIZAN EN LA LIMPIEZA Y AJUSTES DE MÁQUINA				
HERRAMIENTAS	CANTIDAD REAL	CANTIDAD QUE NECESITAN	MÁQUINA	APLICACIÓN
Barreta o pata de cabra	1	1	CO-002	Extracción de cargador lateral
Desarmador 8"	2	2	CO-002, CO-003	Limpieza de cabezal, desgasificadores, bomba de vacío
Desarmador plano 12"	7	8	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-005, CO-006, CO-007, CO-008	Limpieza de cabezal, desgasificadores, bomba de vacío, manguera de tina
Desarmador tipo dado 7 mm	5	6	CO-001, CO-002, CO-003, CO-005, CO-006, CO-007	Limpieza de cabezal, desgasificadores, bomba de vacío, manguera de tina
Espatula de aluminio 10"	8	8	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-005, CO-006, CO-007, CO-008	Limpieza de desgasificadores, cabezal de salida
Espatula de metal 3"	8	8	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-005, CO-006, CO-007, CO-008	Limpieza de accesorios
Llave allen 10 mm	5	7	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-005, CO-006, CO-007	Boquillas de cabezal de salida, rodillo de tina, rodillo tina de enfriamiento
Llave allen 12 mm	1	1	CO-005	Apertura de cabezal de salida
Llave allen 17 mm	3	4	CO-001, CO-002, CO-003, CO-007	Apertura de cabezal de salida
Llave allen 3 mm	3	5	CO-001, CO-002, CO-003, CO-005, CO-007	Acoples de husillos Compounder
Llave allen 4 mm	3	3	CO-001, CO-002, CO-006	Acoples de husillos cargador lateral, husillos Compounder
Llave allen 5 mm	6	8	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-005, CO-006, CO-007, CO-008	Brida de cañon brabender, boquilla cabezal salida, resistencia de cabezal
Llave allen 6 mm	5	8	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-005, CO-006, CO-007, CO-008	Brida de valvula bomba de vacio, desgasificador, boquillas de cabezal de salida, acoples de husillos cargador lateral
Llave allen 8 mm	4	6	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-006, CO-007	Botadores de desgasificadores, desgasificadora bomba de vacío, desgasificadores
Llave de puntas de husillo	6	6	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-006, CO-007	Extraccion de husillos
Llave doble boca 22/24 mm	1	1	CO-002	Ajuste de base cargador lateral
Llave mixta 13 mm	2	2	CO-002, CO-005	Cañon de caida de dosificador, tolva Brabender
Llave mixta 17 mm	2	2	CO-006, CO-007	Bomba de Vacio
Llave mixta 24 mm	2	2	CO-001, CO-008	Apertura de cabezal de salida, ajuste de base cargador lateral
Llave mixta 46 mm	1	1	CO-006	Apertura de cabezal de salida
Llave Stylon 8"	6	7	CO-001, CO-002, CO-003, CO-004, CO-005, CO-006, CO-007	Termocuplas, bomba de vacio, filtro de intercambiador, mangueras de tina
Martillo de goma	1	1	CO-007	Ductos de Dosificación, tamizador
TOTAL	82	97		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra la clasificación de las herramientas que necesitaban cada máquina. En total contabilizamos 82 herramientas, de las cuales se requería 97 para poder trabajar de manera rápida en la atención de alguna falla en el proceso.

2. Segunda S – Ordenar

En la Segunda S, nos encargamos de asignar cada artículo del inventario a un espacio determinado, en conjunto con el equipo de producción trabajamos en lograr que se cumpla este hábito para mantener la zona de trabajo impecable, generando así un ambiente cómodo y ordenado.

Figura 43

Almacén de tránsito y de consumibles para limpieza



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra dos escenarios; la situación antes se acumulaba los Masterbatch sobrantes desordenadamente sin clasificación de color, lote, fecha y cantidad.

El después de la implementación de la segunda S, incorporamos tachos para clasificar los Masterbatch con el fin de darle uso en la limpieza de máquina y poder lograr ahorrar costo en resina y reducir tiempos improductivos por cambio de producto. Además, se colocaron etiquetas para que el maquinista logre identificar el lugar donde pertenece ese producto.

Figura 44

Caja de herramientas para la limpieza y calibración de máquina



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra dos escenarios; la situación antes las herramientas estaban dispersas y desordenado producto de esto se perdían las herramientas.

El después de la implementación de la primera y segunda S, descartamos las herramientas que ya no se utiliza y colocamos una lista de solo aquellas herramientas que necesitaba el proceso para su limpieza y calibración. El orden del proceso de extrusión influenció en la reducción de tiempos improductivos por búsqueda de herramientas para la limpieza y calibración cuando se realizaba el cambio de un color a otro.

Figura 45

Husillos de las extrusoras



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra dos escenarios; la situación antes los husillos eran dejados en diferentes lugares y estando sucios.

El después de la implementación de la primera y segunda S, logramos asignarle un lugar determinado cerca a la máquina que le pertenecía el husillo.

Figura 46

Sujetador de herramientas de Limpieza



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra dos escenarios; la situación antes las herramientas de limpieza estábamos dispersos en toda la planta dejados en diferentes lugares.

El después de la implementación de la primera y segunda S, logramos implementar un sujetador en donde estaría colocado las escobas. Trapeador y recogedor cerca a la máquina que le pertenecía.

Las conclusiones de la segunda S son las siguientes:

- Se logró obtener mayor espacio y orden en la zona de trabajo.
- La zona de trabajo está debidamente identificada.
- Todas las herramientas y consumibles tienen un determinado espacio y lugar asignado.

- Todas las herramientas y consumibles están codificado para su pronta búsqueda en la planta.

3. Tercera S – Limpiar

En la Tercera S, comprometimos a todo el personal de planta para mantener limpio su zona de trabajo. Esta fase de LIMPIEZA consiste en limpiar al inicio del turno, al final del turno y eventos en donde requiera una intervención inmediata como en los cambios de un producto, fuga de pigmentos, entre otros. Además, facilitamos al personal de planta con herramientas de limpieza y EPPs disponible a la mano para agilizar y garantizar la fase de limpieza. Es importante reconocer que, gracias a estas primeras S, logramos concientizar al personal de planta, que la empresa tiene objetivos en incrementar la productividad reduciendo los desperdicios presentes en los procesos de planta.

Figura 47

Implementación de la tercera S – Limpieza



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se observa la planta más ordenada y limpia. Gracias al compromiso, la colaboración y la participación de la alta gerencia en conjunto con el personal operativo, logramos obtener este resultado de la tercera fase de la cultura 5S.

Las conclusiones de la tercera S son las siguientes:

- Orden y Limpieza en las zonas de trabajo.
- Pasadizos libres de obstáculos y limpios.
- Producto terminado en buen estado.
- Personal comprometido en la cultura del orden y la limpieza.

4. Cuarta S – Estandarizar

En la Cuarta S, implementamos procedimientos de orden y limpieza para mantener las condiciones de las tres anteriores S. Se empezó a capacitar al personal cada quince día y auditar constantemente.

Figura 48

Capacitación de 5S al personal de Planta de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se observa la capacitación de 5S a todo el personal de planta. El objetivo mayor era seguir conservando estas buenas prácticas de gestión y aplicarla en toda la empresa.

Figura 49

Procedimiento de limpieza de máquina Compounder

MASTERCOL	PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA			CÓDIGO:	
	MÁQUINA: COMPOUNDER			VERSION: 00	
RESPONSABLE	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	RIESGOS AMBIENTALES	RIESGOS RELACIONADOS	FECHA: 20/09/2021	
MAQUINISTA	APAGAR MÁQUINA	N.A	⚠️ CORTE ⚠️ ELÉCTRICO ⚠️ GOLPE	ESTADO: V	
 				<p>OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asegurar la confiabilidad de la máquina. - Asegurar la disponibilidad de la máquina. 	
 				<p>PROCEDIMIENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El maquinista debe comunicar al supervisor si existe algún indicio anormal (ruidos anormales y/o averías de cables). 2. Apagar la máquina Compounder y asegurarse de que la máquina no esté en funcionamiento. 3. Retirar los jebes de unión que conectan a los cañones y la tolva guía. 4. Desajustar y retirar la abrazadera de unión con la garganta y los pernos de sujeción del cañón con la llave Allen. 5. Desmontar los dosificadores (tolva siliconada, sobretolva, husillo y cañón), tolva guía y garganta. 6. Lavar la tolva siliconada, sobretolva, husillo, cañón, tolva guía y garganta con agua a presión, detergente e hisopo. 	<p>FRECUENCIA</p> <p>DIARIO</p> <p>DURANTE EL CAMBIO</p>
<p>CONSUMIBLES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA</p> 					

MASTERCOL	PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA			CÓDIGO:
	MÁQUINA: COMPOUNDER			VERSION: 00
RESPONSABLE	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	RIESGOS AMBIENTALES	RIESGOS RELACIONADOS	FECHA: 20/09/2021
MAQUINISTA	APAGAR MÁQUINA	N.A	⚠️ CORTE ⚠️ ELÉCTRICO ⚠️ GOLPE	ESTADO: V
      		<p>PROCEDIMIENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> Desajustar los pernos de sujeción de la garganta de entrada principal, boquilla, cabezal y bomba de vacío con la llave Allen. Desmontar la boquilla, el cabezal y la bomba de vacío para su posterior limpieza. Limpiar la entrada de la garganta con petróleo, purga, trapo y escobilla espiral para extraer los excedentes de pigmentos. Retirar los seguros (pernos prisioneros) de los acoples de los husillos con la llave Allen. Remover los husillos principales. (Tener cuidado al extraer con los husillos, temperatura entre 100 a 150 °C). Limpiar al interior del cilindro de la compounder con escobilla circular, trapo industrial y petróleo. Limpiar los husillos con petróleo, trapo industrial y escobilla de metal. Montar los husillos y ajustar los seguros (pernos prisioneros) de los acoples de husillo con la llave Allen (En caso de tener husillos de repuesto, montar y ajustar al momento). 		<p>FRECUENCIA</p> <p>DURANTE EL CAMBIO</p>
CONSUMIBLES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA				
     				

MASTERCOL	PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA			CÓDIGO:
	MÁQUINA: COMPOUNDER			VERSION: 00
RESPONSABLE	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	RIESGOS AMBIENTALES	RIESGOS RELACIONADOS	FECHA: 20/09/2021
MAQUINISTA	APAGAR MÁQUINA	N.A	⚠️ CORTE ⚠️ ELÉCTRICO ⚠️ GOLPE	ESTADO: V
 Husillos Principales  Acoplamiento de husillo con caja de transmisión		PROCEDIMIENTO		FRECUENCIA DURANTE EL CAMBIO
 Cabezal  boquilla		15. Nuevamente limpiar el interior de la compounder con petróleo y resina para asegurar una excelente limpieza. 16. Desarmar la bomba de vacío y retirar el manómetro de presión . 17. Limpiar los accesorios de la garganta, tornillos, bomba de vacío y boquilla con el soplete a gas, escobilla de metal, desarmador, espátula, trapo industrial y petróleo . 18. Sopletiar los accesorios hasta asegurar la eliminación de residuos de la anterior producción. 19. Montar los accesorios de garganta, bomba de vacío y boquilla .		
 Bomba de vacío		CONSUMIBLES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA  TRAPO INDUSTRIAL  PETROLEO  GAS  RESINA DESARMADOR, ESPÁTULA, ESCOBILLA DE METAL  		

MASTERCOL	PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA			CÓDIGO:
	MÁQUINA: COMPOUNDER			VERSION: 00
RESPONSABLE	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	RIESGOS AMBIENTALES	RIESGOS RELACIONADOS	FECHA: 20/09/2021
MAQUINISTA	APAGAR MÁQUINA	N.A	⚠️ CORTE ⚠️ ELÉCTRICO ⚠️ GOLPE	ESTADO: V
		<p align="center">PROCEDIMIENTO</p> <p>20. Ajustar tornillos de los accesorios de garganta, bomba de vacío, boquilla y cabezal de máquina con la llave Allen.</p> <p>21. Montaje de la tolva siliconada, sobretolva, husillos, cañón, tolva guía y garganta.</p> <p>22. Establecer los parámetros de máquina según la especificación de manufactura en el tablero de mando.</p> <p>23. Realizar la limpieza general de la Compounder con trapo industrial y aire comprimido en la superficie externa.</p>	<p align="center">FRECUENCIA</p> <p align="center">DURANTE EL CAMBIO</p>	
		<p>24. Finalizar con la limpieza en zona o puesto de trabajo.</p>	<p align="center">DIARIO</p>	
CONSUMIBLES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA				
<p align="center"> TRAPO INDUSTRIAL PETROLEO LLAVE ALLEN </p>				

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra el procedimiento de limpieza de la máquina compounder, descrito paso a paso, con la frecuencia, riesgos relacionados, consumibles o herramientas para cada operación y las partes críticas donde se aplica los ajustes y limpieza ante de iniciar la operación.

Figura 50

Procedimiento de Limpieza de máquina Ciclón, Peletizador y Tamizador

MASTERCOL	PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA			CÓDIGO:
	MÁQUINA: CICLÓN – PELETIZADOR Y TAMIZADOR			VERSION: 00
RESPONSABLE	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	RIESGOS AMBIENTALES	RIESGOS RELACIONADOS	
MAQUINISTA	APAGAR MÁQUINA	N.A		
			FECHA: 20/09/2021	
			ESTADO:	
				
				
OBJETIVOS				
<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar la confiabilidad de la máquina. - Asegurar la disponibilidad de la máquina. 				
PROCEDIMIENTO			FRECUENCIA	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El maquinista debe comunicar al supervisor si existe algún indicio anormal (ruidos anormales y/o averías de cables). 			DIARIO	
<ol style="list-style-type: none"> 2. Apagar el Ciclón, Peletizador y el Tamizador y asegurarse de que la máquina no esté en funcionamiento. 3. Desajustar las abrazaderas del Ciclón, los tornillos del imán del Ciclón y los ganchos de seguridad de la tapa de la tolva Ciclón. 4. Retirar las bolsas de Scrap, desajustar las prensas en "C" del tamizador y desmontar la zaranda y malla separadora de pellets. 5. Asegurar que los pistones de la compuerta del Peletizador se desajusten automáticamente. 6. Abrir la compuerta verticalmente con la palanca y desmontar el rodillo de jebe. 			DURANTE EL CAMBIO	

MASTERCOL	PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA			CÓDIGO:
	MÁQUINA: CICLÓN – PELETIZADOR Y TAMIZADOR			VERSION: 00
RESPONSABLE	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	RIESGOS AMBIENTALES	RIESGOS RELACIONADOS	FECHA: 20/09/2021
MAQUINISTA	APAGAR MÁQUINA	N.A	⚠️ CORTE ⚠️ ELÉCTRICO ⚠️ GOLPE	ESTADO:

PROCEDIMIENTO		FRECUENCIA
 <p>Rodillo de jebe Cuchilla móvil Cuchilla fija Rodillo metálico</p>  <p>Imán del Peletizador</p>  <p>Zaranda Malla separadora</p>	 <p>Tolva Ciclón Imán del ciclón Tapa de Tolva Ciclón</p>  <p>Interior del tamizador</p>	<p>7. Limpiar el rodillo de jebe, cuchilla móvil, cuchilla fija, rodillo metálico con el trapo industrial, solvente, lija de metal y aire comprimido.</p> <p>8. Limpiar el imán del Ciclón, la tapa e interior de la Tolva Ciclón aire comprimido y trapo industrial.</p> <p>9. Limpiar y retirar los residuos (polvillo y pelets de MB) del imán del peletizador, la zaranda, la malla separadora e interior del tamizador con aire comprimido y trapo industrial.</p> <p>10. Montar el rodillo de jebe e imán del Peletizador y cerrar la compuerta. Asegurarse que no exista partículas de MB.</p>
CONSUMIBLES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA		
 <p>TRAPO INDUSTRIAL</p>  <p>SOLVENTE</p>  <p>LIIJA PARA FIERRO</p>  <p>AIRE COMPRIMIDO</p>		DURANTE EL CAMBIO

MASTERCOL	PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE MÁQUINA			CÓDIGO:
	MÁQUINA: CICLÓN – PELETIZADOR Y TAMIZADOR			VERSION: 00
RESPONSABLE	SEGURIDAD DE LA MÁQUINA	RIESGOS AMBIENTALES	RIESGOS RELACIONADOS	FECHA: 20/09/2021
MAQUINISTA	APAGAR MÁQUINA	N.A	⚠️ CORTE ⚠️ ELÉCTRICO ⚠️ GOLPE	ESTADO:
		PROCEDIMIENTO		FRECUENCIA
		11. Montar la zaranda y la mall del tamizador. Asegurar el ajuste de la zaranda y la mall del tamizador con las prensas en “C”.		DURANTE EL CAMBIO
		12. Lavar internamente los ductos con agua a presión, detergente e hisopo y secarlos con trapo industrial y aire comprimido .		
		13. Montar los ductos y ajustar las abrazaderas . Montar la tapa de la Tolva Ciclón y asegurar los ganchos de seguridad .		DIARIO
		14. Realizar la limpieza general del Ciclón, Peletizador y Tamizador con aire comprimido en la superficie externa e interna.		
		15. Finalizar con la limpieza en zona o puesto de trabajo.		
CONSUMIBLES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA				
				

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra el procedimiento de limpieza de las máquinas ciclón, peletizador y tamizador, descrito paso a paso, con la frecuencia, riesgos relacionados, consumibles o herramientas para cada operación.

Las conclusiones de la cuarta S son las siguientes:

- Mantener las tres S anteriores (Clasificación, Orden y Limpieza) por medio de procedimientos.
- Capacitación constantemente al personal de Planta en 5S.
- Personal Comprometido en mantener la cultura 5S.

5. Quinta S – Disciplina

En la Quinta S, trabajamos con la alta gerencia en premiar al personal de planta por cumplimiento de objetivos y metas. Además, se solicitó capacitar constantemente al personal como técnicos de extrusión y habilidades blandas para mejorar sus competencias. La 5S nos da la seguridad y la garantía de que estamos siendo más competitivo y productivo. Al final de toda la implementación del modelo de excelencia Lean Manufacturing demostraremos que tanto impactó en la productividad la cultura 5S, es lo más probable que haya influenciado en la eficiencia ya que se ha verificado la reducción de las esperas y fallas en el proceso por limpieza y orden.

Figura 51

Trabajadores de la empresa Mastercol




Fuente: Página web www.mastecol.com.pe.

Nota: En la figura se muestra todo el personal de la empresa Mastercol, celebrando un año más de éxito en el sector del plástico. La empresa sigue apostando por nuevos modelos de gestión para incrementar su competitividad y productividad.

Figura 52

CheckList después de la implementación de la 5S

MASTERCOL		CHECKLIST AUDITORÍA 5S - MASTERCOL			
Responsable	Hemson Jordán	Fecha:	30/08/2021		
Auditor:	Jonathan Medina	Hora:	9:00 a. m.		
5S	Criterios	Peso	¿Cumple?	Comentarios	
C L A S I F I C A R	Se cuenta solo con lo necesario (no hay acumulación) para trabajar a simple vista	5%	✓	Caja de herramientas debidamente codificado y ordenado	
	Los materiales no se encuentran dañados, rotos o deteriorados	5%	✓	Materiales en buen estado	
	Las herramientas de trabajo, están en contenedores y en buen estado para su uso	5%	✓		
	No se observa bolsa, embases, cajas u otros similares sueltos por el área	5%	✓		
O R D E N A R	Las zonas de trabajo están debidamente identificadas	5%	✓	Zona de trabajo identificada	
	Están codificados los materiales almacenados	5%	✓		
	Todos los materiales y herramientas se encuentran ubicados en el lugar designado	5%	✓		
	Es fácil y rápido la ubicación de los materiales y herramientas	5%	✓		
L I M P I A R	La zona de trabajo se encuentra limpia y ordenada	5%	✓	Zona de trabajo limpio y ordenado	
	Las bolsas de masterbatches se encuentran limpias y en buen estado	5%	✓		
	Los pasadizos están libres de polvo, basura, componentes y manchas	5%	✓		
	El personal se encuentra con vestimenta y EPPs completos y adecuados	5%	✓	Personal capacitado en el uso de sus EPPs	

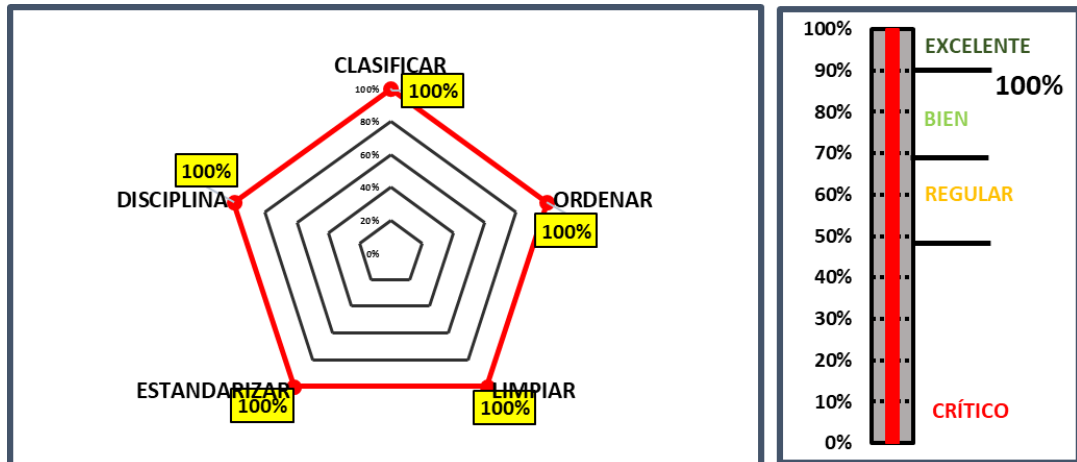
5S	Criterios	Peso	¿Cumple?	Comentarios
E S T A N D A R I Z A R	Se identifica procedimientos, normas y recursos para mantener el orden y la limpieza	5%	✓	
	Los resultados de la aplicación de la 5S son compartidos al personal	5%	✓	
	El personal está en constante capacitación	5%	✓	
	El personal está comprometido en las actividades de las 5S	5%	✓	
D I S C I P L I N A	El personal realiza la limpieza en la zona de trabajo sin que se lo indiquen.	5%	✓	
	Se logró eliminar los malos hábitos pasados	5%	✓	
	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida	5%	✓	
	Existe recompensas y reconocimientos por el buen desempeño del personal	5%	✓	
Total		100%	100%	
Compromisos y acuerdos en caso de incumplimiento: Se comprometió con el personal de planta mantener estas condiciones favorables durante la próxima auditoría y se acordó la compra de una aspiradora para agilizar la limpieza en la zona de compounder.				

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra la última evaluación de auditoría que se realizó al final de la implementación de la cultura 5S. Es una satisfacción que la empresa haya logrado cumplir todos los criterios de observación de cada fase al 100%.

Figura 53

Resultado de la evaluación de la auditoría después de la Implementación 5S



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la última evaluación de auditoría que se realizó al final de la implementación de la cultura 5S. Es una satisfacción para la organización haber logrado cumplir todos los criterios de observación de cada fase de la implementación de la 5S.

5.1.3. VARIABLE INDEPENDIENTE – SMED

Para la implementación de la herramienta SMED, seguimos el mismo principio del Value Stream Mapping, en identificar todas las actividades que conforman la limpieza de máquina por cambio de color. Grabamos varias limpiezas de máquina, registramos los tiempos por movimientos y clasificamos las actividades externas e internas. Actualmente la empresa considera dos tipos de Limpiezas de máquina por cambio de color y se diferencia por las siguientes operaciones:

- **Tipo I: Cambio sin Extracción de Husillos.**

Aplicado en los cambios que mantienen la secuencia de color.

- Desmontaje y lavado de los dosificadores (tolva siliconada, sobretolva, husillos, cañón y uniones flexibles).
- Limpieza de boquilla y cabezal.

- Limpieza de tolva guía y garganta.
- Limpieza del desgasificador.
- Limpieza de bomba de vacío.
- Limpieza del acople de husillo.
- Limpieza de rodillos de transporte.
- Limpieza de escobillas de transporte.
- Limpieza de secador de espagueti.
- Limpieza de cuchillas del peletizador.
- Limpieza de los ductos del ciclón.
- Limpieza del tamizador.
- Limpieza de la tolva ciclón.

Ejemplo: Cambio de color Naranja a color Rojo.

- **Tipo II: Cambio con Extracción de Husillos.**

Aplicado en cambio de colores extremos (oscuros a claros), o luego de emplear pigmentos especiales como fluorescente o perlados.


- Desmontaje y lavado de los dosificadores (tolva siliconada, sobretolva husillos, cañón y uniones flexibles).
- Limpieza de boquilla y cabezal.
- Limpieza de tolva guía y garganta.
- Extracción y limpieza de los husillos principales.
- Limpieza del acople de husillo.
- Limpieza del desgasificador.
- Limpieza de bomba de vacío.

- Lavado de rodillos de transporte.
- Lavado de escobillas de transporte.
- Limpieza de secador de espagueti.
- Limpieza de cuchillas del peletizador.
- Limpieza de los ductos de ciclón.
- Limpieza del tamizador.
- Limpieza de la tolva ciclón.
- Limpieza de tina de enfriamiento.
- Cambio de agua en tina de enfriamiento.

Ejemplo: Cambio de color Verde a color Amarillo.

Figura 54

Análisis de Tiempos y Movimientos por Limpieza de máquina por Cambio de Producto – Peletizador, Tamizador y Tolva Ciclón.

MASTERCOL		ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS - LÍNEA DE COLORES										Tosaf		
		PROCESO: LIMPIEZA DE MÁQUINA POR CAMBIO DE PRODUCTO												
		RESUMEN												
		T.TRABAJO	NÚMERO	TIEMPO										
		DESMTAJE	9	13.18										
		LIMPIEZA	12	37.28										
		TRANSPORTE	6	12.43										
		LAVADO	1	12.20										
		MONTAJE	6	10.05										
TOTAL	34	85.15												
MÁQUINA	Nº	OBSERVACIONES	TIEMPO		DURACIÓN		TIPO DE ACTIVIDAD				OPERACIONES			
		OPERACIONES	INICIO	FINAL	[hh:mm:ss]	[min]	DESMTAJE	LIMPIEZA	TRANSPORTE	LAVADO	MONTAJE	INTERNA	EXTERNA	OPERADOR
PELETIZADOR	1	Apagar el Ciclón, Peletizador y el Tamizador	00:00:00	00:00:31	00:00:31	0.52	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1
	2	Abrir la compuerta del Peletizador y desmontar el rodillo de jebe	00:00:31	00:01:21	00:00:50	0.83	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1
	3	Limpiar el rodillo de jebe	00:01:21	00:03:36	00:02:15	2.25	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1
	4	Ir a buscar herramienta (Trapo y solvente para limpieza de las cuchilla y rodillo de	00:03:36	00:06:32	00:02:56	2.93	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1
	5	Limpiar cuchilla fija	00:06:32	00:08:46	00:02:14	2.23	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1
	6	Limpiar cuchilla móvil	00:08:46	00:11:29	00:02:43	2.72	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1
	7	Limpiar rodillo metálico	00:11:29	00:13:00	00:01:31	1.52	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1
	8	Limpieza del Peletizador con aire comprimido	00:13:00	00:15:56	00:02:56	2.93	-	-	-	-	-	x	-	Operador #1

	9	Asegurar Limpieza en (cuchilla fija, cuchilla móvil, rodillo metálico)	00:15:56	00:17:11	00:01:15	1.25						x		Operador #1
	10	Montar rodillo de jebe e imán del Peletizador y cerrar la compuerta	00:17:11	00:18:23	00:01:12	1.20						x		Operador #1
TAMIZADOR	11	Desajustar las prendas en "C" del tamizador	00:00:31	00:01:12	00:00:41	0.68						x		Operador #2
	12	Desmontar la zaranda y malla separadora de pellets	00:01:12	00:02:45	00:01:33	1.55						x		Operador #2
	13	Desmontar el Imán del Peletizador	00:02:45	00:04:17	00:01:32	1.53						x		Operador #2
	14	Limpiar interior del Tamizador y retirar el polvillo y los pellets	00:04:17	00:05:54	00:01:37	1.62						x		Operador #2
	15	Limpiar la Zaranda y Malla separadora de pellets	00:05:54	00:16:19	00:10:25	10.42						x		Operador #2
	17	Limpiar interior del tamizador con aire comprimido	00:16:19	00:17:52	00:01:33	1.55						x		Operador #2
	18	Montaje de la malla separadora de pellets y Zaranda	00:17:52	00:19:31	00:01:39	1.65						x		Operador #2
	19	Ajustar Malla separadora y Zaranda	00:19:31	00:20:03	00:00:32	0.53						x		Operador #2
		20	Traer la escalera	00:18:23	00:20:03	00:01:40	1.67						x	
21		Desajustar las abrazaderas del ciclón Inferior	00:20:03	00:22:13	00:02:10	2.17						x		Operador #1 Operador #2
22		Desajustar los tornillos del imán del Ciclón	00:22:13	00:23:09	00:00:56	0.93						x		Operador #2
23		Desajustar las abrazaderas del ciclón Superior	00:22:13	00:23:45	00:01:32	1.53						x		Operador #1
24		Transportar los ductos del Ciclón en la zona de lavado	00:23:09	00:24:30	00:01:21	1.35						x		Operador #2
25		Traer detergente para lavar los ductos	00:24:30	00:28:12	00:03:42	3.70						x		Operador #2

TOLVA CICLÓN	26	Lavar ductos del Ciclón	00:28:12	00:40:24	00:12:12	12.20						x		Operador #2
	27	Transportar los ductos del Ciclón a la zona de producción	00:40:24	00:42:05	00:01:41	1.68						x		Operador #2
	28	Desajustar los ganchos de seguridad y retirar la tapa de la Tolva ciclón	00:23:45	00:27:11	00:03:26	3.43						x		Operador #1
	30	Limpiar interior de la Tolva Ciclón	00:27:11	00:33:15	00:06:04	6.07						x		Operador #1
	31	Limpiar imán y Tapa del Ciclón	00:33:15	00:35:38	00:02:23	2.38						x		Operador #1
	33	Montaje del imán y tapa del Ciclón	00:35:38	00:37:51	00:02:13	2.22						x		Operador #1
	35	Ajuste ganchos de seguridad de la tapa de la tolva ciclón	00:37:51	00:40:27	00:02:36	2.60						x		Operador #1
	36	Montaje y ajuste de los ductos de Inferior y Superior	00:42:05	00:43:56	00:01:51	1.85						x		Operador #1 Operador #2
	37	Traer escoba y recogedor	00:43:56	00:45:02	00:01:06	1.10						x		Operador #2
	38	Limpiar zona de trabajo	00:45:02	00:47:23	00:02:21	2.35						x		Operador #2
TOTAL GENERAL			00:00:00	00:47:23	00:47:23	47.38	9	12	6	1	6	34	0	2 Operarios


Fuente: Elaboración propia.

Actualmente tardan entre 45 a 50 minutos para desmontar, limpiar, transportar, lavar y montar las piezas. El

% de tareas de preparación Interna (NTI) para el cambio de color es del 100%.

Figura 55

Análisis de Tiempos y Movimientos por Limpieza de máquina por Cambio de Producto Tipo I – Compounder

MASTERCOLOR		ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS - LÍNEA DE COLORES						Tosaf						
PROCESO: LIMPIEZA DE MÁQUINA POR CAMBIO DE PRODUCTO														
											RESUMEN			
											T. TRABAJO	NÚMERO	TIEMPO	
											DESMONTAJE	14	34.67	
											LIMPIEZA	7	40.70	
											TRANSPORTE	7	15.43	
											LAVADO	1	16.55	
											MONTAJE	3	13.02	
TOTAL	32	120.37												
MÁQUINA	OBSERVACIONES		TIEMPO		DURACIÓN		TIPO DE ACTIVIDAD					OPERACIONES		
	N°	OPERACIONES	INICIO	FINAL	[hh:mm:ss]	[min]	DESMONTAJE	LIMPIEZA	TRANSPORTE	LAVADO	MONTAJE	INTERNA	EXTERNA	OPERADOR
	1	Apagar máquina Compounder	00:00:00	00:00:26	00:00:26	0.43						x		Operador #1
	2	Traer mesa de trabajo	00:00:00	00:01:58	00:01:58	1.97						x		Operador #2
	3	Desmontaje de tolva guía	00:03:35	00:04:47	00:01:12	1.20						x		Operador #2
	4	Desmontaje del cañon y garganta	00:04:47	00:08:15	00:03:28	3.47						x		Operador #2
	5	Desmontaje de husillo	00:08:15	00:10:29	00:02:14	2.23						x		Operador #2
	6	Limpiar los ductos de la tolva que conecta a la garganta principal	00:10:29	00:13:47	00:03:18	3.30						x		Operador #2
	7	Retirar Tolva Siliconada	00:13:47	00:16:21	00:02:34	2.57						x		Operador #2
	8	Retirar Sobretolva	00:16:21	00:18:34	00:02:13	2.22						x		Operador #2

COMPOUNDER TIPO I (SIN SACAR HUSILLOS)	9	Limpiar interior de la Tolva de Compounder	00:18:34	00:24:05	00:05:31	5.52						x		Operador #2
	10	Traer pato con paleta	00:24:05	00:26:11	00:02:06	2.10						x		Operador #2
	11	Transportar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:26:11	00:27:48	00:01:37	1.62						x		Operador #2
	12	Lavar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:27:48	00:44:21	00:16:33	16.55						x		Operador #2
	13	Transportar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:44:21	00:46:04	00:01:43	1.72						x		Operador #2
	14	Secar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:46:04	00:48:01	00:01:57	1.95						x		Operador #2 Operador #3
	15	Montar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:48:01	00:51:33	00:03:32	3.53						x		Operador #2 Operador #3
	16	Echar aire comprimido en los acoplamiento de husillo con la caja de	00:00:26	00:03:35	00:03:09	3.15						x		Operador #1
	17	Destornillar los accesorios de la Tina de enfriamiento y moverla	00:03:35	00:05:12	00:01:37	1.62						x		Operador #1
	18	Desajustar pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:05:12	00:07:46	00:02:34	2.57						x		Operador #1
	19	Buscar herramientas de otro máquina (Llave allén)	00:07:46	00:11:08	00:03:22	3.37						x		Operador #1
	20	Desajustar pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:11:08	00:16:31	00:05:23	5.38						x		Operador #1
	21	Traer resina o purga para limpieza de compounder	00:16:31	00:19:02	00:02:31	2.52						x		Operador #1
	22	Desmontar Cabezal y boquilla de la Compounder	00:19:02	00:20:21	00:01:19	1.32						x		Operador #1
23	Desajustar bomba de vacío	00:20:21	00:23:43	00:03:22	3.37						x		Operador #1	

24	Desmontaje bomba de vacío y manómetro de presión	00:23:43	00:26:55	00:03:12	3.20						x		Operador #1
25	Traer escobilla de metal para limpiar	00:26:55	00:29:04	00:02:09	2.15						x		Operador #1
26	Limpiar pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:20:21	00:27:00	00:06:39	6.65						x		Operador #3
27	Limpiar bomba de vacío	00:27:00	00:32:23	00:05:23	5.38						x		Operador #3
28	Limpiar entrada de garganta con purga, petróleo y resina.	00:29:04	00:44:58	00:15:54	15.90						x		Operador #1
29	Montar pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:44:58	00:49:31	00:04:33	4.55						x		Operador #1
30	Montar bomba de vacío y manómetro de presión	00:49:31	00:54:27	00:04:56	4.93						x		Operador #1
31	Reparar con limpieza con resina	00:54:27	00:56:40	00:02:13	2.22						x		Operador #1
32	Limpiar zona de trabajo	00:56:40	00:58:24	00:01:44	1.73						x		Operador #3
TOTAL GENERAL		00:00:00	00:58:24	00:58:24	58.40	14	7	7	1	3	32	0	3 Operarios


Fuente: Elaboración propia.

Actualmente tardan entre 60 a 70 minutos para desmontar, limpiar, transportar, lavar y montar las piezas. El

% de tareas de preparación Interna (NTI) para el cambio de color es del 100%.

Figura 56

Análisis de Tiempos y Movimientos por Limpieza de máquina por Cambio de Color Tipo II – Compounder

MASTERCOLOR		ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS - LÍNEA DE COLORES							Tosaf					
PROCESO: LIMPIEZA DE MÁQUINA POR CAMBIO DE PRODUCTO														
			RESUMEN											
			T. TRABAJO	NÚMERO	TIEMPO									
			DESMTAJE	14	34.70									
			LIMPIEZA	11	61.68									
			TRANSPORTE	7	10.52									
			LAVADO	1	18.78									
			MONTAJE	5	16.95									
			TOTAL	38	142.63									
MÁQUINA	OBSERVACIONES		TIEMPO		DURACIÓN		TIPO DE ACTIVIDAD					OPERACIONES		
	N°	OPERACIONES	INICIO	FINAL	[hh:mm:ss]	[min]	DESMTAJE	LIMPIEZA	TRANSPORTE	LAVADO	MONTAJE	INTERNA	EXTERNA	OPERADOR
	1	Apagar máquina Compounder	00:00:00	00:00:31	00:00:31	0.52	x					x		Operador #1
	2	Traer mesa de trabajo	00:00:00	00:01:25	00:01:25	1.42			x			x		Operador #2
	4	Desmontaje de tolva guía	00:04:13	00:05:26	00:01:13	1.22	x					x		Operador #2
	5	Desmontaje del cañon y garganta	00:05:26	00:06:52	00:01:26	1.43	x					x		Operador #2
	6	Desmontaje de husillo	00:06:52	00:08:10	00:01:18	1.30	x					x		Operador #2
	7	Limpiar los ductos de la tolva que conecta a la garganta principal	00:08:10	00:11:55	00:03:45	3.75		x				x		Operador #2
	8	Retirar Tolva Siliconada	00:11:55	00:14:49	00:02:54	2.90	x					x		Operador #2
	9	Retirar Sobretolva	00:14:49	00:16:22	00:01:33	1.55	x					x		Operador #2

COMPOUNDER TIPO II (SALIDA DE HUSILLOS)	10	Limpiar interior de la Tolva de Compounder	00:16:22	00:21:55	00:05:33	5.55		x				x		Operador #2
	11	Traer pato con paleta	00:21:55	00:22:38	00:00:43	0.72			x			x		Operador #2
	12	Transportar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:22:38	00:23:30	00:00:52	0.87			x			x		Operador #2
	13	Lavar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:23:30	00:42:17	00:18:47	18.78				x		x		Operador #2
	14	Transportar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:42:17	00:43:28	00:01:11	1.18			x			x		Operador #2
	15	Secar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:43:28	00:44:05	00:00:37	0.62		x				x		Operador #2
	16	Montar husillo, cañon, garganta, tolva guía, tolva siliconada, sobretolva	00:44:05	00:45:51	00:01:46	1.77					x	x		Operador #2
	3	Echar aire comprimido en los acoplamiento de husillo con la caja de	00:00:31	00:04:13	00:03:42	3.70		x				x		Operador #1
	17	Destornillar los accesorios de la Tina de enfriamiento y moverla	00:04:13	00:05:02	00:00:49	0.82	x					x		Operador #1
	18	Desajustar pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:05:02	00:07:54	00:02:52	2.87	x					x		Operador #1
	19	Buscar herramientas de otro máquina (Llave allén)	00:07:54	00:10:11	00:02:17	2.28			x			x		Operador #1
	20	Desajustar pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:10:11	00:17:35	00:07:24	7.40	x					x		Operador #1
	21	Traer resina o purga para limpieza de compounder	00:17:35	00:19:50	00:02:15	2.25			x			x		Operador #1
	22	Desmontar Cabezal y boquilla de la Compounder	00:19:50	00:22:43	00:02:53	2.88	x					x		Operador #1
23	Desajustar bomba de vacío	00:22:43	00:24:09	00:01:26	1.43	x					x		Operador #1	

24	Desmontaje bomba de vacío y manómetro de presión	00:24:09	00:26:20	00:02:11	2.18	x					x		Operador #1
25	Limpia entrada de garganta con purga, petróleo y resina.	00:26:20	00:35:00	00:08:40	8.67		x				x		Operador #1
26	Desmontar los seguros (pernos prisioneros) de los Acoples de los	00:35:00	00:39:26	00:04:26	4.43	x					x		Operador #1
27	Desmontar los husillos principales	00:39:26	00:43:12	00:03:46	3.77	x					x		Operador #1
28	Traer escobilla de metal para limpiar	00:22:43	00:24:31	00:01:48	1.80			x			x		Operador #3
29	Limpia pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:24:31	00:30:19	00:05:48	5.80		x				x		Operador #3
30	Limpia bomba de vacío	00:30:19	00:36:04	00:05:45	5.75		x				x		Operador #3
31	Limpia husillos principales	00:43:12	00:54:51	00:11:39	11.65		x				x		Operador #3, Operador #4
32	Limpia entrada de garganta con purga, petróleo y resina.	00:43:12	00:52:26	00:09:14	9.23		x				x		Operador #1
33	Montar los husillos principales	00:54:51	00:56:27	00:01:36	1.60					x	x		Operador #1, Operador #3
34	Ajustar los seguros (pernos prisioneros) de los Acoples de los husillos	00:56:27	00:59:45	00:03:18	3.30					x	x		Operador #1, Operador #3
35	Montar pernos del cabezal y boquilla de la Compounder	00:59:45	01:04:56	00:05:11	5.18					x	x		Operador #1
36	Montar bomba de vacío y manómetro de presión	01:04:56	01:10:02	00:05:06	5.10					x	x		Operador #1
37	Repasar con limpieza con resina	01:10:02	01:14:15	00:04:13	4.22		x				x		Operador #1
38	Limpia zona de trabajo	01:14:15	01:17:00	00:02:45	2.75		x				x		Operador #1
TOTAL GENERAL		00:00:00	01:17:00	01:17:00	77.00	14	11	7	1	5	38	0	4 Operarios

Fuente: Elaboración propia.

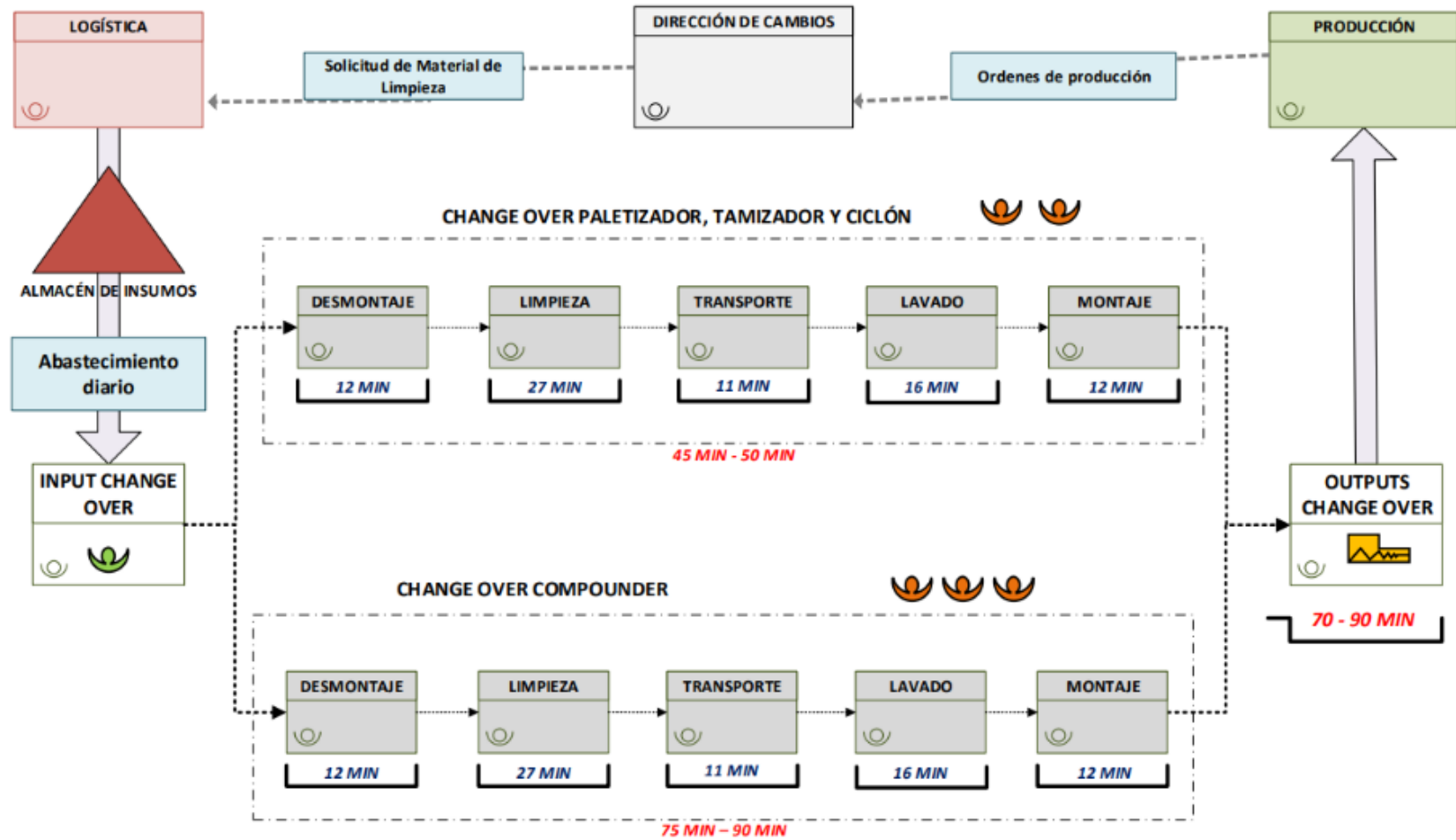
Actualmente tardan entre 70 a 90 minutos para desmontar, limpiar, transportar, lavar y montar las piezas. El

% de tareas de preparación Interna (NTI) para el cambio de color es del 100%.

Figura 57

Value Stream Mapping del SMED línea de colores

MASTERCOLOR VALUE STREAM MAPPING – SMED LÍNEA DE COLORES

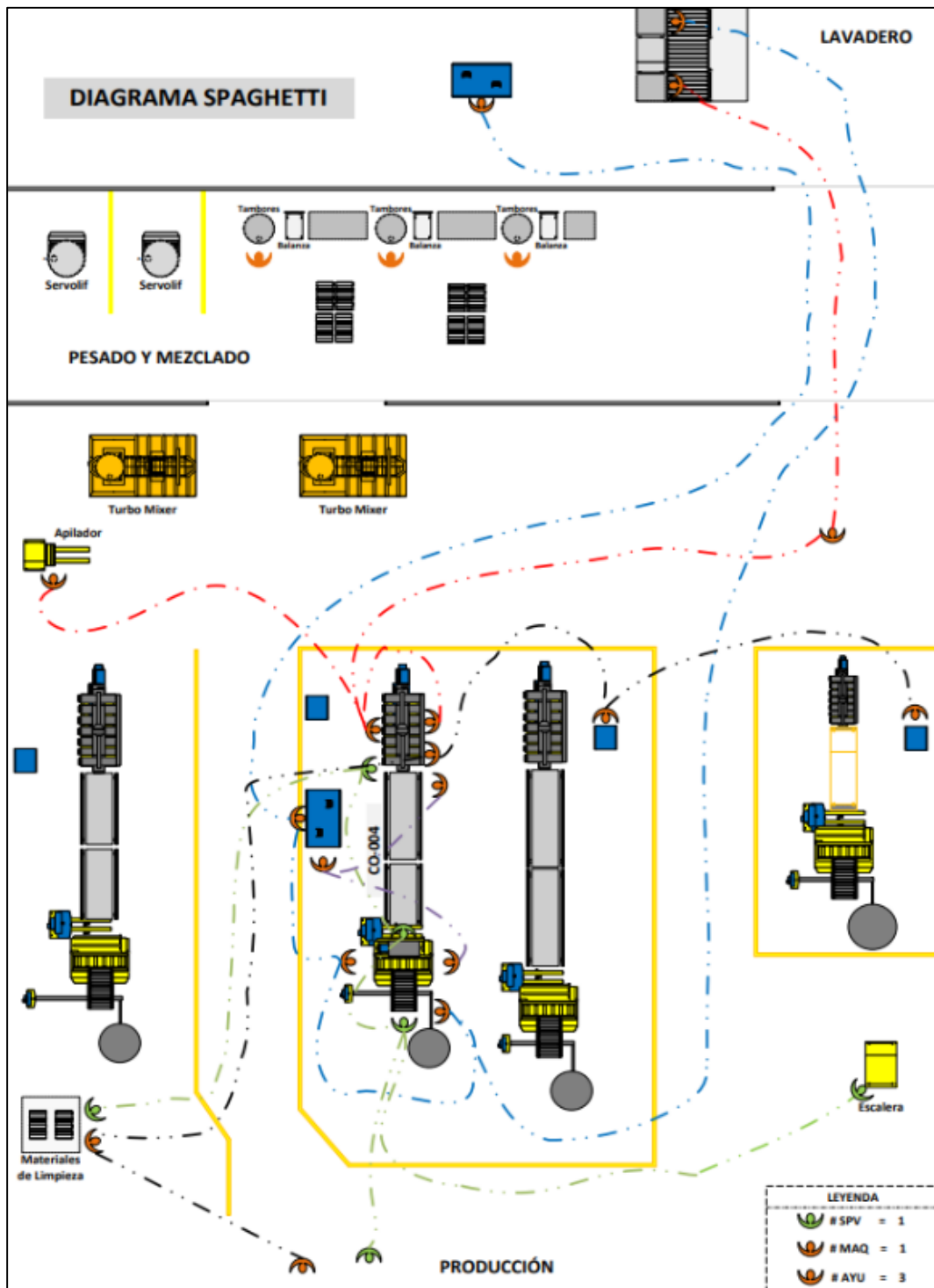


Fuente: Elaboración propia.

La empresa tarda entre 70 a 90 minutos para dejar disponible la máquina, lo que se espera es lograr reducir el tiempo de limpieza entre un 50 a 60 minutos para aprovechar el tiempo en seguir produciendo. Sólo así incrementaremos la eficiencia y mejoraremos el ritmo de producción. Las actividades son 100% internas y se espera lograr transformar algunas actividades en externas.

Figura 58

Diagrama Espagueti del proceso de limpieza de máquina por cambio de Color

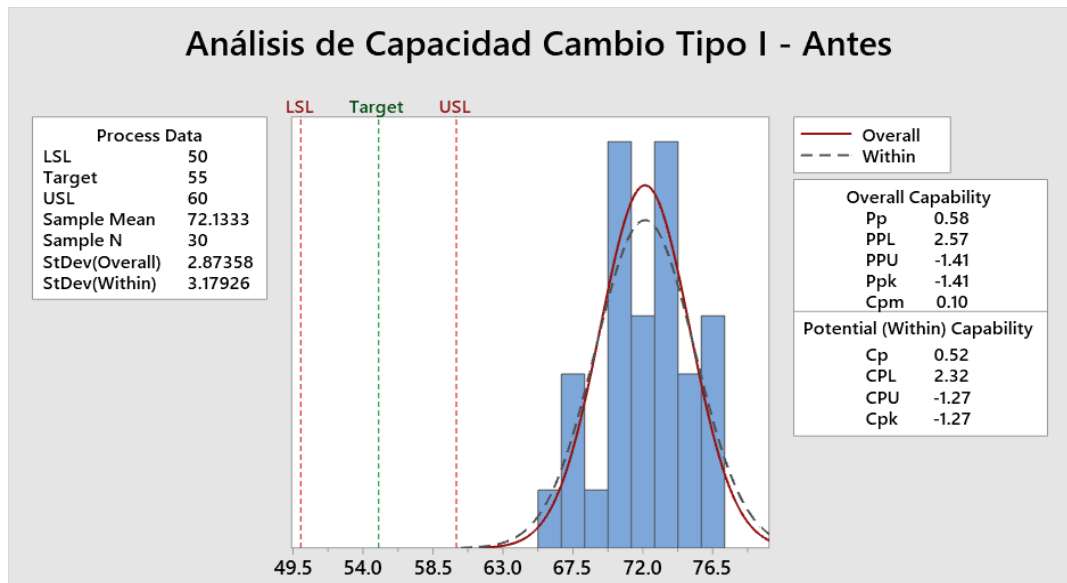


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra los movimientos que realizan los maquinistas a la hora de hacer una limpieza de máquina por cambio de color. Se observa también que hay mucho transporte y retrabajos.

Figura 59

Análisis de Capacidad del Proceso de Limpieza de Máquina Tipo I – Antes de la implementación del SMED

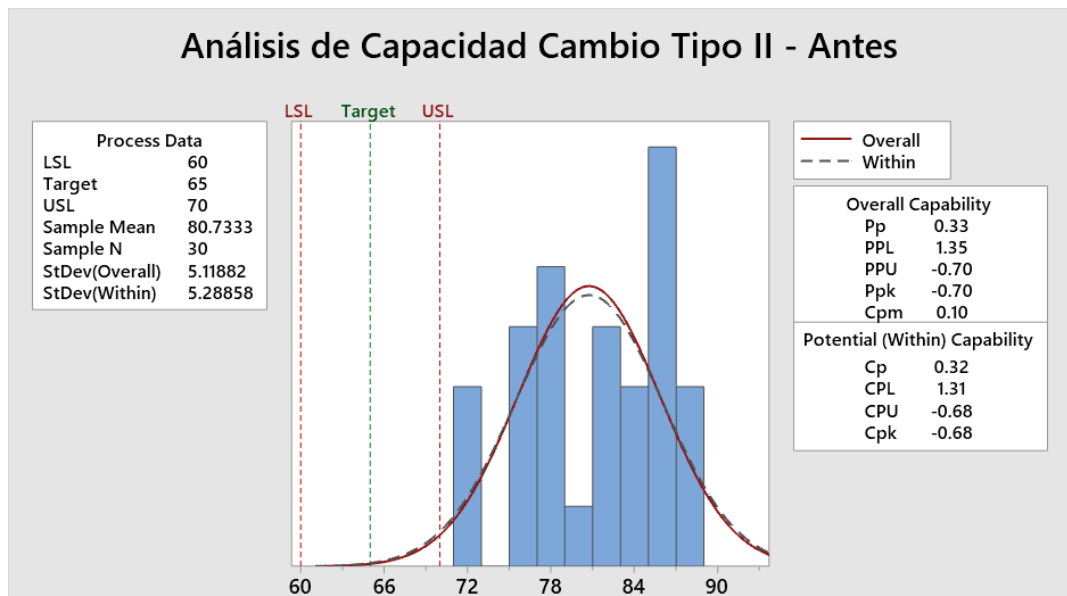


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la capacidad del proceso de Limpieza de máquina tipo I con un valor de Cpk -1.27, el cual indica que está fuera del rango de los límites de especificaciones y objetivo establecido por la organización.

Figura 60

Análisis de Capacidad del Proceso de Limpieza de Máquina Tipo II – Antes de la implementación SMED



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la capacidad del proceso de Limpieza de máquina tipo I con un valor de Cpk -0.68, el cual indica que está fuera del rango de los límites de especificaciones y objetivo establecido por la organización.

Al analizar el DAP del proceso de limpieza de máquina, observamos que las actividades que no generan valor al proceso son los desperdicios “transporte” y “las esperas”; estos desperdicios se presentan en el proceso frecuentemente y se requiere reducir o mitigar. A continuación, se menciona son las siguientes actividades que no genera valor al proceso:

1. Transporte por búsqueda de las herramientas al puesto de trabajo.

El maquinista busca herramientas en otras máquinas debido a que no cuentan con la totalidad de herramientas para sus actividades de limpieza y calibración. Aproximadamente se toma entre 5 a 10 minutos de tiempos improductivo al estar buscando las herramientas.

2. Falta de coordinación en los cambios.

Al no contar con un procedimiento de limpieza, los maquinistas trabajan de muchas formas, incluso hacen retrabajos y sobrefuerzo. El maquinista hace retrabajos y esto genera entre 10 a 20 minutos de tiempos improductivos.

Las acciones de mejoras que se decidieron plantear para reducir los tiempos de esperas y transporte fueron las siguientes:

1. Actividades Internas a Externas

Hay actividades que se podría hacer mientras la máquina sigue en funcionamiento como, por ejemplo: traer la resina de limpieza, tener las herramientas de calibración a la mano, traer el repuesto de máquina, entre otros.

2. Implementación de la 5S

Reforzar las 3 primeras S para mantener el orden y la limpieza durante toda la jornada laboral, solo así podremos reducir tiempos improductivos en los cambios por motivo de limpieza y búsqueda de herramientas. Además, se realizó el análisis de todos los cambios realizados y se estableció una secuencia de color para reducir el sobreesfuerzo en la limpieza de los husillos y accesorios de máquina peletizadora y tolva ciclón. Finalmente implementar un incentivo económico para turnos más eficientes en el cumplimiento de la cultura 5S.

3. Implementación de Cuadrilla de Cambios

Formar equipos de 4 a 5 personas especializadas en la limpieza de máquina por cambio de color.

4. Diseño de herramientas para la limpieza de máquina

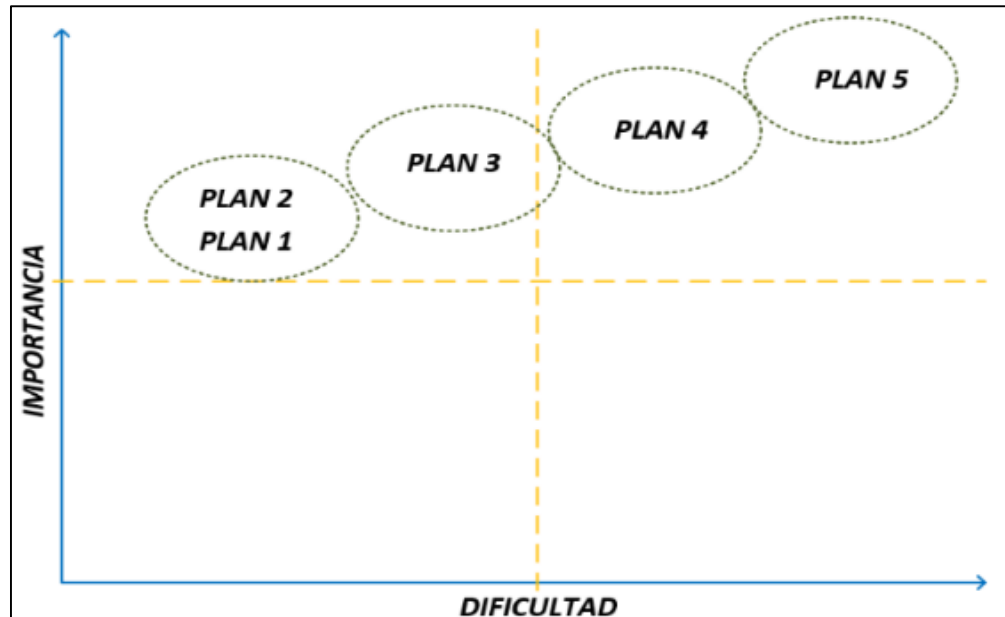
Proponer diseños de nuevas herramientas para agilizar las limpiezas por cambio de producto.

5. Comprar purga para limpieza

Solicitar a Gerencia la propuesta de adquirir purga en las limpiezas de máquina por cambio de producto.

Figura 61

Planes de mejoras en la limpieza de máquina por cambio de producto



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra el nivel de importancia y dificultad de los planes de acción de mejoras para reducir los tiempos improductivos por el proceso de limpieza de máquina por cambio de producto.

El plan 4 y 5 tienen un nivel de dificultad mayor e importancia debido a que se requiere de una inversión de dinero y mucha resistencia al cambio de la forma de trabajar.

La estrategia que se decidió en equipo para agilizar la etapa de implementación SMED fue iniciar durante la fase final de la implementación de la cultura 5S. La ventaja de haber implementado al inicio 5S nos permitió a que el personal estaba comprometido en mantener el orden y la limpieza en su zona de trabajo. Nos facilitó a que el personal pudiera comprender

que el SMED era una herramienta clave para seguir mejorando la productividad reduciendo esos tiempos improductivos por falta de coordinación, comunicación y método correcto.

Para la implementación del SMED se realizaron, reuniones con gerencia, jefatura y operarios para explicar la importancia de reducir los tiempos de limpieza de máquina por cambio de producto. Se grabaron varios cambios Tipo I y Tipo II para lograr analizar los tiempos y movimientos descrito en el DAP. Se registraron toda la información del proceso, se transformaron las actividades internas en externas y se implementaron método para estandarizar el proceso.

Tabla 14

Resultados del Primer Plan de Mejora - Actividades Internas en Actividades Externas

	Situación Actual	Acciones Inmediatas	Implementación del Plan
Actividades	66	66	58
Transportes	19 (29%)	14 (21%)	10(17%)
Tiempos de esperas	15 (23%)	11 (17%)	8 (14%)
%Act. Internas	100%	85%	78%
%Act. Externas	0%	15%	22%
Tiempos de Set-up	72 min	60 min	52 min
%Act. Externas - Tsetup	0%	17%	28%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra 3 escenarios del efecto de la implementación de la herramienta SMED.

Se determinaron el total de actividades, los tiempos de cada actividad, clasificación de las actividades y el tiempo promedio de limpieza

por cambio de producto. El primer escenario muestra la situación actual con el 29% de las operaciones en transporte, el 15% de tiempos de esperas y 0% de actividades externas, con un total de 72 minutos. En el segundo escenario se redujo el transporte al 21%, los tiempos de esperas al 17% y se transformaron las actividades internas a externas un 15%, con un total de 60 minutos. Finalmente, con la implementación del plan de acción de mejora logramos reducir los transportes a 17%, tiempo de espera a 14% y se transformaron las actividades internas a externas en 22%, con un total de 52 minutos promedio. La mejora de los cambios impactó en un 28% al final de la implementación SMED.

Plan N°1 – Transformar actividades internas a externas

- Traer la mesa de trabajo antes de iniciar el proceso de limpieza
- Traer consumibles y herramientas para limpieza antes de iniciar el proceso de limpieza
- Traer pato con la paleta para llevar los ductos y accesorios de máquina para evitar excesivos transportes antes de iniciar el proceso de limpieza.
- Traer la escalera antes de iniciar el proceso de limpieza.
- Limpiar el scrap antes de iniciar el proceso de limpieza.
- Retirar la muestra final antes de iniciar el proceso de limpieza.
- Limpiar la zona de trabajo antes de iniciar el proceso de limpieza.

Plan N°2 – Implementación de la 5S

Se trabajó con la alta gerencia, jefatura y operarios para mantener en el tiempo la implementación de la 5S debido a que su

influencia al SMED es significativa. El tener clasificado las herramientas, zona de trabajo ordenado y limpio ayuda a reducir los tiempos improductivos por limpieza por cambio de producto. Además, otro beneficio de la implementación de la 5S es desarrollar las competencias de los operarios en la solución de problemas que ocurren en el proceso como por ejemplo la tonalidad del Masterbatch debido a que no se realizó una limpieza correcta.

Figura 62

Influencia de la cultura 5s en la implementación del SMED



Fuente: Elaboración propia.

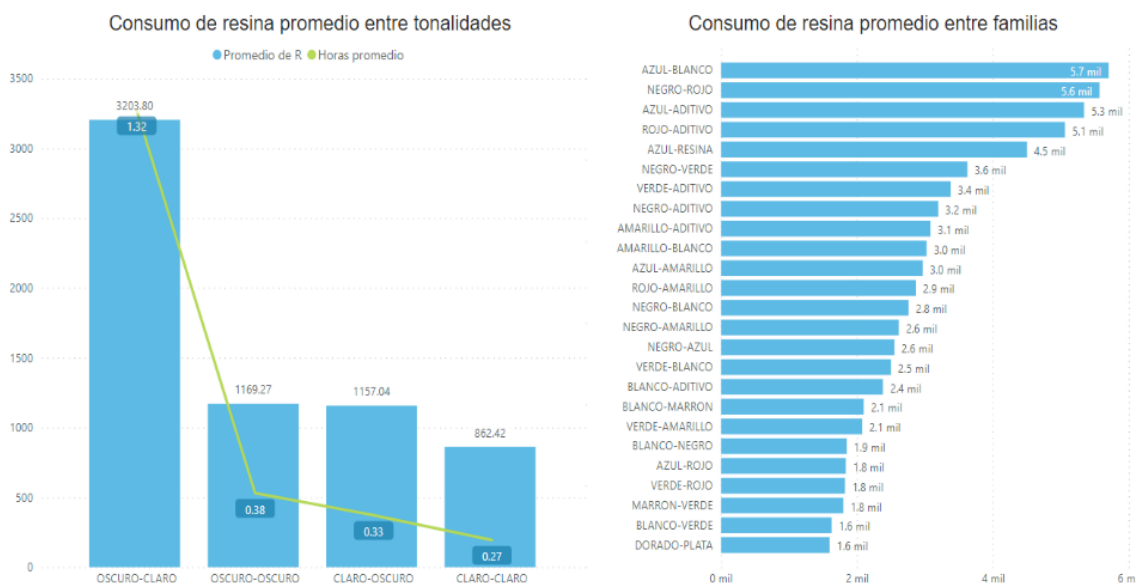
Nota: En la figura se muestra la limpieza de máquina por cambio de color, el personal está capacitado con el nuevo método de limpieza con el total de sus herramientas.

La 5s influyó en lograr cumplir actividades externas antes de culminar la orden de producción del anterior producto. En base a la información que se tiene en el sistema, se pudo desarrollar e implementar una secuencia de color para reducir los tiempos de limpieza y sobreesfuerzo. Esta información es vital para que el planificador pueda ordenar la secuencia en su programa de producción. El resultado del análisis de la información del sistema nos indica los siguiente:

- Los tiempos son menores cuando se realiza cambios de colores claros a claros y también se consume menor cantidad de resina.
- Los tiempos son mayores cuando se realiza cambios de colores oscuros a claros y también se consume mayor cantidad de resina.
- La secuencia de los colores para reducir los tiempos en los cambios y sobre esfuerzo es siguiendo el orden del color Amarillo, Rojo, Verde, Azul. Esta secuencia se denominó con el nombre ARVA.

Figura 63

Análisis de tiempos por cambio de color y consumo de resina



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra el análisis de los tiempos de limpieza por cambio de producto y el consumo de por dicho cambio

Plan N°3 – Implementación cuadrilla de cambio

Para seguir mejorando los tiempos por limpieza de máquina, decidimos optar por formar un equipo al cual le denominamos “Cuadrilla de Cambio”. Este equipo está organizado y tienen funciones definidas a la hora de empezar el proceso de cambio de un color a otro. A continuación, describo las funciones de la cuadrilla de cambio:

DIRECTOR DEL CAMBIO (CHANGE-OVER DIRECTOR)

Encargado: Supervisor de Producción

Funciones:

- Dirigir y apoyar al personal en las actividades del proceso de Cambios.
- Asignar el tipo de cambio (Tipo I y Tipo II).
- Supervisar el consumo de insumos de limpieza y herramientas.
- Validar si el proceso de limpieza se ha realizado de forma exitosa.
- Controlar los parámetros de máquina
- Realizar el control del personal en el proceso de Cambios.
- Asegurar que los procesos de limpieza se realicen de manera exitosa.

MAQUINISTA DE ACTIVIDADES CRÍTICAS (CREW CHIEF)

Encargado: Maquinista de Compounder

Funciones:

- Responsable de las operaciones críticas en el proceso de cambios.

- Realizar el desmontaje, limpieza y montaje de husillos de la Compounder.
- Realizar el uso responsable los insumos de limpieza (purgas y resinas).

AYUDANTE DE ACTIVIDADES CRÍTICAS (ROAMING SUPPORT)

Encargado: Ayudante de Producción

Funciones :

- Realizar el desmontaje, lavado, limpieza y montaje de los dosificadores, tolva guía y garganta.

AYUDANTE (SUPPORT)

Encargado: Ayudante de Producción

Funciones:

- Realizar el desmontaje, limpieza, lavado y montaje de las máquinas (Compounder, Peletizadora, Tamizador y Ciclón).
- Apoyar al Maquinista en sus actividades críticas de cambios.
- Apoyar al Ayudante en sus actividades críticas de cambios.

MANTENIMIENTO

Encargado: Técnico de mantenimiento

Funciones:

- Revisión de todas las zonas de calefacción.
- Inspección del motor y caja de transmisión principal.
- Inspección del peletizador, cuchillas y rodillo.
- Inspección del sistema mecánico de dosificación.

Figura 64

Cuadrilla de Cambio de la empresa Mastercol



Fuente: Elaboración propia.

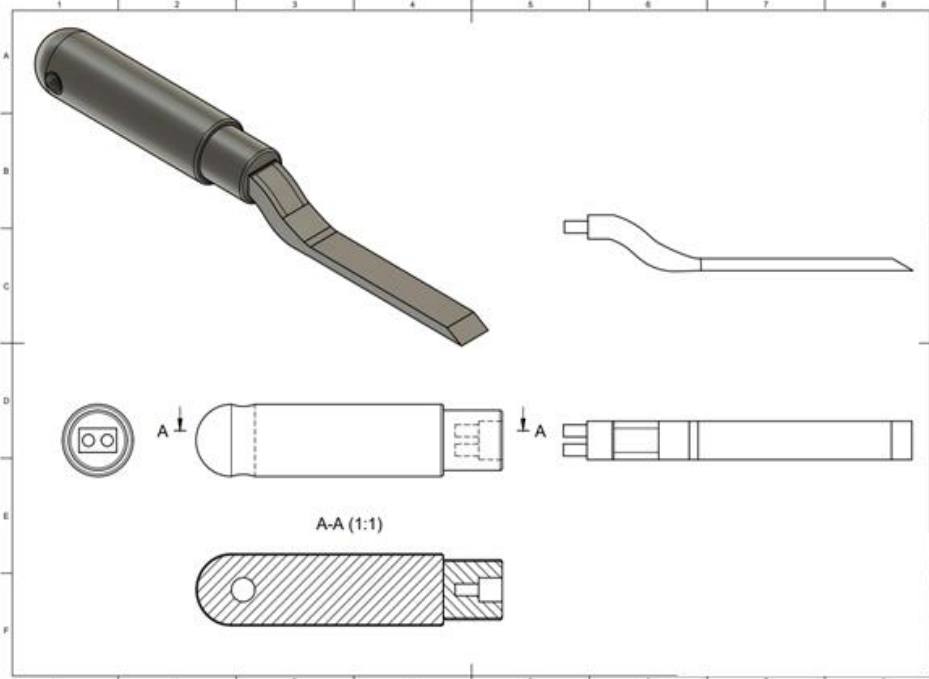
Nota: En la figura se muestra el equipo organizado de cambio denominada "Cuadrilla de Cambio". Este equipo fue formado especialmente para la implementación del SMED con la finalidad de reducir los tiempos de limpieza por cambio de producto.

Plan N°4 – Diseño de herramientas para la limpieza de máquina

Para seguir mejorando los tiempos por limpieza de máquina, se decidió diseñar algunas herramientas para facilitar la limpieza de los moldes, cabezal, husillos y zonas en donde la máquina requiere de una herramienta nueva con ciertas dimensiones y composición. Para la implementación SMED, se diseñó por prioridad dos espátulas especiales, hechas de aluminio y con una estructura el cuál pueda contener una durabilidad y resistencia al calor.

Figura 65

Espátula de hoja recta larga

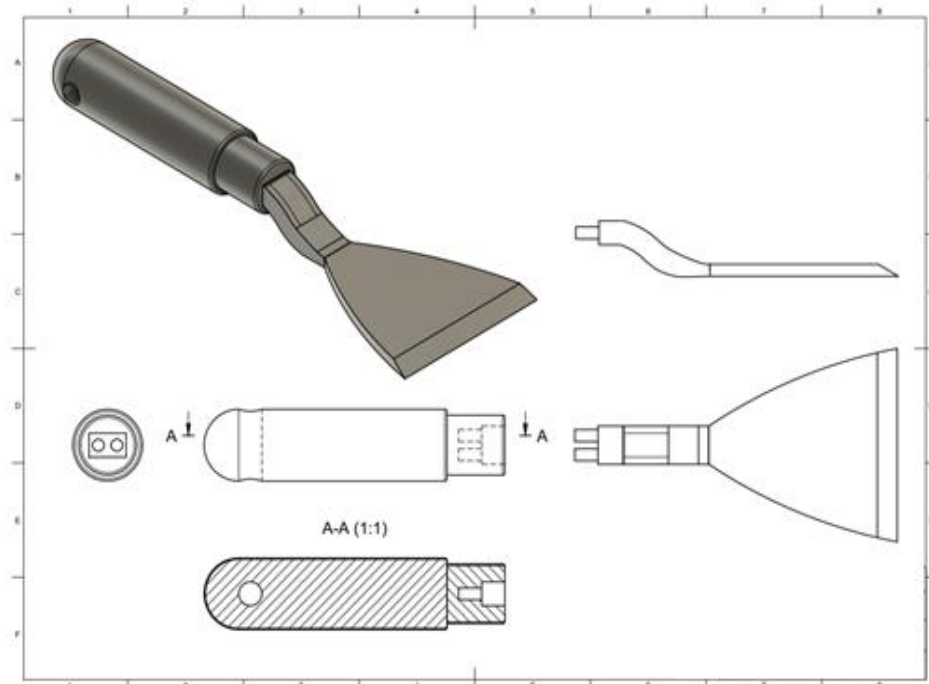


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la espátula de hoja recta larga para la limpieza del cabezal y husillo.

Figura 66

Espátula de hoja plana larga



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la espátula de hoja plana larga para la limpieza del cabezal y husillo.

Plan N°5 – Compra de purga para la limpieza de máquina

Este plan de adquirir purga para la limpieza, tiene un costo añadido, pero es recuperable a diferencia de los costos de los desperdicios que afecta directamente a la productividad. Para el proyecto de investigación se hizo un análisis de los diferentes tipos de purga que existe en el mercado local e internacional y se decidió optar por una excelente purga que se adapta bastante a las máquinas que tiene la organización y los insumos con que se trabaja el Masterbatch. La teoría del mundo de plástico recomienda siempre usar purga para la limpieza ya que tiene un impacto positivo en la reducción de los tiempos de limpieza de máquina por cambio de color.

Para la implementación del SMED se hizo la compra de 2 tipos de purgas para las máquinas y se enseñó al maquinista su aplicación en las limpiezas de máquina por cambio de color. A continuación, se describe brevemente la información técnica de los dos tipos de purgas

AE00235 Cleaning Compound

- Este compuesto no contiene componentes abrasivos.
- Está diseñado para el cambio de colores y además el cambio de resinas en procesos de extrusión e inyección.

Ventajas:

- Se puede emplear para purgar Nylon, material difícil de Purgar.
- Aprobación para contacto con alimentos, según la regulación europea.

Modo de uso en paradas de máquina:

- Usar 100% puro, no mezclar con resinas
- Pasar el AE00235, y asegurar que la máquina tenga el compuesto en su interior, desde la garganta, hasta la salida del cabezal o boquilla.
- No requiere modificar temperatura, aunque su hoja técnica recomienda un rango de 200°C a 250°C.
- Pasar una cantidad 2 a 3 veces la masa requerida para llenar el extrusor y cabezal, hasta que la masa se vea limpia.
- Retirar la purga con la siguiente mezcla de resina o color.

CL1524PE Purge Compound

- Este compuesto contiene materiales medianamente abrasivos.
- Está diseñado para las paradas de máquina, evitando la degradación de material que existe cuando los convertidores detienen un extrusor con mezclas de resina color o aditivos.
- Esto evita problemas de puntos negros o geles al reiniciar la producción. Por ejemplo, en una parada de fin de semana.
- También puede emplearse en cambios de color, o cambios de resina.

Ventajas:

- Contiene paquete de antioxidantes para poliolefinas.
- Puede mezclarse con poliolefinas, dependiendo de la exigencia del color a limpiar.

Modo de uso en paradas de máquina:

- No requiere ajustes de parámetros, mantener RPM y temperatura de la máquina
- Tratar de expulsar la mezcla del extrusor o inyectora.

- Pasar el CL1524PE, y asegurar que la máquina tenga el compuesto en su interior, desde la garganta, hasta la salida del cabezal o boquilla.
- Reducir los RPM y parar la máquina.
- Esperar a que la máquina alcance el perfil de temperaturas adecuado.
- Esperar 30 minutos adicionales para que el compuesto de purga esté completamente fundido.
- Expulsar el compuesto de purga, con la siguiente mezcla a producir.

Al finalizar el proyecto SMED, realizamos un análisis del proceso de Limpieza de máquina por cambio de producto en el tipo I y tipo II. Además, se realizó también un diagrama de control para observar el proceso antes y después de la mejora con la implementación SMED.

Figura 67

Purga AE00235 Cleaning Compound



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la purga exclusivamente para limpieza de máquina por cambio de color.

Figura 68

Limpieza de máquina con Purga AE00235 Cleaning Compound



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la limpieza de la máquina extrusora haciendo uso de la purga AE00235.

Tabla 15

Consumo de resina y purga para la limpieza de máquina por tipo de cambio

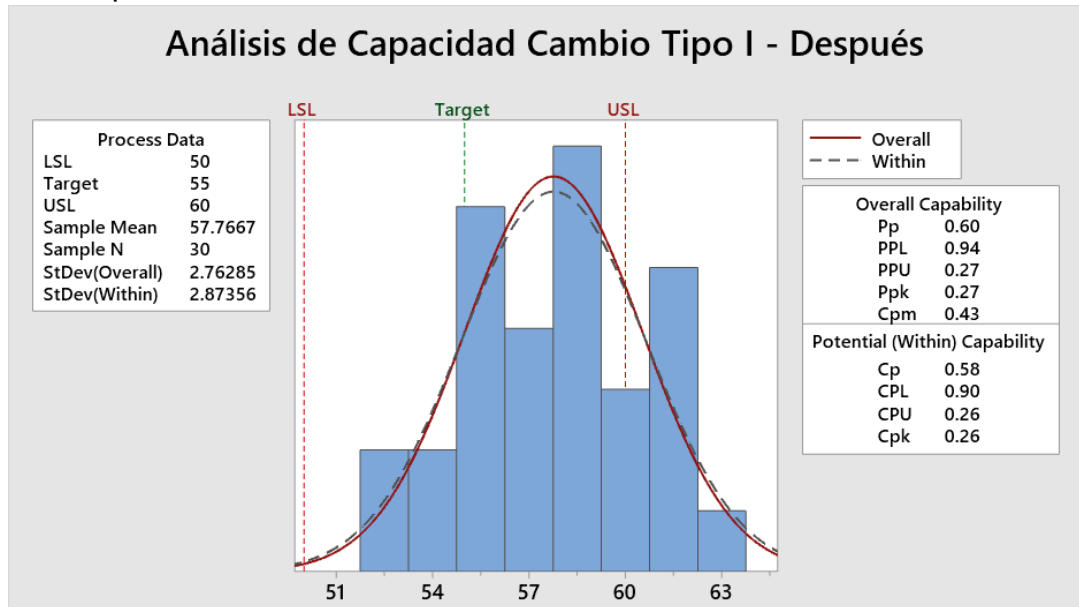
Tipos de Limpieza por cambio de producto			Cantidad de Resina y/o Purga para limpieza de máquina							
			CO-001	CO-002	CO-003	CO-004	CO-005	CO-006	CO-007	CO-008
Tipos	Descripción	Insumos	KG	KG	KG	KG	KG	KG	KG	KG
I	Cambio sin extracción de husillos	Resina LLDPE (40%) Purga o Lotryl (60%)	4	4	10	8	8	2	2	4
II	Cambio con extracción de husillos	Resina LLDPE (100%)	2	2	5	4	4	1	1	2

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra un control de la cantidad de purga y resina que se utiliza en la limpieza de máquina por tipo de cambio. Es importante realizar este control para optimizar los recursos de la organización.

Figura 69

Análisis de Capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo I – Después de la aplicación del SMED

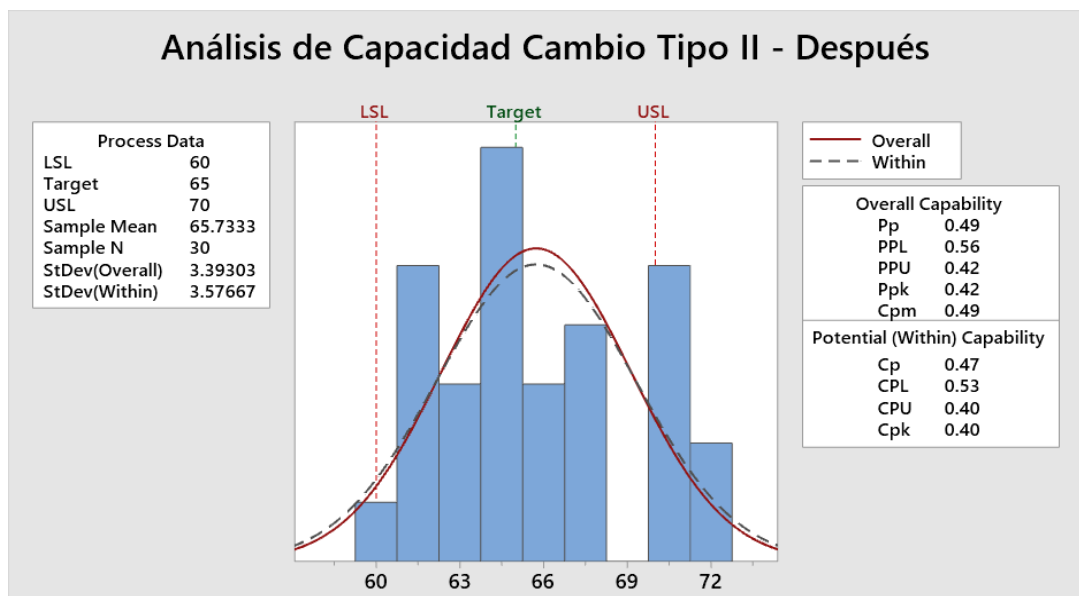


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo I después de la implementación SMED. Se tiene un valor de Cpk 0.26, mucho mayor que en el anterior proceso que tenía un Cpk -1.27.

Figura 70

Análisis de Capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo II – Después de la aplicación del SMED



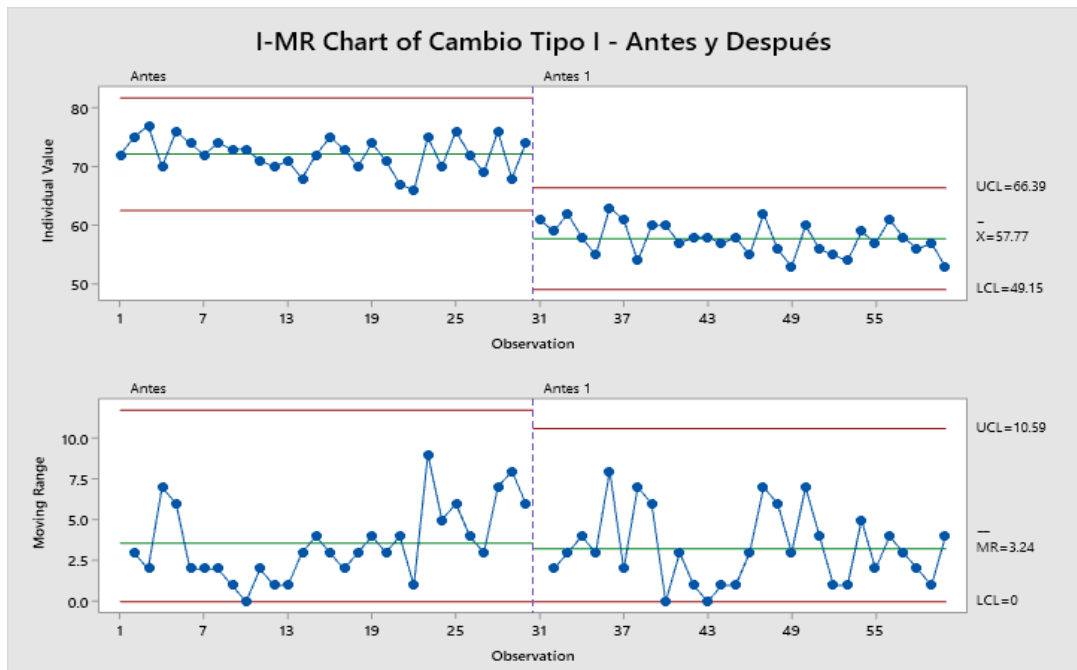
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra la capacidad del proceso de limpieza de máquina tipo I después de la implementación SMED. Se tiene un valor de Cpk 0.40, mucho mayor que en el anterior proceso que tenía un Cpk -0.68.

Ahora actualmente estamos logrando cumplir los límites, incluso Pp es mayor que el Cp, lo cual indica que tenemos tendencia a seguir mejorando si mantenemos estas condiciones durante todo el tiempo.

Figura 71

Diagrama de control del proceso de limpieza de máquina tipo I – Antes y Después de la aplicación del SMED



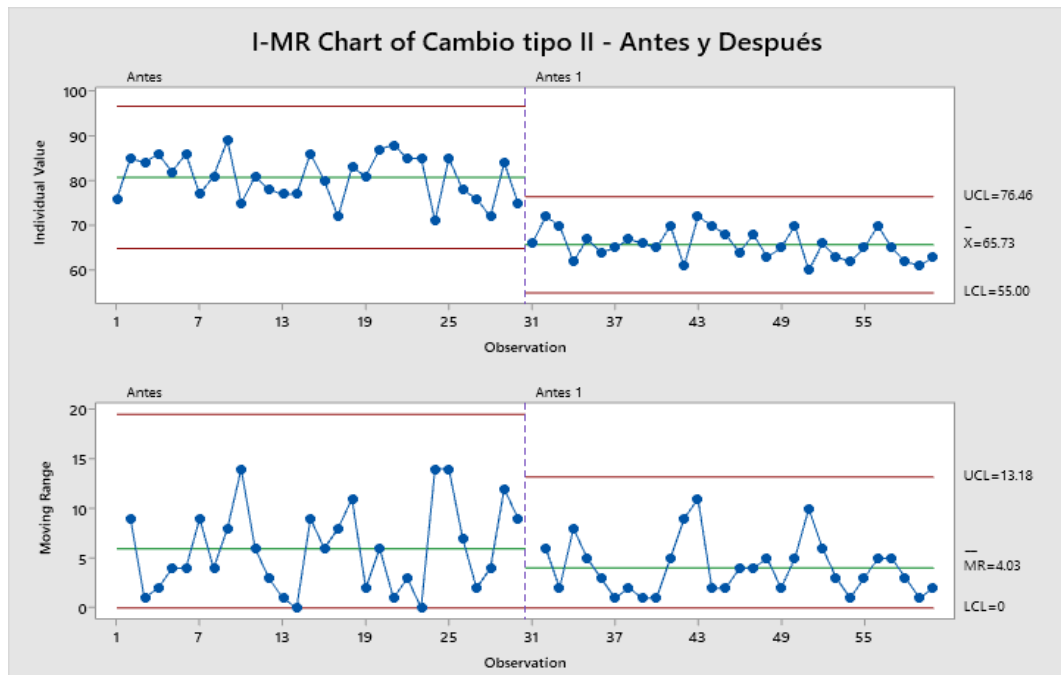
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra el diagrama de control comparando dos muestras individuales del proceso de limpieza de máquina tipo I.

Tenemos un antes sin mejoras y un después de la implementación SMED. Podemos notar que la media de los tiempos de limpieza se ha reducido de 72 minutos a 57.77 minutos como además la desviación estándar que prácticamente tiene menor anchura entre los límites de especificaciones del proceso.

Figura 72

Diagrama de control del proceso de limpieza de máquina tipo II – Antes y Después de la implementación SMED



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura se muestra el diagrama de control comparando dos muestras individuales del proceso de limpieza de máquina tipo II.

Tenemos un antes sin mejoras y un después de la implementación SMED. Podemos notar que la media de los tiempos de limpieza se ha reducido de 81 minutos a 65.73 minutos como además la desviación estándar que prácticamente tiene menor anchura entre los límites de especificaciones del proceso. Al final del proyecto SMED se logró obtener la reducción de los tiempos de limpieza de un tipo I de 72 minutos a 57.77 minutos y del tipo II de 81 minutos a 65.73 minutos.

Tabla 16

Resumen del Value Stream Mapping (TO BE) después de la aplicación de Lean Manufacturing

Resumen Value Stream Mapping TO BE	Datos	Unidades
<i>Takt Time</i>	4.6	horas/tons
<i>Cycle Time Antes de la aplicación de LM</i>	5.0	horas/tons
<i>Cycle Time Después de la aplicación de LM</i>	4.8	horas/tons
<i>Tiempo Agrega Valor (xdía)</i>	22.0	horas/día
<i>Tiempo No Agrega Valor (xdía)</i>	2.0	horas/día
<i>Tiempo No Agrega Valor (xmes - 25 días hábiles)</i>	50.0	Horas/mes
<i>Daño Emergente (Rendimiento 300kg/hrs)</i>	15,000	Kgs/mes
<i>Costo de los Desperdicio (0.5\$/Kgs)</i>	7,500	\$/mes
<i>Costo de los Desperdicio (0.5\$/Kgs) x 7 máquina</i>	52,500	\$/mes
<i>Ahorro en el Daño Emergente Antes</i>	118,125	\$/mes
<i>Ahorro en el Daño Emergente Después</i>	52,500	\$/mes
<i>Daño Emergente TOTAL</i>	65,625	\$/mes

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra la demostración del ahorro que se obtuvo en el Daño Emergente debido a la implementación de Lean Manufacturing.

El ahorro obtenido por reducir y mitigar los desperdicios o actividades que no genera asciende a un total de \$ 65,625.00. Para obtener un ahorro total general del proyecto de investigación, tuvimos que restar el costo que se invitó en la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing como es VSM, 5S y SMED. El costo de la aplicación de las herramientas asciende a \$3,036.13 y el total del ahorro por el proyecto de investigación es de \$62, 589. Los planes de implementación de cada una de las herramientas pueden visualizarse en los anexos 4, 5 y 6. Para la empresa fue una oportunidad viable para que más adelante continuar aplicar los eventos Kaizen detectado al inicio del diagnóstico Value Stream Mapping.

Tabla 17

Costo de implementación de las herramientas de Lean Manufacturing

ITEM	HERRAMIENTAS LEAN	COSTO S/	COSTO* \$ (T.C. 3.903)
1.0.	Costo por Capacitación y Auditoría	2,100.00	538.05
1.1.	Capacitación en VSM	300.00	76.86
1.2.	Capacitación en 5S	500.00	128.11
1.3.	Capacitación en SMED	500.00	128.11
1.4.	Auditorías de Lean Manufacturing	800.00	204.97
2.0.	Costo por Materiales	5,250.00	1,345.12
2.1.	Útiles de Limpieza	300.00	76.86
2.2.	Mantenimiento de herramientas	250.00	64.05
2.3.	Compra de accesorios y herramientas	1,200.00	307.46
2.4.	Compra de Purga Tosaf	3,500.00	896.75
3.0.	Costo por Recurso Humano	4,500.00	1,152.96
3.1.	Asesoría Técnica especializada	4,500.00	1,152.96
4.0.	TOTAL	11,850.00	3,036.13

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra el costo de inversión para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Tabla 18

Resultado final del ahorro total del proyecto de aplicación de Lean Manufacturing

Descripción	Costo en \$ ahorro del Daño Emergente
Daño Emergente TOTAL	\$ 65,625
Inversión de Imp. Lean M.	\$ 3,036
Ahorro Total Proyecto	\$ 62,589

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra el costo de inversión para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing.

5.1.4. VARIABLE DEPENDIENTE – PRODUCTIVIDAD

Se recolectó datos de las ordenes de producción durante un periodo de un mes antes de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing y se realizó la comparación de la data de la producción después de la implementación. Para el cálculo de la eficiencia se realizó en base al tiempo productivo sobre el tiempo total y para el cálculo de la eficacia se realizó en base a la producción buena sobre la producción planificada. Finalmente obteniendo ambos cocientes, se determinará la productividad multiplicando ambas variables.

Tabla 19

Datos de las ordenes de producción de Masterbatch mes de enero 2021

Fecha	Turno	Máquina	Familia	T. Plan. (hrs)	T. Real (hrs)	Prod. Plan. (kgs)	Prod. Real (kgs)	Scrap	Prod. Total (kgs)
1/01/2021	2	CO-007	Negros	6.92	6.67	2250	2160.68	24.28	2184.96
1/01/2021	1	CO-002	Blancos	6.69	5.85	2175	2050.23	36.30	2086.53
1/01/2021	2	CO-005	Varios	7.92	6.70	475	426.53	8.73	435.26
1/01/2021	1	CO-004	Verdes	3.44	2.53	275	180.58	21.69	202.27
1/01/2021	2	CO-001	Aditivos	4.58	3.97	1375	1282.67	22.77	1305.44
1/01/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	7.92	7.58	475	341.12	21.36	362.48
4/01/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	4.30	3.72	1075	914.00	19.99	933.99
4/01/2021	2	CO-001	Aditivos	4.25	3.57	1275	1121.10	23.79	1144.89
4/01/2021	2	CO-002	Blancos	6.93	5.97	2425	2242.56	30.95	2273.51
4/01/2021	2	CO-007	Negros	6.62	6.03	2150	2044.92	35.15	2080.07
4/01/2021	2	CO-006	Negros	7.10	6.37	1775	1684.03	23.19	1707.22
4/01/2021	2	CO-005	Negros	7.92	7.67	475	336.20	14.87	351.08
4/01/2021	2	CO-004	Amarillos	4.17	2.64	250	106.77	14.70	121.47
5/01/2021	2	CO-007	Negros	4.92	4.62	1600	1532.82	17.17	1549.99
5/01/2021	1	CO-006	Negros	5.92	5.46	1925	1840.41	19.83	1860.24
5/01/2021	1	CO-005	Azules Y Violetas	7.92	6.88	475	401.37	9.59	410.96
5/01/2021	1	CO-002	Blancos	5.39	4.76	2425	2303.60	23.88	2327.48
5/01/2021	2	CO-004	Rojos	7.08	4.96	425	275.57	12.75	288.32
5/01/2021	1	CO-003	Rojos	2.50	1.50	200	72.80	15.98	88.78
5/01/2021	1	CO-001	Aditivos	7.24	7.19	3075	2957.54	33.23	2990.77
6/01/2021	1	CO-006	Negros	5.92	5.36	1925	1833.05	24.87	1857.92
6/01/2021	2	CO-007	Negros	7.50	6.45	450	387.99	25.39	413.39
6/01/2021	1	CO-005	Negros	6.25	5.67	500	403.65	30.27	433.92
6/01/2021	2	CO-004	Rojos	7.50	7.47	450	308.97	23.46	332.42

6/01/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	7.06	6.43	2825	2699.43	25.33	2724.77
6/01/2021	1	CO-002	Blancos	4.07	3.52	1425	1319.80	22.52	1342.32
6/01/2021	1	CO-002	Blancos	8.00	7.67	3600	3476.88	28.57	3505.44
6/01/2021	2	CO-001	Aditivos	6.94	6.85	2775	2664.62	35.67	2700.29
7/01/2021	1	CO-007	Negros	8.00	7.89	2600	2515.48	21.83	2537.31
7/01/2021	1	CO-006	Negros	6.08	5.58	1975	1885.23	23.62	1908.85
7/01/2021	2	CO-003	Verdes	6.45	5.60	1775	1677.10	14.19	1691.29
7/01/2021	2	CO-004	Rojos	5.25	4.99	525	399.85	19.43	419.28
7/01/2021	2	CO-002	Blancos	7.08	6.55	2125	2031.02	24.62	2055.64
7/01/2021	1	CO-005	Verdes	2.92	1.66	175	60.03	12.59	72.62
7/01/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	7.97	3400	3277.04	32.50	3309.55
8/01/2021	1	CO-003	Naranjas	4.07	3.51	1425	1325.69	23.38	1349.07
8/01/2021	1	CO-007	Negros	6.08	5.28	1975	1865.77	17.27	1883.04
8/01/2021	2	CO-006	Negros	5.31	4.69	1725	1635.32	23.39	1658.71
8/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	6.33	5.56	475	398.67	25.57	424.24
8/01/2021	1	CO-004	Amarillos	1.25	1.19	125	95.21	10.85	106.06
8/01/2021	2	CO-002	Blancos	5.06	4.87	2025	1939.98	30.56	1970.54
11/01/2021	2	CO-007	Negros	3.54	3.02	1150	1051.94	24.94	1076.88
11/01/2021	2	CO-006	Negros	7.10	6.03	1775	1624.77	17.72	1642.48
11/01/2021	1	CO-005	Verdes	3.44	2.38	275	199.70	33.28	232.98
11/01/2021	2	CO-004	Amarillos	7.50	7.17	450	340.56	19.40	359.96
11/01/2021	2	CO-003	Rojos	6.22	5.40	1400	1313.69	22.17	1335.86
11/01/2021	2	CO-001	Aditivos	7.06	7.04	3000	2888.42	33.15	2921.57
11/01/2021	2	CO-002	Blancos	5.06	4.38	2025	1901.46	28.87	1930.33
12/01/2021	1	CO-006	Negros	5.92	5.78	1925	1858.54	20.77	1879.31
12/01/2021	1	CO-007	Negros	7.46	7.00	2425	2322.15	26.15	2348.31
12/01/2021	2	CO-003	Naranjas	7.07	6.11	2475	2324.17	30.07	2354.24
12/01/2021	1	CO-004	Amarillos	1.50	1.11	150	89.96	13.86	103.82
12/01/2021	1	CO-005	Azules Y Violetas	4.58	3.09	275	137.98	29.39	167.37
12/01/2021	2	CO-001	Aditivos	7.08	6.07	2300	2128.68	21.72	2150.40
12/01/2021	1	CO-002	Blancos	5.39	4.80	2425	2302.61	26.11	2328.72
13/01/2021	1	CO-006	Negros	6.08	5.26	1975	1864.58	17.58	1882.15
13/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	6.33	5.51	475	402.36	19.78	422.14
13/01/2021	1	CO-007	Negros	6.08	5.85	1975	1897.92	18.38	1916.30
13/01/2021	2	CO-003	Rojos	8.00	7.02	1800	1704.25	24.79	1729.04
13/01/2021	1	CO-004	Amarillos	5.00	4.18	500	445.71	13.46	459.17
13/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	2.92	2.86	175	128.17	15.71	143.87
13/01/2021	2	CO-002	Blancos	7.06	6.62	2825	2703.98	32.68	2736.66
13/01/2021	1	CO-001	Aditivos	6.69	6.25	2175	2077.40	31.65	2109.05
14/01/2021	2	CO-006	Negros	6.60	5.74	1650	1563.38	16.27	1579.65
14/01/2021	2	CO-007	Negros	7.40	7.36	1850	1782.41	17.65	1800.06
14/01/2021	1	CO-004	Amarillos	7.50	7.10	450	337.63	11.55	349.18
14/01/2021	1	CO-003	Rojos	6.44	5.40	1450	1277.90	18.36	1296.26
14/01/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	7.32	2400	2286.80	35.47	2322.27
14/01/2021	1	CO-002	Blancos	5.39	4.84	2425	2302.96	30.24	2333.20
14/01/2021	1	CO-005	Verdes	5.50	5.36	275	202.20	17.66	219.86
15/01/2021	2	CO-007	Negros	5.46	5.42	1775	1711.36	23.23	1734.59
15/01/2021	2	CO-004	Amarillos	7.50	7.08	450	345.01	32.54	377.55

15/01/2021	2	CO-003	Rojos	5.56	5.46	1250	1196.46	23.72	1220.18
15/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	6.25	5.71	375	298.84	13.83	312.67
15/01/2021	1	CO-002	Blancos	5.39	4.66	2425	2262.87	35.10	2297.96
15/01/2021	2	CO-006	Negros	7.10	7.00	1775	1711.44	19.94	1731.37
15/01/2021	1	CO-001	Aditivos	6.69	5.75	2175	1997.83	31.57	2029.40
18/01/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	4.43	3.89	1550	1467.70	22.02	1489.72
18/01/2021	2	CO-007	Negros	8.00	7.73	2600	2494.19	33.27	2527.46
18/01/2021	2	CO-004	Amarillos	4.58	3.16	275	149.48	24.61	174.09
18/01/2021	1	CO-006	Negros	6.08	5.69	1975	1888.35	25.49	1913.84
18/01/2021	1	CO-005	Verdes	5.50	3.71	275	144.12	27.16	171.28
18/01/2021	2	CO-002	Blancos	6.69	6.41	2675	2568.71	27.81	2596.52
18/01/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	7.20	2400	2279.41	30.91	2310.32
19/01/2021	1	CO-007	Negros	3.69	3.11	1200	1088.61	18.29	1106.90
19/01/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	4.43	3.84	1550	1455.77	24.35	1480.12
19/01/2021	2	CO-006	Negros	7.10	6.13	1775	1664.04	21.85	1685.90
19/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	2.92	1.83	175	80.40	4.46	84.85
19/01/2021	2	CO-002	Blancos	6.81	6.37	2725	2611.39	23.92	2635.31
19/01/2021	1	CO-004	Amarillos	6.50	4.95	325	223.42	28.25	251.66
19/01/2021	1	CO-001	Aditivos	7.46	6.43	2425	2250.56	23.62	2274.18
20/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	1.33	0.83	100	34.02	14.59	48.61
20/01/2021	2	CO-007	Negros	7.08	6.07	2300	2124.39	29.08	2153.46
20/01/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	7.09	6.07	1950	1796.95	23.39	1820.34
20/01/2021	1	CO-002	Blancos	6.22	5.68	2800	2675.66	26.58	2702.23
20/01/2021	1	CO-001	Aditivos	7.23	6.24	2350	2176.86	29.14	2206.00
20/01/2021	2	CO-006	Negros	7.10	5.97	1775	1617.98	19.58	1637.56
20/01/2021	2	CO-004	Amarillos	7.08	6.07	425	378.83	19.45	398.28
21/01/2021	1	CO-007	Negros	7.46	6.85	2425	2317.94	23.45	2341.40
21/01/2021	1	CO-002	Blancos	6.22	5.61	2800	2660.62	33.96	2694.58
21/01/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	6.21	5.38	2175	2049.37	23.58	2072.95
21/01/2021	1	CO-004	Amarillos	3.50	2.46	350	227.63	27.75	255.38
21/01/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	7.37	2400	2290.92	31.38	2322.30
21/01/2021	2	CO-002	Blancos	5.44	4.95	2175	2072.48	28.46	2100.94
21/01/2021	2	CO-005	Verdes	7.50	6.53	450	400.96	25.03	425.99
22/01/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	4.71	4.07	1650	1532.58	22.50	1555.08
22/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	8.00	7.59	600	436.57	30.54	467.11
22/01/2021	2	CO-007	Negros	7.08	6.37	2300	2187.83	23.76	2211.59
22/01/2021	2	CO-006	Negros	3.85	3.34	1250	1177.32	17.32	1194.64
22/01/2021	2	CO-004	Amarillos	6.67	6.43	400	294.14	18.49	312.63
22/01/2021	2	CO-001	Aditivos	4.56	3.94	1825	1687.42	26.02	1713.45
22/01/2021	1	CO-002	Blancos	6.72	6.44	3025	2902.34	32.93	2935.28
25/01/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	4.38	3.79	1425	1331.49	17.66	1349.15
25/01/2021	2	CO-006	Negros	5.31	4.47	1725	1573.24	17.51	1590.75
25/01/2021	2	CO-001	Aditivos	3.56	2.99	1425	1256.29	23.89	1280.18
25/01/2021	2	CO-007	Negros	7.08	6.67	2300	2204.03	25.06	2229.09
25/01/2021	2	CO-005	Verdes	5.71	4.92	400	343.03	12.48	355.51
25/01/2021	1	CO-004	Amarillos	3.75	2.46	375	202.79	15.66	218.45
25/01/2021	1	CO-002	Blancos	4.72	4.24	2125	2012.80	34.11	2046.91
26/01/2021	1	CO-002	Blancos	4.72	4.57	2125	2034.91	34.51	2069.43

26/01/2021	1	CO-001	Aditivos	5.46	4.94	1775	1687.19	22.22	1709.41
26/01/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	4.71	4.14	1650	1564.01	20.21	1584.22
26/01/2021	2	CO-007	Negros	7.54	7.11	2450	2343.00	35.64	2378.64
26/01/2021	2	CO-005	Verdes	7.00	6.71	350	255.29	18.12	273.41
26/01/2021	2	CO-006	Negros	3.08	2.71	925	771.15	8.88	780.04
26/01/2021	2	CO-004	Amarillos	3.33	3.08	200	157.88	10.99	168.88
27/01/2021	2	CO-001	Aditivos	7.08	6.59	2125	2028.53	32.81	2061.35
27/01/2021	1	CO-007	Negros	7.08	6.84	2300	2208.21	27.50	2235.70
27/01/2021	2	CO-006	Negros	5.08	4.63	1650	1570.83	26.03	1596.86
27/01/2021	2	CO-003	Rojos	3.67	3.36	1100	1041.59	26.87	1068.46
27/01/2021	1	CO-005	Azules Y Violetas	2.92	2.71	175	136.81	10.14	146.95
27/01/2021	2	CO-004	Amarillos	6.67	6.60	400	277.41	24.46	301.87
27/01/2021	1	CO-002	Blancos	4.21	3.64	1475	1367.17	25.00	1392.17
28/01/2021	2	CO-005	Verdes	4.58	4.19	275	221.43	20.77	242.20
28/01/2021	1	CO-003	Rojos	5.89	5.12	1325	1242.50	26.62	1269.12
28/01/2021	1	CO-001	Aditivos	7.46	6.76	2425	2311.57	27.24	2338.81
28/01/2021	1	CO-007	Negros	7.08	6.40	2300	2188.30	28.85	2217.15
28/01/2021	2	CO-004	Amarillos	2.08	1.58	125	72.49	10.16	82.65
28/01/2021	2	CO-002	Blancos	5.71	4.99	2000	1888.94	31.11	1920.05
28/01/2021	2	CO-006	Negros	7.08	6.08	2300	2119.38	37.55	2156.93
29/01/2021	2	CO-007	Negros	8.00	7.67	2600	2493.88	32.55	2526.43
29/01/2021	1	CO-003	Rojos	7.21	6.22	2525	2367.06	21.75	2388.80
29/01/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	7.72	1800	1732.18	23.21	1755.39
29/01/2021	1	CO-006	Negros	4.77	4.71	1550	1489.56	18.75	1508.30
29/01/2021	1	CO-002	Blancos	6.06	5.81	2725	2617.24	28.11	2645.35
29/01/2021	1	CO-004	Rojos	7.81	6.79	625	577.30	19.87	597.17
29/01/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	4.17	2.86	250	134.87	19.60	154.48
30/01/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	7.15	1800	1707.37	23.88	1731.25
30/01/2021	2	CO-003	Verdes	6.63	5.72	1325	1227.62	17.42	1245.04
30/01/2021	2	CO-007	Negros	3.31	2.80	1075	967.07	23.28	990.35
30/01/2021	2	CO-006	Negros	6.54	5.56	2125	1941.38	31.44	1972.81
30/01/2021	2	CO-004	Amarillos	5.00	3.29	300	179.87	9.99	189.86
30/01/2021	1	CO-005	Amarillos	6.88	6.62	550	398.57	32.25	430.82
30/01/2021	2	CO-002	Blancos	6.55	6.08	3275	3133.45	31.87	3165.32
31/01/2021	1	CO-001	Aditivos	6.56	5.73	1475	1393.95	22.05	1416.00
31/01/2021	2	CO-003	Verdes	5.11	4.43	1150	1061.76	23.55	1085.30
31/01/2021	2	CO-003	Varios	3.64	3.16	1275	1175.04	26.71	1201.75
31/01/2021	1	CO-006	Negros	6.08	5.90	1975	1899.56	19.01	1918.57
31/01/2021	1	CO-001	Aditivos	5.06	4.92	2025	1938.68	35.68	1974.37
31/01/2021	1	CO-006	Negros	5.92	5.37	1925	1837.24	17.31	1854.55
31/01/2021	2	CO-007	Negros	6.62	6.00	2150	2042.39	34.26	2076.65
31/01/2021	1	CO-006	Negros	5.92	5.02	1925	1768.36	17.18	1785.53
31/01/2021	2	CO-003	Amarillos	6.44	5.38	1450	1290.00	19.93	1309.94
31/01/2021	1	CO-001	Aditivos	7.06	6.79	3000	2889.95	36.34	2926.30
31/01/2021	2	CO-006	Negros	7.90	7.48	1975	1896.42	15.23	1911.65
31/01/2021	1	CO-007	Negros	6.92	6.29	2250	2141.03	32.93	2173.96
31/01/2021	1	CO-006	Negros	5.46	4.95	1775	1688.48	25.65	1714.13
31/01/2021	2	CO-001	Aditivos	6.88	6.13	2925	2777.03	32.63	2809.66

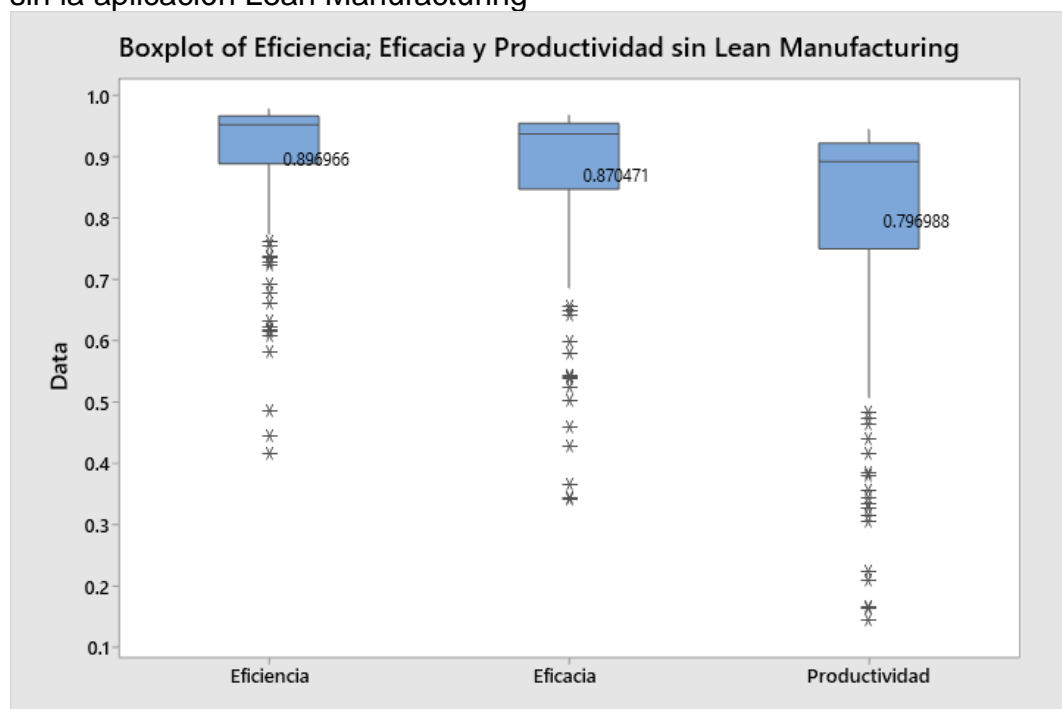
31/01/2021	2	CO-003	Amarillos	8.00	6.97	1800	1698.42	25.44	1723.86
31/01/2021	2	CO-003	Amarillos	7.11	6.16	1600	1506.38	22.05	1528.43
31/01/2021	1	CO-002	Blancos	5.06	4.38	2275	2130.50	36.47	2166.96
31/01/2021	2	CO-006	Negros	6.60	5.58	1650	1501.98	24.83	1526.82
31/01/2021	1	CO-007	Negros	6.92	5.76	2250	2009.89	29.69	2039.58
31/01/2021	2	CO-004	Amarillos	2.75	1.95	275	176.37	22.77	199.14
31/01/2021	2	CO-004	Amarillos	2.75	1.84	275	159.04	10.45	169.49

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla los datos de las ordenes de producción emitidas por cada máquina y turno durante el periodo del mes de enero del 2021.

Figura 73

Boxplot de la Eficiencia, Eficacia y Productividad del proceso de extrusión sin la aplicación Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la distribución de la información de la eficiencia, eficacia y productividad antes de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing.

La eficiencia promedio detectada es de 89.70%, es decir, que el 10.3% es considerado tiempo promedio improductivos que la empresa deja de producir por motivos de los desperdicios o actividades que no genera valor. La eficacia promedio detectada es de 87.05%, lo cual significa que, si se planean materiales y actividades para producir 100 kilogramos,

al final los 87 kilos están libres de defectos y los otros 13 kilos algunos se quedaron a lo largo del proceso por algún tipo de defecto. De esta manera, al multiplicar eficiencia por eficacia se tiene una productividad promedio de 79.70%, lo cual indica la oportunidad que existe en mejorar el proceso de extrusión mediante programas de mejora continua.

Tabla 20

Datos de las ordenes de producción de Masterbatch mes de agosto 2021

Fecha	Turno	Máquina	Familia	T. Plan. (hrs)	T. Real (hrs)	Prod. Plan. (kgs)	Prod. Real (kgs)	Scrap	Prod. Total (kgs)
2/08/2021	2	CO-002	Blancos	5.58	5.20	1675	1644.13	20.64	1664.78
2/08/2021	2	CO-006	Negros	7.00	5.98	2275	2035.19	7.66	2042.85
2/08/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	7.21	3200	3049.25	12.45	3061.70
2/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	6.95	2600	2393.97	11.67	2405.64
2/08/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	7.00	6.00	1925	1730.93	17.08	1748.01
2/08/2021	1	CO-005	Azules Y Violetas	7.92	6.37	475	366.12	16.36	382.48
2/08/2021	2	CO-004	Amarillos	7.25	5.15	725	703.20	20.53	723.73
3/08/2021	2	CO-006	Negros	8.00	6.94	2600	2389.18	13.01	2402.19
3/08/2021	1	CO-007	Negros	7.23	6.68	2350	2251.12	29.05	2280.16
3/08/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	7.15	3200	3016.90	11.49	3028.39
3/08/2021	1	CO-003	Verdes	5.22	4.32	1175	1065.16	13.99	1079.15
3/08/2021	2	CO-005	Negros	7.92	6.18	475	361.20	9.87	371.08
3/08/2021	1	CO-002	Blancos	8.00	7.04	2800	2621.43	22.15	2643.58
3/08/2021	1	CO-004	Amarillos	6.88	5.41	550	490.23	31.34	521.57
4/08/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	6.93	2600	2386.70	15.73	2402.43
4/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	7.11	2600	2439.28	5.21	2444.49
4/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.00	6.17	2450	2282.20	17.87	2300.07
4/08/2021	2	CO-004	Amarillos	7.25	5.51	725	671.83	24.96	696.79
4/08/2021	1	CO-006	Negros	7.00	6.06	2275	2086.45	8.89	2095.35
4/08/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	4.17	3.74	250	209.87	14.60	224.48
4/08/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	7.25	6.59	2900	2769.73	14.73	2784.45
5/08/2021	2	CO-007	Negros	7.00	6.04	2275	2072.82	13.94	2086.76
5/08/2021	2	CO-004	Amarillos	7.25	5.92	725	657.27	26.96	684.23
5/08/2021	1	CO-006	Negros	8.00	6.89	2600	2380.63	16.79	2397.42
5/08/2021	2	CO-003	Verdes	7.00	5.98	1575	1407.64	17.80	1425.44
5/08/2021	2	CO-002	Blancos	8.00	7.07	2800	2617.88	12.91	2630.79
5/08/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	7.05	2400	2235.12	19.22	2254.34
5/08/2021	1	CO-005	Azules Y Violetas	7.92	7.18	475	426.37	4.59	430.96
6/08/2021	2	CO-002	Blancos	8.00	7.93	2400	2357.35	30.94	2388.29
6/08/2021	2	CO-001	Aditivos	7.50	6.72	3000	2850.96	12.18	2863.14
6/08/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	7.50	6.68	3000	2815.50	18.11	2833.61

6/08/2021	2	CO-007	Negros	8.00	7.45	2600	2522.99	30.92	2553.91
6/08/2021	2	CO-004	Rojos	8.00	7.23	800	735.42	28.34	763.76
6/08/2021	1	CO-006	Negros	7.00	6.11	2275	2099.50	16.45	2115.94
6/08/2021	2	CO-005	Negros	7.50	7.22	450	412.99	20.39	433.39
9/08/2021	1	CO-005	Azules Y Violetas	2.92	2.78	175	161.81	5.14	166.95
9/08/2021	1	CO-006	Negros	8.00	6.96	2600	2398.62	11.04	2409.66
9/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	6.93	2600	2391.71	7.88	2399.59
9/08/2021	2	CO-004	Rojos	5.25	4.05	525	483.85	14.43	498.28
9/08/2021	2	CO-003	Verdes	7.00	5.94	1400	1254.98	13.71	1268.69
9/08/2021	2	CO-002	Blancos	6.75	6.29	2025	1976.99	32.26	2009.25
9/08/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	7.42	3200	3120.11	18.27	3138.38
10/08/2021	2	CO-006	Negros	8.00	6.87	2600	2364.53	12.29	2376.82
10/08/2021	2	CO-007	Negros	6.69	5.75	2175	1962.21	9.58	1971.78
10/08/2021	2	CO-004	Rojos	8.00	6.34	800	766.05	30.34	796.39
10/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.07	6.62	2475	2468.63	5.70	2474.33
10/08/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	8.00	7.28	3000	2879.86	15.05	2894.91
10/08/2021	2	CO-001	Aditivos	6.25	5.36	1875	1680.28	18.96	1699.24
10/08/2021	2	CO-005	Verdes	4.58	4.37	275	246.43	15.77	262.20
11/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	6.88	2600	2367.53	16.18	2383.72
11/08/2021	2	CO-006	Negros	8.00	7.05	2600	2417.82	16.07	2433.89
11/08/2021	2	CO-004	Amarillos	7.25	5.66	725	702.51	21.53	724.04
11/08/2021	1	CO-003	Verdes	5.50	4.63	1100	989.70	18.82	1008.52
11/08/2021	1	CO-002	Blancos	8.00	7.14	3200	3021.64	20.54	3042.18
11/08/2021	1	CO-001	Aditivos	4.85	4.10	1575	1410.42	19.36	1429.79
11/08/2021	2	CO-005	Verdes	7.00	5.87	350	280.29	13.12	293.41
12/08/2021	1	CO-004	Amarillos	6.88	5.07	550	536.07	13.25	549.32
12/08/2021	2	CO-007	Negros	7.00	6.12	2275	2115.53	5.99	2121.53
12/08/2021	1	CO-006	Negros	8.00	6.97	2600	2412.44	14.96	2427.40
12/08/2021	1	CO-005	Verdes	3.44	3.16	275	224.70	28.28	252.98
12/08/2021	2	CO-003	Verdes	3.13	2.59	1250	1131.75	18.26	1150.01
12/08/2021	2	CO-002	Blancos	3.74	3.33	1308	1173.53	23.02	1196.55
12/08/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	6.97	2600	2408.40	10.77	2419.17
13/08/2021	2	CO-006	Negros	7.00	6.05	2275	2081.93	16.94	2098.87
13/08/2021	1	CO-004	Rojos	7.81	6.01	625	605.42	16.87	622.29
13/08/2021	1	CO-003	Rojos	4.33	3.57	975	883.56	16.93	900.49
13/08/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	6.33	5.90	475	427.36	14.78	442.14
13/08/2021	1	CO-002	Blancos	8.00	7.12	2800	2637.14	28.76	2665.89
13/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	7.06	2600	2428.17	10.13	2438.29
13/08/2021	1	CO-001	Aditivos	6.69	6.03	2175	2057.79	24.62	2082.41
16/08/2021	1	CO-004	Rojos	7.81	4.85	625	602.30	14.87	617.17
16/08/2021	2	CO-006	Negros	7.00	6.01	2275	2056.09	14.94	2071.03
16/08/2021	2	CO-001	Aditivos	7.00	6.29	2975	2816.45	15.80	2832.25
16/08/2021	2	CO-005	Verdes	7.50	7.43	450	425.96	20.03	445.99
16/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.00	6.15	2450	2283.76	18.85	2302.61
16/08/2021	2	CO-007	Negros	7.00	6.03	2275	2083.25	5.89	2089.14
16/08/2021	1	CO-001	Aditivos	7.46	6.92	2425	2339.77	19.57	2359.34
17/08/2021	1	CO-004	Rojos	4.06	3.00	325	306.89	18.03	324.92
17/08/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	7.16	3400	3214.25	11.11	3225.36

17/08/2021	1	CO-006	Negros	6.25	5.67	500	428.65	25.27	453.92
17/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.00	5.99	2450	2207.99	20.89	2228.87
17/08/2021	2	CO-005	Varios	7.92	7.59	475	451.53	3.73	455.26
17/08/2021	2	CO-007	Negros	8.00	6.90	2600	2371.46	16.30	2387.76
17/08/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	7.00	6.01	1925	1717.35	14.19	1731.54
18/08/2021	2	CO-001	Aditivos	7.00	6.15	2275	2111.04	15.91	2126.95
18/08/2021	2	CO-002	Blancos	8.00	7.85	3200	3157.05	23.99	3181.04
18/08/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	7.09	6.71	1950	1916.45	13.52	1929.97
18/08/2021	1	CO-004	Amarillos	6.25	5.02	500	453.44	40.85	494.28
18/08/2021	1	CO-005	Verdes	5.50	4.80	275	227.20	12.66	239.86
18/08/2021	2	CO-006	Negros	7.00	6.08	2275	2090.78	11.48	2102.26
18/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	6.88	2600	2372.10	9.00	2381.11
19/08/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	7.15	3400	3212.58	13.08	3225.66
19/08/2021	1	CO-002	Blancos	6.22	5.67	2800	2667.22	28.67	2695.89
19/08/2021	2	CO-003	Amarillos	8.00	7.04	2800	2602.73	16.14	2618.86
19/08/2021	1	CO-004	Amarillos	5.00	4.10	500	445.14	10.46	455.61
19/08/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	8.00	6.49	600	461.57	25.54	487.11
19/08/2021	2	CO-006	Negros	7.00	6.09	2275	2110.64	5.94	2116.57
19/08/2021	2	CO-007	Negros	8.00	6.93	2600	2388.70	12.80	2401.50
20/08/2021	2	CO-007	Negros	7.08	6.82	2300	2260.64	24.49	2285.12
20/08/2021	2	CO-006	Negros	6.54	6.15	2125	2042.15	26.62	2068.76
20/08/2021	2	CO-003	Rojos	7.08	6.42	2300	2176.78	27.02	2203.80
20/08/2021	1	CO-004	Amarillos	3.44	2.56	275	257.94	12.29	270.23
20/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.33	6.28	2200	1975.50	14.29	1989.79
20/08/2021	1	CO-001	Aditivos	7.00	6.03	2275	2058.76	14.17	2072.92
20/08/2021	2	CO-005	Verdes	5.71	5.36	400	368.03	7.48	375.51
23/08/2021	2	CO-007	Negros	7.00	6.01	2275	2071.06	9.19	2080.24
23/08/2021	1	CO-006	Negros	8.00	7.04	2600	2424.51	7.67	2432.18
23/08/2021	1	CO-005	Azules Y Violetas	4.58	4.57	275	252.98	21.39	274.37
23/08/2021	2	CO-004	Azules Y Violetas	6.33	5.92	475	423.67	20.57	444.24
23/08/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	8.00	6.87	2000	1784.13	19.49	1803.62
23/08/2021	1	CO-002	Blancos	8.00	6.96	2800	2576.70	19.85	2596.55
23/08/2021	2	CO-001	Aditivos	8.00	7.98	3400	3365.39	28.01	3393.40
24/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	7.12	2600	2444.21	6.40	2450.61
24/08/2021	2	CO-006	Negros	7.00	6.03	2275	2052.27	16.64	2068.92
24/08/2021	1	CO-005	Verdes	2.92	2.71	175	155.03	7.59	162.62
24/08/2021	1	CO-004	Amarillos	5.00	3.62	500	475.71	8.46	484.17
24/08/2021	2	CO-003	Rojos	5.56	4.99	1250	1168.45	18.72	1187.17
24/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.00	6.10	2450	2267.52	12.06	2279.58
24/08/2021	2	CO-001	Aditivos	7.00	6.09	2450	2250.46	16.00	2266.46
25/08/2021	2	CO-007	Negros	8.00	7.48	2600	2571.59	26.09	2597.68
25/08/2021	2	CO-006	Negros	7.08	6.39	2300	2165.57	31.09	2196.66
25/08/2021	1	CO-005	Rojos	5.25	3.98	525	503.76	10.87	514.62
25/08/2021	1	CO-004	Amarillos	5.00	3.69	500	473.18	26.50	499.68
25/08/2021	1	CO-003	Rojos	8.00	6.23	800	749.55	13.09	762.64
25/08/2021	1	CO-002	Blancos	3.00	2.43	1050	962.56	11.68	974.24
25/08/2021	1	CO-001	Aditivos	6.08	5.53	1975	1889.26	19.35	1908.61

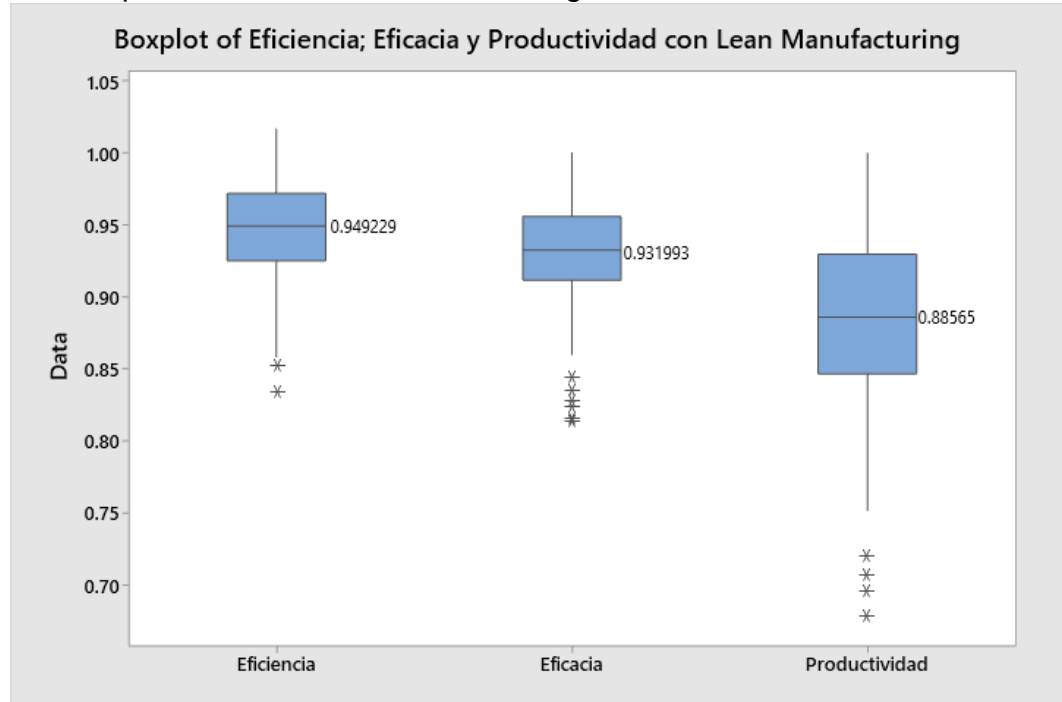
26/08/2021	2	CO-004	Rojos	7.00	5.43	700	657.36	7.66	665.02
26/08/2021	2	CO-003	Rojos	8.00	6.31	800	750.21	20.62	770.84
26/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.08	7.05	2125	2103.00	21.61	2124.61
26/08/2021	1	CO-001	Blancos	8.00	6.88	2400	2176.55	15.76	2192.31
26/08/2021	2	CO-005	Rojos	4.75	3.62	475	452.60	6.76	459.36
26/08/2021	1	CO-007	Negros	7.46	6.98	2425	2403.83	20.67	2424.50
26/08/2021	2	CO-006	Negros	5.46	4.98	1775	1689.96	18.23	1708.19
27/08/2021	1	CO-004	Amarillos	3.50	2.71	350	318.63	22.75	341.38
27/08/2021	1	CO-003	Amarillos	3.75	3.02	375	337.79	10.66	348.45
27/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.00	6.00	2100	1882.76	6.86	1889.62
27/08/2021	2	CO-001	Blancos	5.25	4.45	1575	1415.17	22.01	1437.18
27/08/2021	1	CO-005	Verdes	3.44	2.78	275	205.58	16.69	222.27
27/08/2021	2	CO-007	Negros	8.00	7.46	2600	2563.31	31.50	2594.81
27/08/2021	2	CO-006	Negros	8.00	7.37	2600	2491.29	25.86	2517.15
28/08/2021	2	CO-006	Negros	8.00	7.29	2000	1899.59	28.57	1928.16
28/08/2021	2	CO-002	Blancos	6.75	6.09	2025	1908.43	26.54	1934.96
28/08/2021	1	CO-003	Rojos	4.67	3.85	1050	951.16	15.66	966.82
28/08/2021	1	CO-004	Rojos	3.44	2.79	775	709.18	19.17	728.35
28/08/2021	1	CO-005	Rojos	3.93	3.50	1375	1246.45	14.33	1260.78
28/08/2021	2	CO-002	Aditivos	8.00	7.42	3400	3277.44	19.54	3296.98
28/08/2021	1	CO-001	Aditivos	8.00	7.31	3400	3267.26	13.49	3280.75
29/08/2021	2	CO-004	Azules Y Violetas	1.33	1.26	100	89.02	5.59	94.61
29/08/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	2.92	2.73	175	153.17	10.71	163.87
29/08/2021	1	CO-003	Amarillos	8.00	6.82	1800	1612.52	10.82	1623.34
29/08/2021	2	CO-002	Aditivos	7.00	6.29	2975	2811.49	14.07	2825.56
29/08/2021	2	CO-001	Aditivos	7.00	6.24	2975	2782.54	19.88	2802.42
29/08/2021	1	CO-006	Negros	8.00	6.98	2600	2404.96	10.75	2415.71
29/08/2021	2	CO-007	Negros	8.00	7.46	2600	2568.20	31.42	2599.62
30/08/2021	2	CO-004	Azules Y Violetas	2.92	2.77	175	155.40	10.54	165.94
30/08/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	6.25	5.54	375	323.84	8.83	332.67
30/08/2021	1	CO-003	Rojos	6.33	5.19	950	862.14	15.97	878.12
30/08/2021	1	CO-001	Aditivos	6.08	5.73	1975	1884.32	14.64	1898.97
30/08/2021	2	CO-002	Aditivos	8.00	7.16	3400	3213.63	15.67	3229.30
30/08/2021	2	CO-006	Negros	8.00	7.43	2000	1916.21	25.92	1942.13
30/08/2021	1	CO-007	Negros	8.00	7.15	2600	2443.88	18.38	2462.26
31/08/2021	1	CO-006	Negros	8.00	7.03	2600	2417.78	12.35	2430.13
31/08/2021	2	CO-003	Azules Y Violetas	8.00	7.47	2200	2096.94	27.56	2124.50
31/08/2021	1	CO-003	Azules Y Violetas	8.00	7.38	2200	2093.19	23.01	2116.20
31/08/2021	2	CO-005	Azules Y Violetas	8.00	7.24	2200	2090.35	26.10	2116.45
31/08/2021	1	CO-004	Amarillos	6.25	4.52	500	485.52	10.85	496.37
31/08/2021	2	CO-002	Blancos	7.07	6.58	2475	2406.01	31.68	2437.69
31/08/2021	2	CO-006	Negros	8.00	7.30	2000	1910.61	27.31	1937.92
31/08/2021	1	CO-001	Blancos	6.71	6.06	2350	2230.14	26.78	2256.92
31/08/2021	2	CO-007	Negros	8.00	7.20	2600	2464.12	31.41	2495.53
31/08/2021	2	CO-003	Rojos	4.67	3.70	700	648.54	17.28	665.82
31/08/2021	1	CO-005	Verdes	5.50	5.23	275	239.12	22.16	261.28

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla los datos de las ordenes de producción emitidas por cada máquina y turno durante el periodo del mes de agosto del 2021.

Figura 74

Boxplot de la Eficiencia, Eficacia y Productividad del proceso de extrusión con la aplicación de Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración propia.

Nota. En esta figura se observa la distribución de la información de la eficiencia, eficacia y productividad después de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing.

La eficiencia promedio detectada es de 94.92%, es decir, que el 5.08% es considerado tiempo promedio improductivos que la empresa deja de producir por motivos de los desperdicios o actividades que no genera valor. La eficacia promedio detectada es de 93.20%, lo cual significa que, si se planean materiales y actividades para producir 100 kilogramos, al final los 93 kilos están libres de defectos y los otros 7 kilos algunos se quedaron a lo largo del proceso por algún tipo de defecto. De esta manera, al multiplicar eficiencia por eficacia se tiene una productividad promedio de

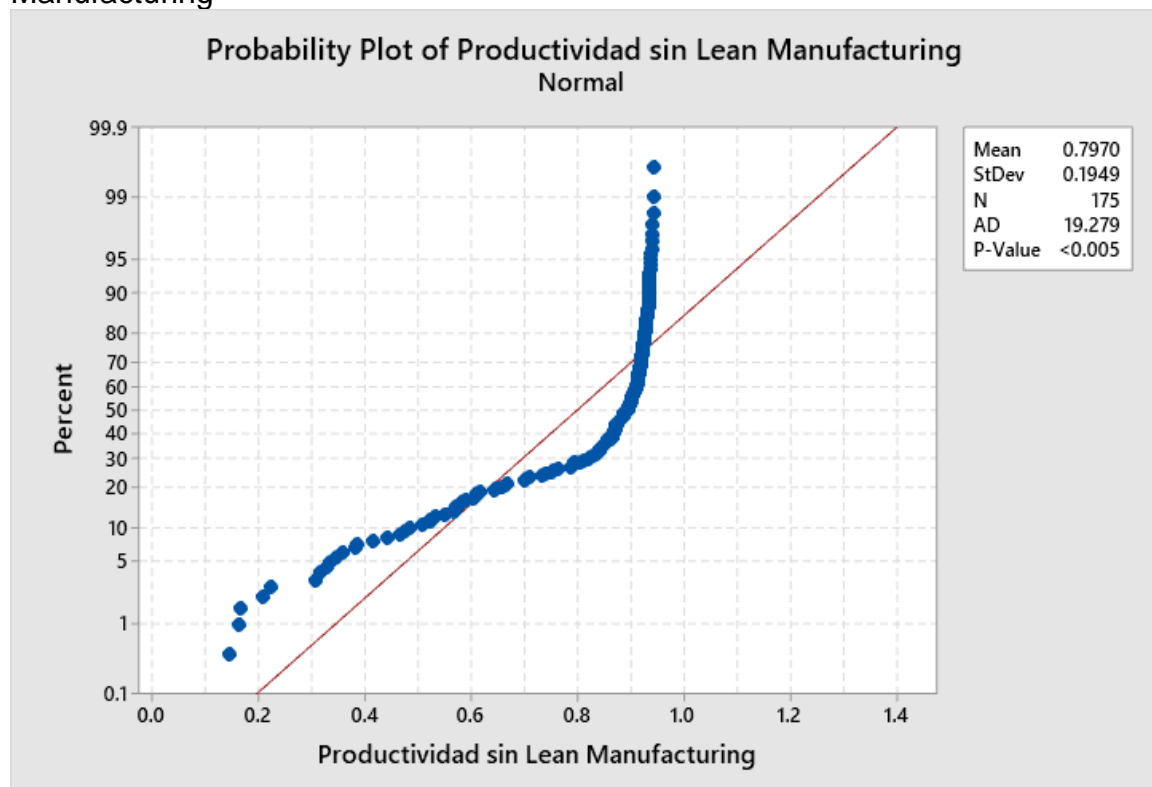
88.56%, lo cual indica la oportunidad que existe en mejorar el proceso de extrusión mediante programas de mejora continua.

5.2.RESULTADOS INFERENCIALES

A continuación, se realizarán los cálculos de normalidad y de varianza para cada uno de los indicadores.

Figura 75

Gráfica de Normalidad de Productividad antes de la aplicación de Lean Manufacturing

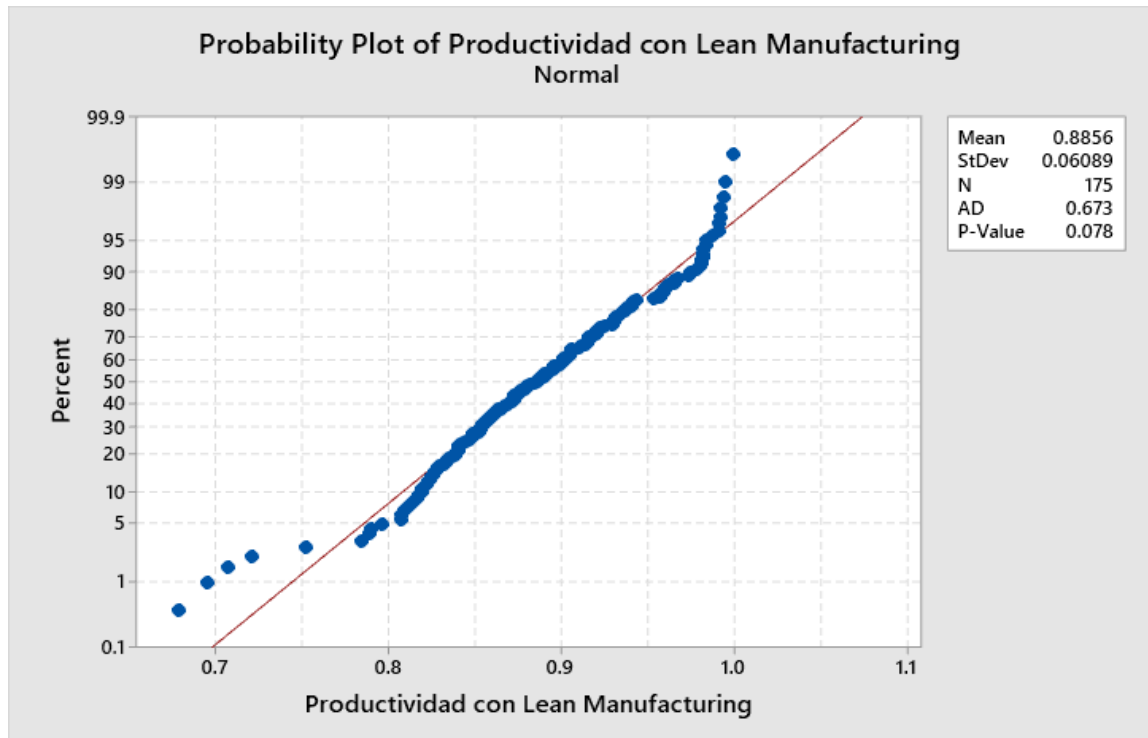


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que los datos obtenidos de la productividad antes de la aplicación de Lean Manufacturing no cumplen con la normalidad, debido a que valor p es menor a 0.05.

Figura 76

Gráfica de Normalidad de Productividad después de la aplicación de Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que los datos obtenidos de la productividad después de la aplicación de Lean Manufacturing cumplen con la normalidad, debido a que valor p es mayor a 0.05.

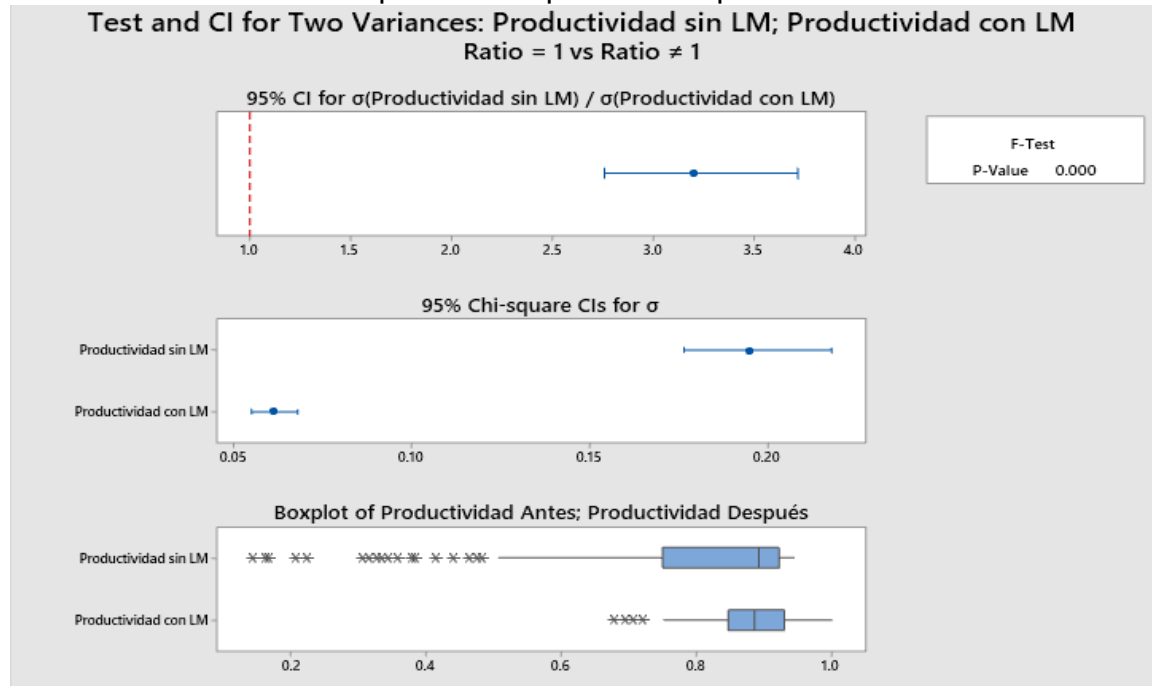
La productividad sin Lean Manufacturing no cumple con la distribución normal debido a las fallas en el proceso de extrusión y la productividad con Lean Manufacturing se cumplen con la distribución normal debido a que se reduzco las fallas. Procedimos con el análisis de las 2 varianzas de las dos muestras para determinar lo siguiente:

- Determinar si las varianzas o las desviaciones estándar de las dos muestras difieren (antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing).
- Calcular un rango de valores que probablemente incluya la relación de población de las varianzas o las desviaciones estándar de las dos muestras (antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing).

La prueba de 2 varianzas nos será útil para para comparar la varianza de la productividad antes y después aplicar Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch.

Figura 77

Prueba de Varianzas independiente aplicada a la productividad

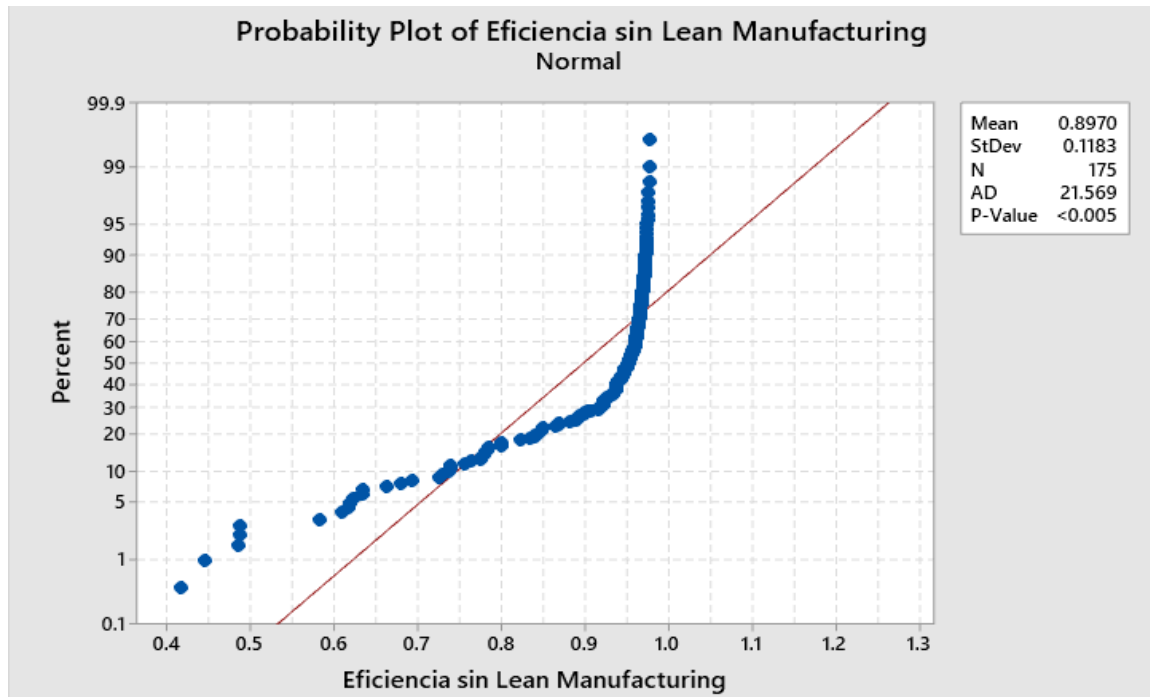


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que las varianzas de los datos obtenidos de la productividad antes y después son diferentes, debido a que valor p es menor que 0.05.

Figura 78

Gráfica de Normalidad de Eficiencia antes de la aplicación de Lean Manufacturing



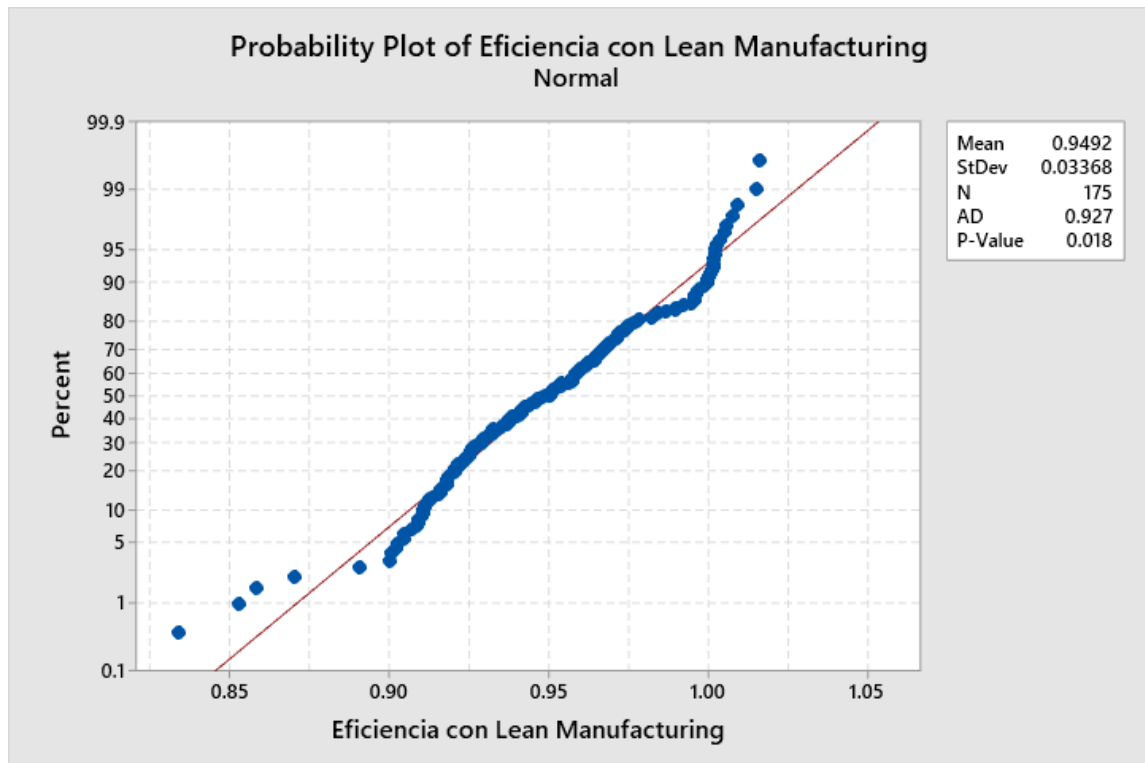
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que los datos obtenidos de la eficiencia antes de la aplicación de Lean Manufacturing no cumple con la normalidad, debido a que valor p es menor a 0.05.

Este fenómeno de la no distribución normal es debido a muchos eventos atípicos que suceden día a día en producción. Sin aplicar Lean Manufacturing hemos notado que existe mucha incertidumbre de lo que nos esperar en la producción de Masterbatch, es por ello que requiere acciones de mejoras para mantener una producción esbelta libres de defectos sin paradas de máquinas o por fallas en el proceso.

Figura 79

Gráfica de Normalidad de Eficiencia después de la aplicación de Lean Manufacturing



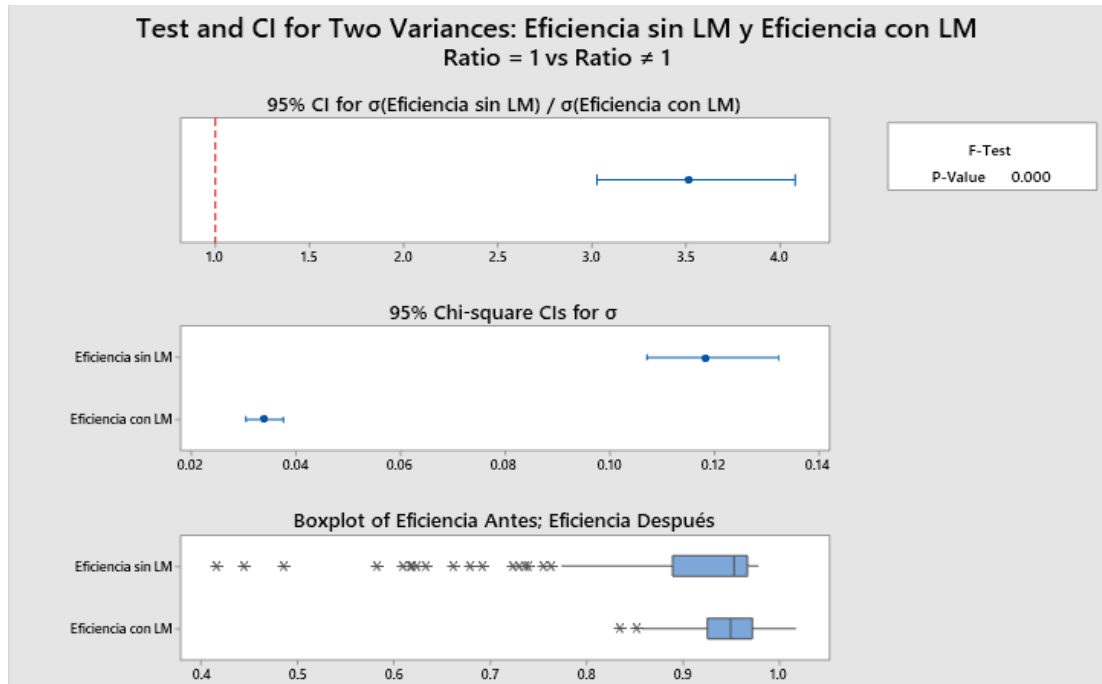
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que los datos obtenidos de la eficiencia después de la aplicación de Lean Manufacturing no cumple con la normalidad, debido a que valor p es menor a 0.05.

A comparación del anterior análisis de la eficiencia sin aplicación de Lean Manufacturing, este resultado actual de la eficiencia representa un estado de mejora en el cual poco a poco se está reduciendo esos eventos atípicos por fallas en el proceso. El valor p está cerca al límite 0.05.

Figura 80

Prueba de Varianzas independiente aplicada a la Eficiencia

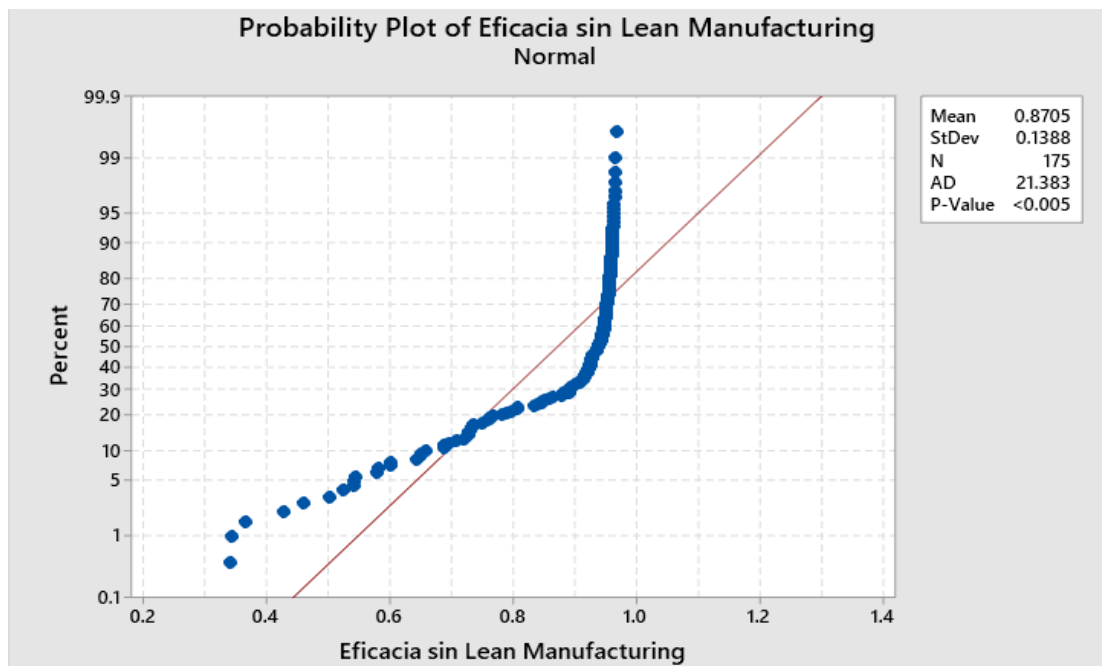


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que las varianzas de los datos obtenidos de la eficiencia antes y después son diferentes, debido a que valor p es menor que 0.05.

Figura 81

Gráfica de Normalidad de Eficacia antes de la aplicación de Lean Manufacturing

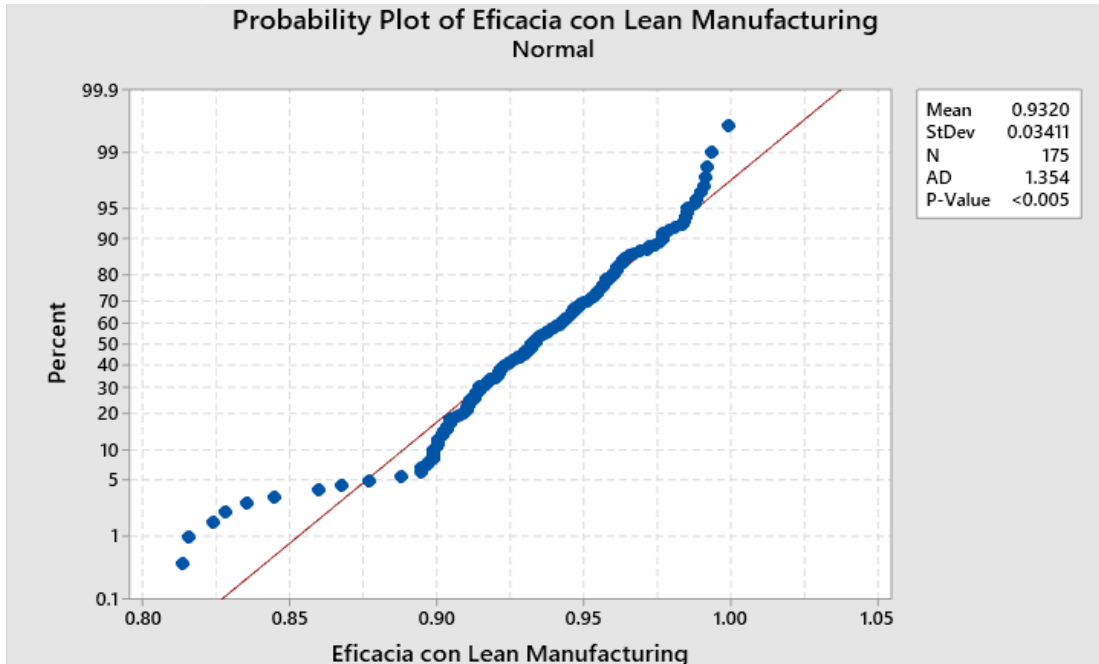


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que los datos obtenidos de la eficacia antes de la aplicación de Lean Manufacturing no cumple con la normalidad, debido a que valor p es menor a 0.05.

Figura 82

Gráfica de Normalidad de Eficacia después de la aplicación de Lean Manufacturing

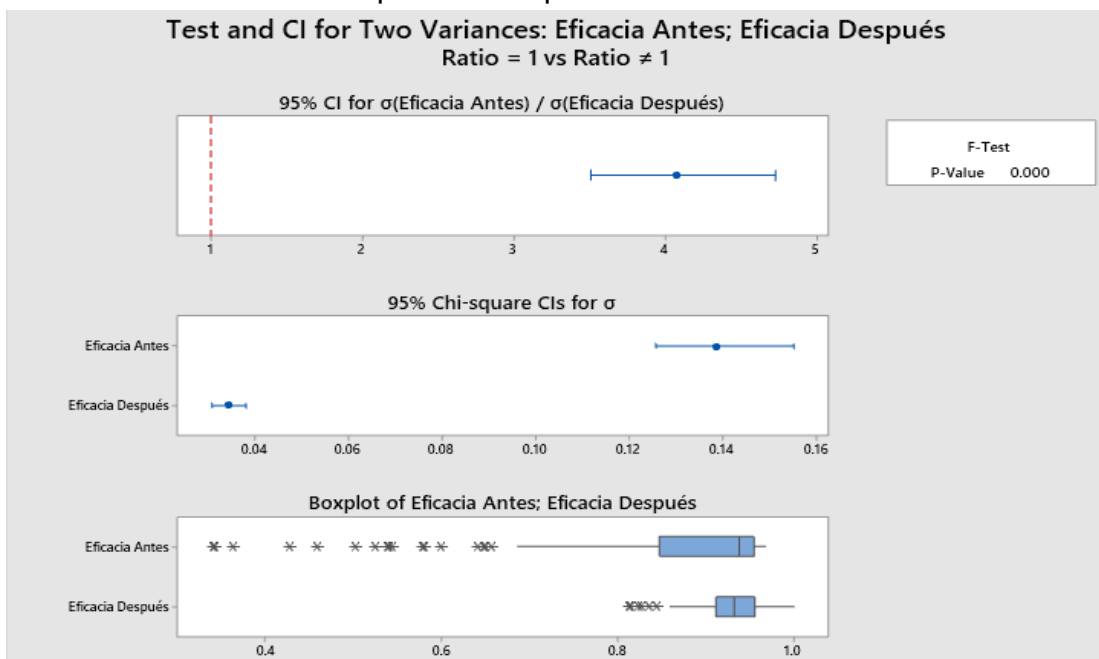


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que los datos obtenidos de la eficacia después de la aplicación de Lean Manufacturing no cumple con la normalidad, debido a que valor p es menor a 0.05.

Figura 83

Prueba de Varianzas independiente aplicada a la Eficacia



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa que las varianzas de los datos obtenidos de la eficacia antes y después son diferentes, debido a que valor p es menor que 0.05.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1.CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS.

6.1.1. Prueba de hipótesis de la Productividad Antes y Después de la Implementación Lean Manufacturing

H0: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa positivamente la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

H1: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa positivamente la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

Tabla 21

Método de Hipótesis 2 muestras de la Productividad Antes y Después

μ_1 : mean of Productividad Antes

μ_2 : mean of Productividad Después

Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra la comparación de las dos medias de la productividad Antes y Después de la implementación Lean Manufacturing de manera independiente mes a mes.

Tabla 22

Estadística Descriptiva de la Productividad Antes y Después

Descripción	N	Promedio	DesvSt	SE Promedio
Productividad Antes	175	0.7970	0.1950	0.0150
Productividad Después	175	0.8856	0.0609	0.0046

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra el resultado del promedio y la desviación estándar de cada muestra. Logramos apreciar que el escenario "Productividad Antes" tiene un promedio menor que "Productividad Después" y con mucha desviación estándar, lo que indica que el proceso antes de la implementación Lean Manufacturing se encontraba inestable.

Tabla 23

Prueba de Hipótesis 2 muestras de la Productividad Antes y Después

Hipótesis Nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis Alternativa	$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$	
T – Value	DF	P – Value
-5.74	207	0.000

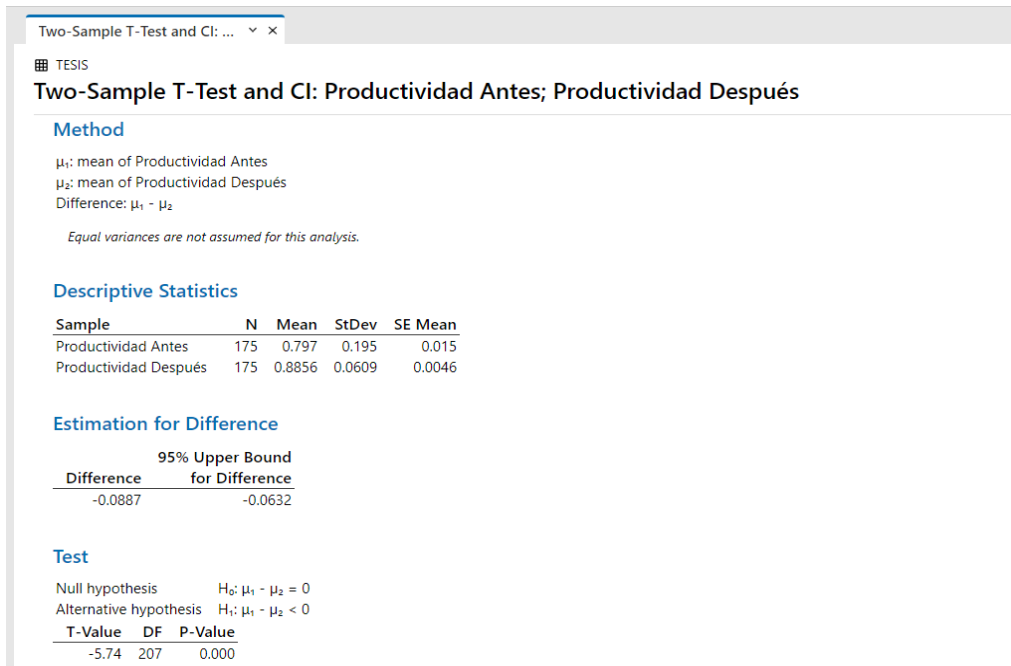
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra la prueba de hipótesis de 2 muestras de la Productividad Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch.

Para este análisis el valor de p es menor a 0.05, lo que indica que H_0 se rechaza y que se acepta H_a , por lo tanto, se concluye que la “productividad después” de la aplicación de Lean Manufacturing tuvo un impacto significativo.

Figura 84

Prueba de hipótesis 2 muestras en Minitab de la Productividad Antes y Después

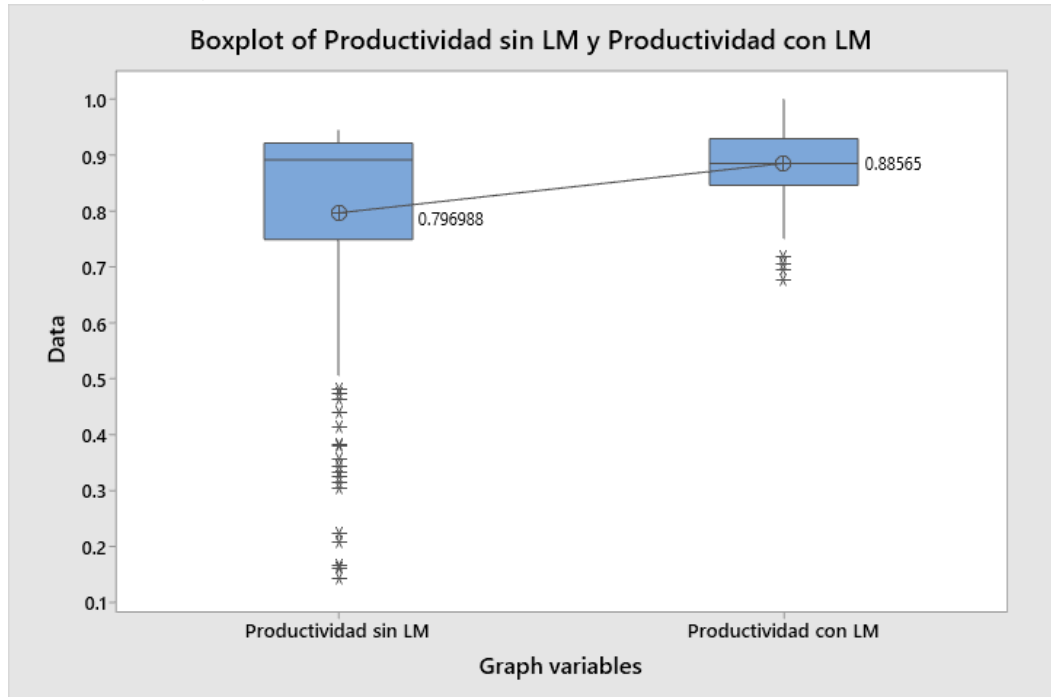


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se muestra el resultado de la prueba de hipótesis de 2 muestras de la productividad representado en el software estadístico Minitab.

Figura 85

Boxplot de la Productividad Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la comparación de la productividad antes y después de la implementación del Lean Manufacturing en el proceso de extrusión. La "productividad sin LM" tiene un promedio 79.70% y la "productividad" con LM un 88.56%; logrando así un incremento de la productividad en 8.86%.

6.1.2. Prueba de hipótesis de la Eficiencia Antes y Después de la Implementación Lean Manufacturing

1H0: La aplicación de Lean Manufacturing no incrementa positivamente la Eficiencia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

1H1: La aplicación de Lean Manufacturing incrementa positivamente la Eficiencia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

Tabla 24

Método de Hipótesis 2 muestras de la Eficiencia Antes y Después

μ_1 : mean of Eficiencia Antes
μ_2 : mean of Eficiencia Después
Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra la comparación de las dos medias de la Eficiencia Antes y Después de la implementación Lean Manufacturing de manera independiente mes a mes.

Tabla 25

Estadística Descriptiva de la Eficiencia Antes y Después

Descripción	N	Promedio	DesvSt	SE Promedio
Eficiencia Antes	175	0.8970	0.1180	0.0089
Eficiencia Después	175	0.9492	0.0337	0.0025

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra el resultado del promedio y la desviación estándar de cada muestra. Logramos apreciar que el escenario “Eficiencia Antes” tiene un promedio menor que “Eficiencia Después” y con mucha desviación estándar, lo que indica que el proceso antes de la implementación Lean Manufacturing se encontraba inestable.

Tabla 26

Prueba de Hipótesis 2 muestras de la Eficiencia Antes y Después

Hipótesis Nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis Alternativa	$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$	
T – Value	DF	P – Value
-5.62	202	0.000

Fuente: Elaboración propia.

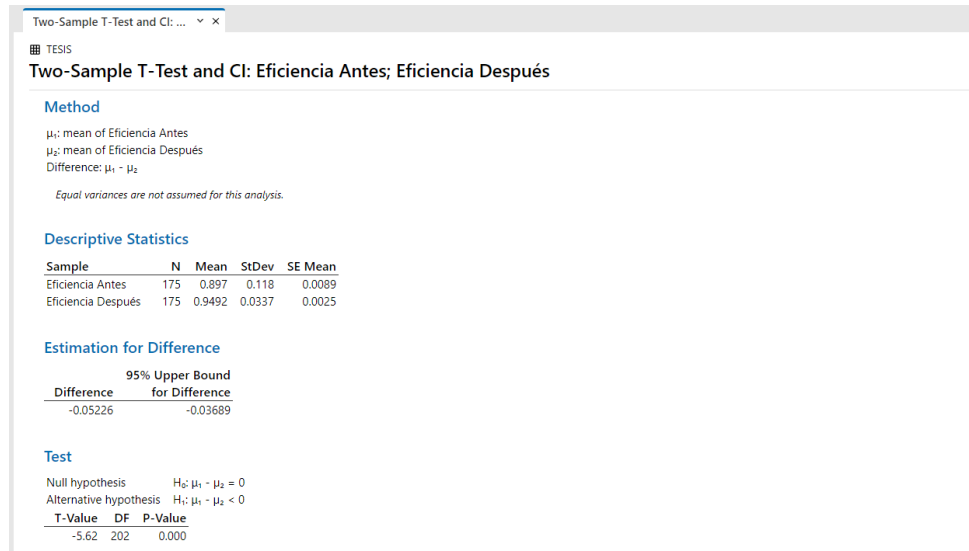
Nota: En esta tabla se muestra la prueba de hipótesis de 2 muestras de la Eficiencia Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch.

Para este análisis el valor de p es menor a 0.05, lo que indica que H_0 se rechaza y que se acepta H_a , por lo tanto, se concluye que la

“eficiencia después” de la aplicación de Lean Manufacturing tuvo un impacto significativo.

Figura 86

Prueba de hipótesis 2 muestras en Minitab de la Eficiencia Antes y Después

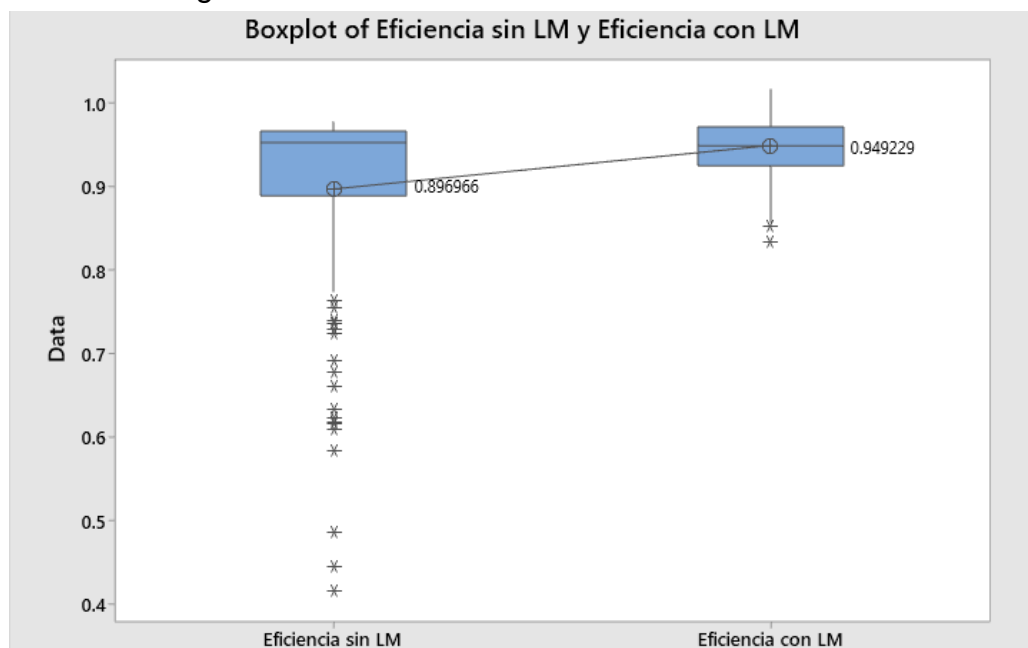


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se muestra el resultado de la prueba de hipótesis de 2 muestras de la eficiencia representado en el software estadístico Minitab.

Figura 87

Boxplot de la Eficiencia Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la comparación de la eficiencia antes y después de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en el proceso de extrusión. La “eficiencia antes” tiene un promedio 89.70% y la “eficiencia después” un 94.92%; logrando así un incremento de la eficiencia en 5.22%.

6.1.3. Prueba de hipótesis de la Eficacia Antes y Después de la Implementación Lean Manufacturing

2H0: La aplicación Lean Manufacturing no incrementa positivamente la Eficacia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

2H1: La aplicación Lean Manufacturing incrementa positivamente la Eficacia en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.

Tabla 27

Método de Hipótesis 2 muestras de la Eficacia Antes y Después

μ_1 : mean of Eficacia Antes
 μ_2 : mean of Eficacia Después
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra la comparación de las dos medias de la Eficacia Antes y Después de la implementación Lean Manufacturing de manera independiente mes a mes.

Tabla 28

Estadística Descriptiva de la Eficacia Antes y Después

Descripción	N	Promedio	DesvSt	SE Promedio
Eficacia Antes	175	0.8700	0.139	0.0100
Eficacia Después	175	0.9320	0.0341	0.0026

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta tabla se muestra el resultado del promedio y la desviación estándar de cada muestra. Logramos apreciar que el escenario “Eficiencia Antes” tiene un promedio menor que “Eficiencia Después” y con mucha desviación

estándar, lo que indica que el proceso antes de la implementación Lean Manufacturing se encontraba inestable.

Tabla 29

Prueba de Hipótesis 2 muestras de la Eficacia Antes y Después

Hipótesis Nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis Alternativa	$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$	
T – Value	DF	P – Value
-5.69	194	0.000

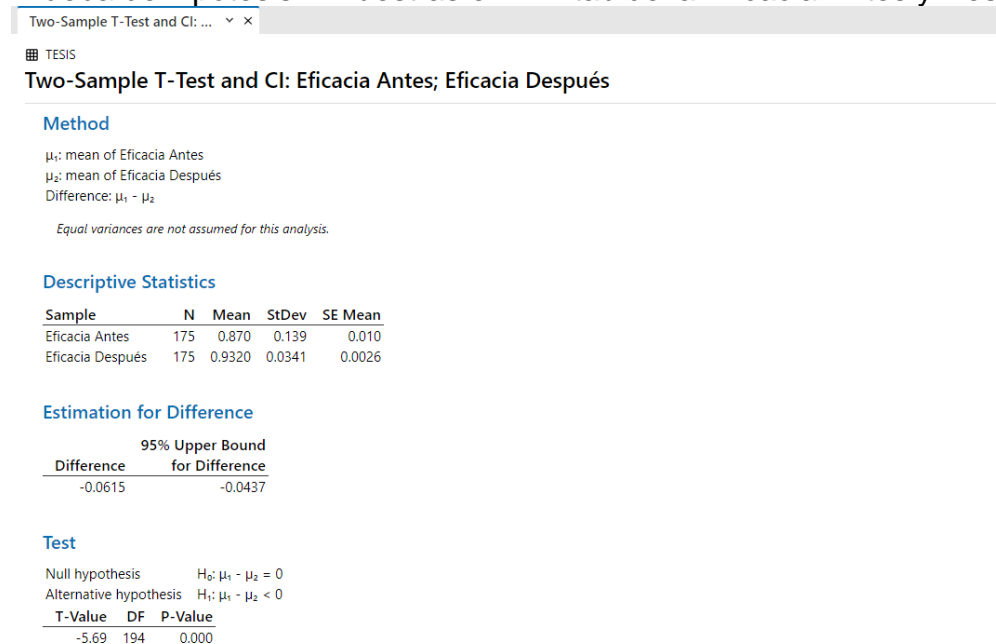
Fuente: Elaboración propia.

Nota. En esta tabla se muestra la prueba de hipótesis de 2 muestras de la Eficacia Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch.

Para este análisis el valor de p es menor a 0.05, lo que indica que H_0 se rechaza y que se acepta H_a , por lo tanto, se concluye que la “eficacia después” de la aplicación de Lean Manufacturing tuvo un impacto significativo.

Figura 88

Prueba de hipótesis 2 muestras en Minitab de la Eficacia Antes y Después

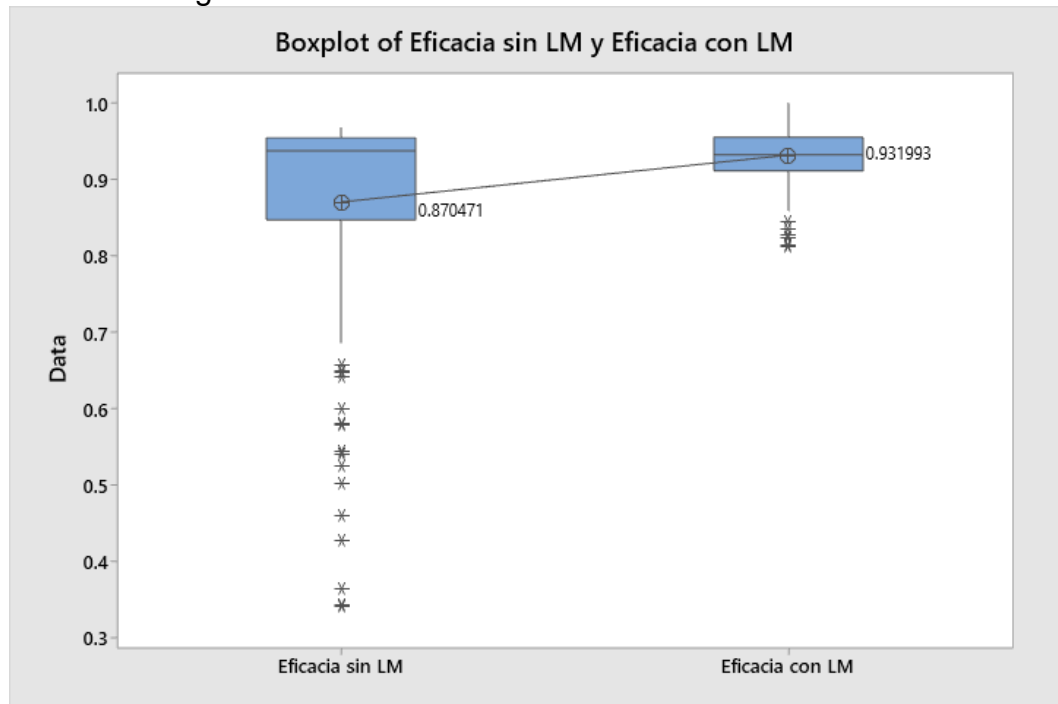


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se muestra el resultado de la prueba de hipótesis de 2 muestras de la eficacia representado en el software estadístico Minitab.

Figura 89

Boxplot de la Eficacia Antes y Después de la aplicación de Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta figura se observa la comparación de la eficiencia antes y después de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en el proceso de extrusión. La "eficacia antes" tiene un promedio 87.05% y la "eficacia después" un 93.20%; logrando así un incremento de la eficiencia en 6.15%.

6.2.CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.

De acuerdo con el análisis de resultados y la información brindada por diversos autores y expertos en la materia, revisaremos cada una de nuestras hipótesis, a fin de constatar nuestros resultados con la información obtenida.

Los resultados obtenidos y expresados en el presente proyecto de investigación, presenta afinidad con los estudios y análisis de los investigadores

HUALLA Palo, Rody N. y CÁRDENAS Álvarez, Carlos (2017), en la mejora de procesos en el área de mezclado y molienda en una empresa de manufactura de tubosistemas PVC y PEAD aplicando Lean Manufacturing. El autor considero la aplicación de la cultura 5S para la disminución de los tiempos de tránsito de los materiales y herramientas en las actividades del área; el TPM para reducción de las averías y aumento de la disponibilidad de la máquina; y el método SMED para reducir los tiempos de limpieza por cambio de producto. Finalmente, los beneficios que se obtuvieron fue mejorar la productividad y una mayor rentabilidad.

El trabajo de investigación se concuerda con el realizado por: MELÉNDEZ Rodríguez, Diego M. (2017), que realizó un proyecto de aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la producción de hojas de planta lija en la empresa QROMA S.A. En este contexto el autor implementó el VSM para identificar las actividades que no genera valor y determinar el ritmo de producción (takt time). Finalmente se propuso 2 acciones de mejoras para mejorar la producción.

En el estudio y análisis realizado, se halla concordancia con el proyecto de investigación por SASCÓ Blanco, Sharon G. (2019), que en el análisis y propuesta de mejora aplicando herramientas de Lean Manufacturing en la línea de acabados de la construcción en una empresa fabricantes de productos de plásticos, resulta ser de gran importancia ya que lograron obtener un ahorro significativo en el lucro cesante por medio del desarrollo SMED en la reducción de tiempos por preparación de máquina, 5S junto con el mantenimiento autónomo

para mejorar la cultura, el ambiente de trabajo y compromiso de los operarios. Además, un sistema Andón para tener una visión panorámica de lo que sucede en cada puesto de trabajo.

El trabajo de investigación se concuerda con el realizado por: ARROYO Paredes, Nelson A. (2018), que realizó el proyecto de implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa metalmeccánica. En este contexto el autor implementó el SMED para reducir los tiempos del set-up del proceso Roll Forming; implementó la estandarización de operaciones para mejorar la calidad en el proceso granalla y la implementación del JIT para eliminar la sobreproducción y los niveles altos de inventarios.

6.3. RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES

De acuerdo con el cumplimiento de los reglamentos vigentes, estatutos declarados por la universidad y la ética profesional de los autores de la presente investigación en mutuo acuerdo, nos responsabilizamos por toda la información proporcionada en este trabajo, garantizando la fiabilidad y la veracidad de los datos y las conclusiones vertidas de acuerdo con los procesos inferenciales. De este modo queremos contribuir con la comunidad académica en el sector del plástico, respetando los acuerdos implícitos y explícitos propios de un proyecto de investigación.

CONCLUSIONES

Así mismo de acuerdo a los resultados obtenidos durante la investigación se puede señalar las siguientes conclusiones:

En conclusión, al aplicar la herramienta Value Stream Mapping - VSM, la cultura de la 5S y la técnica SMED se logró mejorar la productividad de un escenario inicial del 79.70% y al finalizar con una productividad del 88.56%. De forma descriptiva y estadística queda demostrado que la aplicación del Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch incrementó la productividad en un 8.86%, siendo su impacto muy beneficioso para la empresa, tal como se explica en el capítulo 5, se justifica debido a que se generó un ahorro en el daño emergente en un \$65,625.00, con una inversión mínima de \$3,036.00, obteniendo así un ahorro total general de \$62,589.00.

Asimismo, la aplicación de la técnica SMED logró reducir los tiempos de limpieza de máquina por cambio de color en un 28%. Tras el análisis de la eficiencia, se observa al inicio un 89.70% y al finalizar la aplicación del SMED se obtuvo una eficiencia del 94.92%. De forma descriptiva y estadística queda demostrado que la aplicación del Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch incrementó la eficiencia en un 5.22%.

De igual forma, al aplicar la cultura de la 5S se logró incrementar los criterios de éxitos de las auditorías al 100%. Tras análisis de la eficacia, se observa al inicio un 87.05% y al finalizar la aplicación de la cultura 5S se obtuvo una eficacia del 93.20%. De forma descriptiva y estadística queda demostrado que la aplicación del

Lean Manufacturing en el área de producción de Masterbatch incrementó la eficacia en un 6.15%.

RECOMENDACIONES

A continuación, se mencionarán algunas recomendaciones relacionadas a la aplicación de Lean Manufacturing:

Se recomienda a la organización usar de referencia este proyecto de investigación para seguir implementando otras herramientas de Lean Manufacturing como el TPM para los procesos de mantenimiento, TQM para los procesos de Calidad, JIT para los procesos de Planificación y la Estandarización para los procesos de Producción, entre otros, con el propósito de incrementar la productividad y competitividad de la empresa.

Se recomienda mantener en el tiempo estas buenas prácticas de manufacturas y seguir mejorando los procesos de limpieza de máquina, desarrollando nuevas tecnologías que permitan reducir los tiempos de cambios, solo así se podrá evidenciar las mejoras en la eficiencia y por ende en la productividad. Usar de referencia la continuidad de los planes de mejoras establecidas en la aplicación de la técnica SMED.

Se recomienda capacitar constantemente al personal de planta, ya que ellos es el pilar más importante de la filosofía Lean Manufacturing. Lograr especializar al personal en expertos en extrusión, para así lograr reducir los defectos por productos e incrementar la eficacia y por ende la productividad. Usar de referencia la continuidad de los planes de mejoras establecidas en la aplicación de la cultura 5S.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRÁN M. y MARCILLA A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Valencia: Universidad de Alicante. ISBN: 9788497172325

BERNAL C. (2010). *Metodología de la investigación*. Tercera Edición. Bogotá, Colombia. Editorial Pearson Educación. ISBN: 9789586991285

CABRERA R. (2015). *Manual del lean manufacturing: TPS americanizado*. España, Madrid: EAE Editorial Academia Española. ISBN: 9783659021961

CARRO R. y GONZÁLEZ D. (2010). *Productividad y Competitividad*. Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata.

CUATRECASAS L. y TORREL F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Barcelona, España: Editorial Profi. ISBN: 9788492956128

CUATRECASAS, Lluís. (2017). *Ingeniería de Procesos y de Planta*. Primera Edición. Barcelona, España: Editorial Profi.

GARCÍA R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de Métodos y medición del trabajo*. Segunda Edición. México: Editorial McGraw-Hill. ISBN: 9701046579

GUTIÉRREZ H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. Tercera Edición. México: Editorial McGraw - Hill.

GUTIÉRREZ H y DE LA VARA, R. (2009). *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Segunda Edición. México: Editorial McGraw - Hill.

HERNÁNDEZ J. y VIZÁN, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas, e implantación*. Madrid, España. Editorial EOI Escuela de Organización Industrial.

HERNÁNDEZ R., FERNÁNDEZ R. y BAPTISTA P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta Edición. México: MCGRAWHILL Interamericana Editores S.A.

JUÁREZ F., VILLATORO J. y LÓPEZ E. (2002). *Apuntes de Estadística Inferencial*. México, D. F.: Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente.

KEYTE B. y LOCHER D. (2014). *La empresa Lean Total. Mapeo del flujo de valor para procesos administrativos*. México: Editorial Trillas, S.A. de C.V.

LIKER J. (2006). *Las claves del éxito de Toyota. 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Barcelona, España. Editorial McGraw - Hill.

LOPEZ J. (2013). + *Productividad*. United State. Editorial Book Depository hard to find.

MADARIAGA F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición Adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid, España. Editorial Bubok.

MADRIGAL J. (2011). *Manual de plástico para diseñadores*. México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

MANTILLA O. y SÁNCHEZ J. (2012). *Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma*. Monterrey, México.

MEDIANERO D. (2016). *Productividad total: teorías y métodos de medición*. Perú, Lima: Editora Macro EIRL.

MONDEN Y. (2007). *El just in time hoy en Toyota*. Segunda Edición. Barcelona, España. Editorial Ediciones Deusto, S.A.

NAKAJIMA S. (1984). *Introducción al TPM. Mantenimiento productivo total*. Madrid, España. Editorial TPM Nyumon por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas.

PROKOPENKO J. (1989). *La Gestión de la Productividad*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.

RAJADELL M y SÁNCHEZ J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid, España. Editorial Díaz de Santos.

RODRÍGUEZ C. (1999). *El Nuevo Escenario: La Cultura de Calidad y Productividad en las empresas*. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO).

RODRIGUEZ F. y GOMEZ L. (1991). *Indicadores de Calidad y Productividad en la empresa*. Primera Edición. México: Editorial Nuevos Tiempos.

ROBBINS S. (2004). *Comportamiento Organizacional*. Décima Edición. México: Editorial Pearson Educación.

SANCHO A. (2015). *Entender la lean manufacturing: origen, desarrollo y aplicación en empresas occidentales*. España, Madrid.

SOCCONINI L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. Primera Edición. México: Editorial Grupo Editorial Norma.

TAMAYO M. (1999). *Aprender a Investigar*. Santa fe, Bogotá: Afro Editores.

VALDERRAMA S. (2016). *Pasos a Elaborar Proyectos de Investigación Científica*. Sexta Edición. Lima, Perú. Editorial San Marcos.

VILLASEÑOR A. y GALINDO E. (2007). *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. Primera Edición. México: Limusa, 2007. 262 pp. ISBN13: 9789681869663.

ZWEIFEL H., MAIER R. y SCHILLER M. (2008). *Plastics Additives Handbook*. Sexta Edición. Múnich, Alemania. Hanser Publishers.

TESIS NACIONALES CONSULTADAS

ARROYO Paredes, Nelson Augusto (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

ESTRELLA Prado, Oscar David Arturo; FUENTES Canales, Luis Miguel (2020). *Propuesta de mejora para reducir los productos no conformes en una empresa de plásticos, utilizando herramientas de Lean Manufacturing*. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

HUALLA Palo, Rody Nelson y CÁRDENAS Alvarez, Carlos (2017). *Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PVC y PEAD aplicando Lean Manufacturing*. [Tesis Título de Magíster en Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú].

MELÉNDEZ Rodríguez, Diego Miguel (2017). *Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de hojas de planta lijadas en la empresa QROMA S.A.* [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima].

SASCÓ Blanco, Sharon Gianella (2019). *Análisis y propuesta de mejora aplicando herramientas de Lean Manufacturing en la línea de acabados de la*

construcción en una empresa fabricantes de productos de Plásticos. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú].

TESIS INTERNACIONALES CONSULTADAS

ALARCÓN Falconí, Andrés Humberto (2014). *Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del Sector Plástico.* [Tesis Título de Magíster en Sistema de Producción y Productividad, Universidad de Guayaquil].

ALARCÓN González, Isabel (2015). *Optimización de la productividad en proyectos de edificación a través de Value Stream Mapping en la partida crítica de moldajes.* [Tesis Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile].

LOYOLA Macías, Luis Miguel (2014). *Implementación de las Metodologías Six Sigma y Lean Manufacturing en las Líneas de Mezclado de Vainilla Artificial "Bethel".* [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Autónoma de México].

ORTÍZ Ulloa, Juvenal Alejandro (2010). *Implementación de herramientas Lean Manufacturing en el área de mezcla de la empresa Compañía Ecuatoriana del Caucho.* [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Cuenca].

PATIÑO Calcaneo, Daniel Democrates (2017). *Aplicación de metodología Lean Manufacturing para una línea de producción en el sector*

automotriz. [Tesis Título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Autónoma de México].

SORDO Rebollo, Laura (2013). *Proceso de Fabricación de un Masterbatch Biodegradable*. [Tesis Título de Ingeniero Químico, Universidad Politécnica de Cataluña].

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS Y REVISTAS CIENTÍFICAS CONSULTADAS

PlasticEurope (2019). Revista: *Plastics the facts 2019. An analysis of European plastics production, demanda and waste data*. The European Plastic Industry.

PAREDES, Andrés. Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio. *Entramado* [en línea]. 2017, 13, 262-277 [Fecha de consulta: 6 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265452747020>. ISSN: 1900-3803.

PEÑA, Diego, NEIRA, Ángela y RUIZ, Reynel. Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia Et Technica* [en línea]. 2016, 21(3), 239-247 [Fecha de Consulta: 14 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84950585006>. ISSN: 0122-1701.

SOCIEDAD NACIONAL DE LA INDUSTRIA (2019). *Reporte Sectorial N° 04 - 2019*. Lima, Peru: Instituto de Estudios Económicos y Sociales.

PAGINAS WEB CONSULTADAS

MASTERCOL S.A. Disponible en: www.mastercol.pe

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Disponible en: <https://www.lean.org/>

LEYES, MANUALES Y NORMAS TÉCNICAS CONSULTADAS

NORMA INTERNACIONAL ISO 9000:2015 “Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario”. Disponible en: https://justicialarioja.gob.ar/planificacion/pagina/Norma%20ISO%209000_2015%20Vocabulario%20Fundamentos.pdf

NORMA INTERNACIONAL OHSAS 18001:2007 “Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo - Requisitos”. Disponible en: https://infomadera.net/uploads/descargas/archivo_49_Sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20seguridad%20y%20salud%20OHSAS%2018001-2007.pdf

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de Consistencia

“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR PLÁSTICO, ATE VITARTE – LIMA 2021”

LÍNEA INVESTIGACIÓN	EMPRESA	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	INDICES	METODOLOGÍA		
GESTIÓN DE PRODUCCIÓN	MASTERCOL S.A.	Problema General ¿De qué manera la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico?	Objetivo General Determinar como la aplicación de Lean Manufacturing incrementa la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.	Hipótesis General La aplicación de Lean Manufacturing incrementa positivamente la productividad en el área de producción de Masterbatch en el sector plástico.	Variable 1 / Variable independiente: LEAN MANUFACTURING	5S	Takt Time	$TT = \frac{\text{Tiempo total disponible}}{\text{Demanda del cliente en toneladas}}$	Tipo de Investigación: Aplicada. Descriptiva. Correlacional. Longitudinal. Método: Deductivo. Diseño de Investigación: Cuasi-Experimental Población y Muestra Población: proceso de producción de masterbatch, proceso de molido de resina, proceso de pesado y mezclado y proceso de producción de bolsas y mangas. Muestra: Se trabajará con la muestra del proceso de producción de masterbatch. Técnicas: Observación Directa Instrumentos: Reportes / Ordenes de Producciones / estudios de tiempos y movimientos / Base de datos del sistema Técnica de procedimiento de Datos: Calculo de promedios, Puntaje obtenidos, variación y la prueba de Chi-cuadrado		
							Value Stream Mapping (VSM)	Tiempo Ciclo		$CT = \frac{\text{Tiempo de producción neto}}{\text{Unidades producidas durante el tiempo neto}}$	
								Ritmo de producción		$RP = \frac{\text{Takt Time}}{\text{Cycle Time}}$	
								% Cumplimiento de desempeño 5S		$\% KPI\ 5S = \frac{\text{Observaciones aprobadas}}{\text{Total de Observaciones}} * 100$	
								Etapa Pree preliminar: Tiempo promedio del Set-up		$TPC = \frac{TC1 + TC2 + \dots + TCn}{\text{Número de Cambios}}$ $TPC = \text{Tiempo Promedio de Cambio}$ $TC = \text{Tiempo de cambio}$	
								Primera etapa: Separar las actividades internas y externas		$\% \text{Actividades Internas} = \frac{\text{Actividades Internas}}{\text{Total de actividades}} * 100\%$ $\% \text{Actividades Externas} = \frac{\text{Actividades Externas}}{\text{Total de actividades}} * 100\%$	
								Segunda etapa: Convertir las actividades internas en externas		$NTPC = \frac{NTC1 + NTC2 + \dots + NTCn}{\text{Número de Cambios}}$ $NTPC = \text{Nuevo tiempo Promedio de Cambio}$ $NTC = \text{Nuevo Tiempo de cambio}$	
								Tercera etapa: Mejorar todas las actividades		$TPCM = \frac{TPCM1 + TPCM2 + \dots + TPCMn}{\text{Número de Cambios}}$ $TPCM = \text{Tiempo promedio de Cambio Mejorado}$ $TCM = \text{Tiempo de Cambio Mejorado}$	
								EFICIENCIA		Nivel de Eficiencia	$Eficiencia = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo Planificado}}$
								EFICACIA		Nivel de Eficacia	$Eficacia = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Planificado}}$

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°02: Matriz de Operacionalización Variable Independiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: LEAN MANUFACTURING	Socconini (2017, p.11) señala que "Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiéndose como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados".	La filosofía Lean Manufacturing se implementará en la empresa Mastercol S.A., en el área de producción de Masterbatch. Se realizará un diagnóstico inicial con el Value Stream Mapping para identificar las actividades que no añade valor y se planteará acciones de mejorar para incrementar el índice de ritmo de producción asemejándonos a un sistema esbelto. También se implementará la filosofía 5s para mejorar las condiciones de la zona de trabajo y el ambiente laboral. Finalmente se implementará el SMED para mejorar los tiempos de cambios. Todo ello, debe ser reflejado con el incremento de la productividad de la planta.	Value Stream Mapping (VSM)	Takt Time	$TT = \frac{\text{Tiempo total disponible}}{\text{Demanda del cliente en toneladas}}$	Razón
				Tiempo Ciclo	$CT = \frac{\text{Tiempo de producción neto}}{\text{Unidades producidas durante el tiempo neto}}$	Razón
				Ritmo de producción	$RP = \frac{\text{Takt Time}}{\text{Cycle Time}}$	Razón
			5S	% Cumplimiento de desempeño 5S	$\% KPI\ 5S = \frac{\text{Observaciones aprobadas}}{\text{Total de Observaciones}} * 100$	Razón
			Single Minute Exchange of Die (SMED)	Etapa Preliminar: Tiempo promedio del Set-up	$TPC = \frac{TC1 + TC2 + \dots + TCn}{\text{Número de Cambios}}$ <i>TPC = Tiempo Promedio de Cambio</i> <i>TC = Tiempo de cambio</i>	Razón
				Primera etapa: Separar las actividades internas y externas	$\% \text{Actividades Internas} = \frac{\text{Actividades Internas}}{\text{Total de actividades}} * 100\%$ $\% \text{Actividades Externas} = \frac{\text{Actividades Externas}}{\text{Total de actividades}} * 100\%$	Razón
				Segunda etapa: Convertir las actividades internas en externas	$NTPC = \frac{NTC1 + NTC2 + \dots + NTCn}{\text{Número de Cambios}}$ <i>NTPC = Nuevo tiempo Promedio de Cambio</i> <i>NTC = Nuevo Tiempo de cambio</i>	Razón
				Tercera etapa: Mejorar todas las actividades	$TPCM = \frac{TPCM1 + TPCM2 + \dots + TPCMn}{\text{Número de Cambios}}$ <i>TPCM = Tiempo promedio de Cambio Mejorado</i> <i>TCM = Tiempo de Cambio Mejorado</i>	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°03: Matriz de Operacionalización Variable Dependiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Dependiente: PRODUCTIVIDAD	Humberto Gutiérrez (2010, p.21) señala que "La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados".	La productividad en la empresa Mastercol S.A. se medirá a través de los indicadores eficiencia y eficacia. En la variable eficiencia se hará un análisis de los tiempos productivos sobre los planificados. Estos tiempos planificados serán asignado por el departamento de planificación. Además, estos tiempos planificados estarán envueltos en algunos casos por fallas en el procesos o desperdicios en el ciclo de la producción. En la variable eficacia se hará un análisis de la producción real libres de defectos sobre el la producción planificada.	EFICIENCIA	Nivel de Eficiencia	$Eficiencia = \frac{Tiempo\ Productivo}{Tiempo\ Planificado}$	Razón
			EFICACIA	Nivel de Eficacia	$Eficacia = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Planificado}$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°04: Acta de Constitución del Proyecto Value Stream Mapping

PROYECTO	1	N°01/01	PD	PROCESO DE EXTRUSIÓN
-----------------	----------	----------------	-----------	-----------------------------

TITULO	Aplicación del Value Stream Mapping en el área de producción de Masterbatch en la empresa Mastercol							
---------------	---	--	--	--	--	--	--	--

Alcance	Área de Producción de Masterbatch en los procesos de Extrusión de la Línea de colores, blancos, negros y aditivos							FOCO PRINCIPAL
								Producción
Objetivo	Incrementar el ritmo de producción en el área de producción de 5 hrs/tns a 4.8 hrs/tns							
% Cumplimiento de los Criterios de Auditorías	5 hrs/tns	INICIAL	Incrementar el ritmo de producción por medio de la reducción de las actividades que no agregan valor al proceso por medio de las herramientas 5S y SMED.					
	4.8 hrs/tns	META						
Ahorros	65,000	US\$	Inversión	250	US\$	Director del Proyecto	Reportar	Sponsor
Fecha de Inicio	5/01/2021		Fecha de Finalización	1/03/2021		Jonathan Medina	Hemson Jordán	Mirtha Guevara
Principales Amenazas o riesgos negativos en el proyecto	- Perdida de Interés en el proyecto de la aplicación del Value Stream Mapping - No se cumpla con los tiempos establecidos - No tenga impacto el Value Stream Mapping			Principales Oportunidades o riesgos positivos en el proyecto		- Crecimiento de las competencias del personal de planta - Identificación de los cuellos de botellas y actividades que no agregan valor al proceso - Incremento de la productividad		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°05: Acta de Constitución del Proyecto 5S

PROYECTO	2	N°01/01
----------	---	---------

PD	PROCESO DE EXTRUSIÓN
----	----------------------

TITULO	Aplicación de la 5S en el área de producción de Masterbatch en la empresa Mastercol							
Alcance	Área de Producción de Masterbatch en los procesos de Extrusión de la Línea de colores, blancos, negros y aditivos							FOCO PRINCIPAL
								Producción
Objetivo	Incrementar el cumplimiento de los criterios de auditoría de 5S de 15% al 100%							
% Cumplimiento de los Criterios de Auditorías	15%	INICIAL	Incrementar el % de cumplimiento de los criterios de auditorías de la 5S en el área de producción de masterbatch principalmente las referidas directamente al proceso de extrusión. Difundir y promover la cultura del Orden y la Limpieza.					
	100%	META						
Ahorros	65,000	US\$	Inversión	1,000	US\$	Director del Proyecto	Reportar	Sponsor
Fecha de Inicio	2/03/2021		Fecha de Finalización	30/06/2021		Jonathan Medina	Hemson Jordán	Mirtha Guevara
Principales Amenazas o riesgos negativos en el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de Interés en el proyecto de la aplicación 5S - No se cumpla con los tiempos establecidos - No tenga impacto la 5S 				Principales Oportunidades o riesgos positivos en el proyecto		<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de las competencias del personal de planta - Mayor Orden y Limpieza en la zona de trabajo - Incremento de la productividad 	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°06: Acta de Constitución del Proyecto SMED

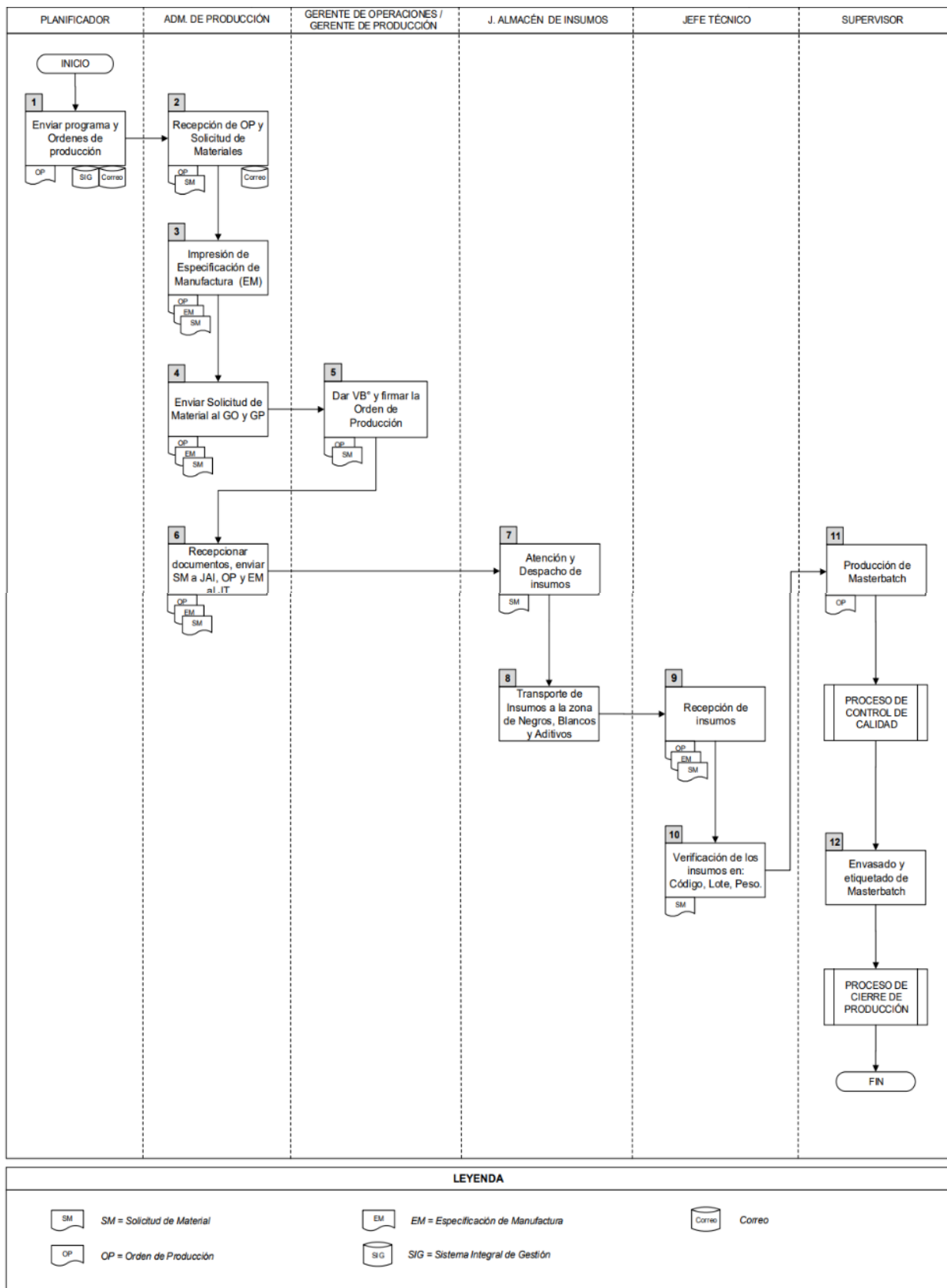
PROYECTO	3	N°01/01
----------	---	---------

PD	PROCESO DE EXTRUSIÓN
----	----------------------

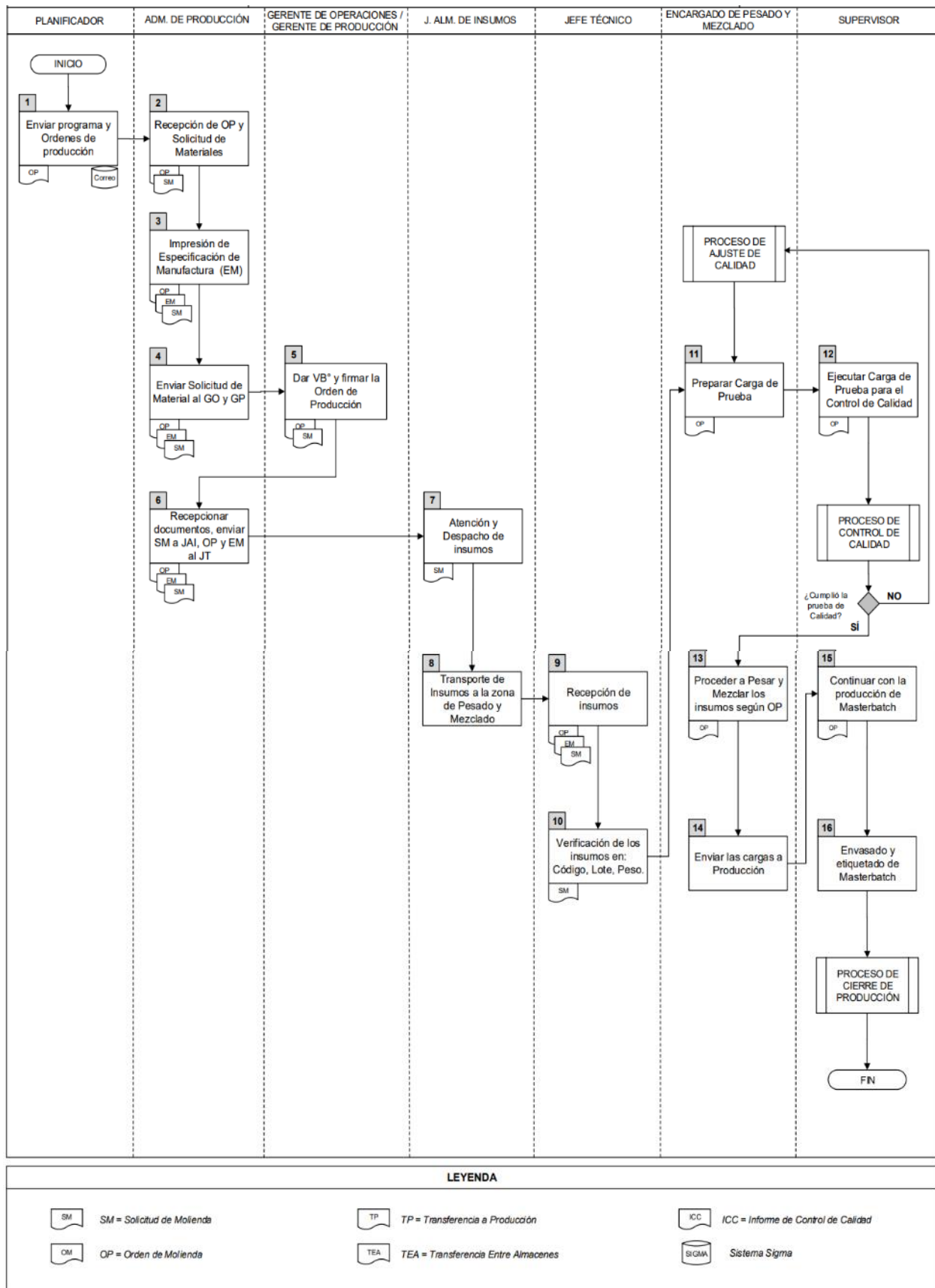
TITULO	Aplicación del SMED en el área de producción de Masterbatch en la empresa Mastercol							
Alcance	Área de Producción de Masterbatch en los procesos de Extrusión de la Línea de colores, blancos, negros y aditivos						FOCO PRINCIPAL Producción	
Objetivo	Reducir los tiempos de limpieza de máquina por cambio de producto entre 50 a 60 minutos							
% Cumplimiento de los Criterios de Auditorías	81 - 72min	INICIAL	Reducir los tiempos de cambios tipo I y tipos II transformando las actividades internas en externas y asu vez implementar acciones de mejoras para seguir reduciendo los tiempos de limpieza.					
	65 - 57 min	META						
Ahorros	65,000	US\$	Inversión	2,000	US\$	Director del Proyecto	Reportar	Sponsor
Fecha de Inicio	1/04/2021		Fecha de Finalización	30/08/2021		Jonathan Medina	Hemson Jordán	Mirtha Guevara
Principales Amenazas o riesgos negativos en el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Perdida de Interés en el proyecto de la aplicación del SMED - No se cumpla con los tiempos establecidos - No tenga impacto el SMED 			Principales Oportunidades o riesgos positivos en el proyecto		<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de las competencias del personal de planta - Identificación de actividades externas e internas - Incremento de la productividad 		

Fuente: Elaboración propia.


Anexo N°07: Flujograma del proceso de producción de Masterbatch Negros, Blancos y Aditivos



Anexo N°08: Flujoograma del proceso de producción de Masterbatch Colores



Anexo N°09: Flujograma SIPOC del área de producción de Masterbatch

		SIPOC PLANTA - MASTERCOL				
		PROCESO: PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH ADITIVOS, BLANCOS, NEGROS Y COLORES				
OBJETIVO		Analizar el Proceso de producción de una manera más detallada reconociendo a sus proveedores o procesos precedente, así como también identificando todas las entradas y salidas del proceso, además conocer los interesados vinculados en el proceso.				
ALCANCE	INICIO	El proceso inicia en el transporte de insumos (resinas, pigmentos y aditivos) en dirección a la compounder.		FIN	El proceso finaliza en la zona de apilación de Masterbatch en el tramo final de la línea; luego es transportada a almacén de PT.	
PROVEEDORES/ PROCESOS	ENTRADAS	N°	ACTIVIDADES CRITICAS	SALIDAS	CLIENTE/ PROCESOS	
<ul style="list-style-type: none"> - Planeamiento y Control de producción (Plan de Producción). - Ventas (Requerimientos del Cliente). - Logística (Plan de stock de insumos y PT). - Sistemas (Actualización Sistema Integral de Gestión). - Técnica (Especificación Técnica). 	<ul style="list-style-type: none"> - Orden de producción - Especificación de Manufactura - Condiciones de Máquina - Solicitud de material - Orden de pesado y mezclado <ul style="list-style-type: none"> - Resinas - Aditivos - Pigmentos - Bolsas - Etiquetas - Embalaje 	1	Transporte de Insumos al área de producción	<ul style="list-style-type: none"> - Cierre de Orden de producción. - Masterbatch (Blancos, Aditivos, Colores y Negros). - Reporte de Indicadores de Producción 	<ul style="list-style-type: none"> - Dirección Ejecutiva - Gerencia de Producción - Jefatura de Logística - Jefatura de Almacén PT - Gerencia de Ventas - Gerencia de Planificación 	
		2	Arranque de Máquina			
		3	Añadir insumos a tolva de la Compounder			
		4	Transformación de insumos en Compounder			
		5	Enfriamiento de los fideos			
		6	Secadora de los fideos			
		7	Pelletizadora de los fideos			
		8	Control de cortes de pellets			
		9	Secado de pellets			
		10	Llenado de bolsa con Masterbatch			
		11	Evaluación de Color			
		12	Pesado de bolsa con Masterbatch			
		13	Etiquetado de bolsa			
		14	Embalaje de bolsa			
		15	Transporte de Masterbatch a Almacén PT			
RESPONSABLES	INDICADORES DE EFICIENCIA	PROCESOS DE SOPORTE	INDICADORES DE RESULTADOS	DOCUMENTOS DEL PROCESOS		
GERENTE DE PCP	% SCRAP + LUMPS	CONTROL DE CALIDAD	OEE	ESPECIFICACIÓN DE MANUFACT.		
GERENTE DE PLANTA	% REJECTS SENT TO 109	ALMACEN DE INSUMOS	PRODUCTIVIDAD	ORDEN DE PRODUCCIÓN		
JEFE TÉCNICO	COST PER COLOR CHANGE IN \$	MANTENIMIENTO	RECURSOS/HERRAMIENTAS	SOLICITUD DE MATERIALES		
JEFE DE MANTENIMIENTO	INDICADORES DE EFICACIA	MOLIENDA	COMPOUNDER	REQUISITOS A CUMPLIR		
ADM DE PRODUCCIÓN	% CORRECTIONS	DESARROLLO Y APLICACIÓN	HIGH SPEED MIXER	CANTIDAD SOLICITADA		
SUPERVISOR DE TURNO	% RIGHT FIRST TIME	PESADO Y MEZCLADO	SERVOLIF	ESPECIFICACIÓN DE MANUFACT.		

Anexo N°10: Reporte de producción de Masterbatch



FO-P-201-00.00

FECHA : 14/10/2019

A : JEFE DE PLANTA
 DE : SUPERVISOR DE TURNO
 REF. : REPORTE DE PRODUCCION

SUPERVISOR : Valaonia TURNO : 1 2 3
 MAQUINISTA : Forzules AYUDANTE : Alejandria

Maquina Compounder	# Boquilla	# De O/P	# Pita	PROCESO. PRODUCTO (H)		TOTAL DE TIEMPOS (Hr)		ESPECIALIDAD												
CO-002	15	179999-01	196515	Inicio	-	Final	-	Prod.	5:15	Improd.	2:45	ESTANDAR	✓ HOROMETRO							
PRODUCTO																				
Descripción		Código	Lote	Cantidad Kg	Rend. k/h	Peletizador		# Pellet X Gr.	Final											
Blanco +		26702N	227	30,000	500	Rpm	38	2	45+-5	Inicial	Difer.		/							
CONTROL DE PRODUCTO TERMINADO																				
	#Husillo / Cañón	Kg.	Rpm	P. Granel	Caudal Calculado.	Nivel Llenado		Nivel VIB. 1-10	Hora	Rango de # Bolsas	Peso X Bolsa	Pellet		Kg. Produce.	C. Calidad	Pellet X gr.	V°B° Supervisor			
	(diam./Paso)mm					Min	Max			Color	Corte									
DOSIF. 1 RESINA	H 52	138.125	21.485	0.600	580.254	20	30	/	9-10	494-498	25.11	04	04	125	B#494	45	Valaonia			
	C 52								10-11	499-518	25.11	04	04	500	-	45	Valaonia			
DOSIF. 2 PIGM.	H 67	175	12.867	1.000	1230.53	15	25	4	11-12	519-538	25.11	04	04	500	-	45	Valaonia			
	C 70								12-13	539-558	25.11	04	04	500	-	45	Valaonia			
DOSIF. 3 LATERAL	H 52	175	23.854	1.000	659.806	15	25	4	13-14	559-578	25.11	04	04	500	B#560	45	Valaonia			
	C 52								14-15	579-598	25.11	04	04	500	-	45	Valaonia			
DOSIF. 4 ADITIVO	H 24	11875	23.536	0.600	45.524	20	40	4												
	C 24																			
Totalizador de Dosificadores				Muestras para laboratorio en gr.																
				Muestra O/P (1kg)				-												
% De Dosificación				Muestra Inicial (gr.) :				1,500												
				Muestra turno (gr.) :				0,100												
T1 27.625				Total Entregado (gr.) :				1,600												
T2 35.000				P.S.D. Acumulado				12325												
T3 35.000				Núm. de paletas:				13-14												
T4 2.375				B. Envasados				105												
										CLASIFICACION DE SCRAP										
Husillo Princip. Rpm ± 10%										Tamizado A		Molido B		Pruebas C		Chancaca D		Barrido		Mezcla
Motor Princip. Amp. ± 10%										50		141						8.300		
Presión Material Bar.										-		-						1.00		
Temp. Agua Interc. calor										50		141						9.300		
Tiempo Limpieza										-		-								
N° Personas										-		-								
TOTAL PRODUCIDO				14950				Scrap Rechaz. C.C.												

Anexo N°11: Reporte de control del proceso de Extrusión

CONTROL CONDICIONES DE MAQUINA POR HORA																																																																																																		
Hora de Registro	Hora	Husillo Princ. Rpm ± 10%	Motor Princ. Amp. ±10%	Presión de Mat. (bar)	Temp. Intercamb. ±20°C	Temp. De Material	Motor Lateral	Pres. De Vacío	PERFIL DE TEMPERATURAS °C ZONAS 1 - 9 (±) 10% ZONAS 10 - 11 (±) 20%											Máquinista.	Superv.																																																																													
									1era. Z	2da. Z	3era. Z	4ta. Z	5ta. Z	6ta. Z	7ma. Z	8va. Z	9na. Z	10ma. Z	11va. Z																																																																															
									STD	600			50					190	190			190	150	150	150	150	150	170	190	190																																																																				
	9-10	600	50	9	53	172	220	0.6	190	192	190	150	151	150	148	151	179	189	185	PT.	Valencia																																																																													
	10-11	600	49	9	52	172	220	0.6	190	192	190	150	151	150	148	150	179	189	185	PT.	Valencia																																																																													
	11-12	600	49	9	50	170	220	0.6	190	190	190	150	152	151	150	151	178	190	186	PT.	Valencia																																																																													
	12-13	600	50	9	51	159	220	0.6	190	189	190	150	149	151	155	150	168	188	181	PT.	Valencia																																																																													
	13-14	600	50	10	50	155	220	0.6	190	191	190	150	149	152	153	150	169	189	182	PT.	Valencia																																																																													
	14-15	600	49	9	49	163	220	0.6	190	191	190	150	150	151	150	150	171	190	186	PT.	Valencia																																																																													
<p>Insumos recibidos a inicio de turno</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th># de Lote</th> <th>Consumo Kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1-107-0091</td> <td>5475</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P1-520-0760</td> <td>021901020</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A2-201-0004</td> <td>191183</td> <td></td> </tr> <tr> <td>02-053-0021B</td> <td>3732005</td> <td>2625</td> </tr> <tr> <td>02-055-0021</td> <td>3750356</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																			Código	# de Lote	Consumo Kg	P1-107-0091	5475		P1-520-0760	021901020		A2-201-0004	191183		02-053-0021B	3732005	2625	02-055-0021	3750356																																																															
Código	# de Lote	Consumo Kg																																																																																																
P1-107-0091	5475																																																																																																	
P1-520-0760	021901020																																																																																																	
A2-201-0004	191183																																																																																																	
02-053-0021B	3732005	2625																																																																																																
02-055-0021	3750356																																																																																																	
<p>Control Totalizador Durante Proceso</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Hora</th> <th>Dosif. 1</th> <th>Dosif. 2</th> <th>Dosif. 3</th> <th>Dosif. 4</th> <th>Total</th> <th>V°/B°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicio</td> <td>10:00</td> <td>3492.531</td> <td>4423.750</td> <td>4423.559</td> <td>500.968</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Avance</td> <td>11:00</td> <td>3630.651</td> <td>4598.761</td> <td>4598.557</td> <td>312.838</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td>1:00</td> <td>138.120</td> <td>175.011</td> <td>174.998</td> <td>11.870</td> <td>499.999</td> <td>Valencia</td> </tr> <tr> <td>Inicio</td> <td>11:00</td> <td>3630.651</td> <td>4598.761</td> <td>4598.557</td> <td>312.838</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Avance</td> <td>12:00</td> <td>3768.781</td> <td>4773.762</td> <td>4773.537</td> <td>324.698</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td>1:00</td> <td>138.125</td> <td>175.001</td> <td>174.980</td> <td>11.860</td> <td>499.971</td> <td>Valencia</td> </tr> <tr> <td>Inicio</td> <td>12:00</td> <td>3768.781</td> <td>4773.762</td> <td>4773.537</td> <td>324.698</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Avance</td> <td>13:00</td> <td>3906.906</td> <td>4948.752</td> <td>4948.546</td> <td>336.576</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td>1:00</td> <td>138.125</td> <td>174.990</td> <td>175.009</td> <td>11.878</td> <td>500.002</td> <td>Valencia</td> </tr> </tbody> </table>																			Descripción	Hora	Dosif. 1	Dosif. 2	Dosif. 3	Dosif. 4	Total	V°/B°	Inicio	10:00	3492.531	4423.750	4423.559	500.968	-		Avance	11:00	3630.651	4598.761	4598.557	312.838	-		Diferencia	1:00	138.120	175.011	174.998	11.870	499.999	Valencia	Inicio	11:00	3630.651	4598.761	4598.557	312.838	-		Avance	12:00	3768.781	4773.762	4773.537	324.698	-		Diferencia	1:00	138.125	175.001	174.980	11.860	499.971	Valencia	Inicio	12:00	3768.781	4773.762	4773.537	324.698	-		Avance	13:00	3906.906	4948.752	4948.546	336.576	-		Diferencia	1:00	138.125	174.990	175.009	11.878	500.002	Valencia
Descripción	Hora	Dosif. 1	Dosif. 2	Dosif. 3	Dosif. 4	Total	V°/B°																																																																																											
Inicio	10:00	3492.531	4423.750	4423.559	500.968	-																																																																																												
Avance	11:00	3630.651	4598.761	4598.557	312.838	-																																																																																												
Diferencia	1:00	138.120	175.011	174.998	11.870	499.999	Valencia																																																																																											
Inicio	11:00	3630.651	4598.761	4598.557	312.838	-																																																																																												
Avance	12:00	3768.781	4773.762	4773.537	324.698	-																																																																																												
Diferencia	1:00	138.125	175.001	174.980	11.860	499.971	Valencia																																																																																											
Inicio	12:00	3768.781	4773.762	4773.537	324.698	-																																																																																												
Avance	13:00	3906.906	4948.752	4948.546	336.576	-																																																																																												
Diferencia	1:00	138.125	174.990	175.009	11.878	500.002	Valencia																																																																																											
<p>Reg. Tiempo. improductivo.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cód..</th> <th>Inicio</th> <th>Final</th> <th>Hr. Dif.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>7:00</td> <td>8:00</td> <td>1:00</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>8:00</td> <td>9:45</td> <td>1:45</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Registro Inicial tiempo Improductivo. 0:20</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Registro Turno tiempo Improductivo. 2:45</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tiempo Total Improductivo 3:05</td> </tr> </tbody> </table>																			Cód..	Inicio	Final	Hr. Dif.	1	7:00	8:00	1:00	20	8:00	9:45	1:45				Registro Inicial tiempo Improductivo. 0:20				Registro Turno tiempo Improductivo. 2:45				Tiempo Total Improductivo 3:05																																																								
Cód..	Inicio	Final	Hr. Dif.																																																																																															
1	7:00	8:00	1:00																																																																																															
20	8:00	9:45	1:45																																																																																															
			Registro Inicial tiempo Improductivo. 0:20																																																																																															
			Registro Turno tiempo Improductivo. 2:45																																																																																															
			Tiempo Total Improductivo 3:05																																																																																															
<p>OBSERVACIONES: # Reinicio (9:45 hrs) B# 494 (9:50) B# 560 (13:10)</p>																																																																																																		
<p>Devoluciones Insumo I Mezcla M</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Lote</th> <th>Cantidad</th> <th>Motivo</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>I M</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>I M</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>I M</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>I M</td> </tr> </tbody> </table>																			Código	Lote	Cantidad	Motivo	Tipo					I M					I M					I M					I M																																																							
Código	Lote	Cantidad	Motivo	Tipo																																																																																														
				I M																																																																																														
				I M																																																																																														
				I M																																																																																														
				I M																																																																																														
<p># Balanza con Peso Patrón 10 kg y 20 kg (ou)</p> <p># a/almos 9 ctivades (ou)</p>																																																																																																		
<p>PREPARADO POR: SUPERVISOR REVISADO POR: JEFE TÉCNICO INGRESADO POR: COORDINADOR DE PRODUCCIÓN V° B°: GERENTE PLANTA</p> <p>Nombre: Valencia Nombre: Ocho Nombre: Swarave Nombre: Firma: ou Firma: Ocho Firma: Swarave Firma: Fecha: 14-10-19 Fecha: 14/10/19 Fecha: 14/10 Fecha:</p>																																																																																																		



CARTA DE PRESENTACIÓN

Estimado Sr.:

Mg. Romel Darío Bazán Robles.

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo egresados de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIIS - UNAC; requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación conducente para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

El título de nuestro proyecto de investigación es: **“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR PLÁSTICO, ATE VITARTE – LIMA 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia y conocimientos en temas educativos y/o investigación aplicada.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- El instrumento a validar.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Jonathan Medina Trejo
D.N.I: 47832531

Ruben A. Itusaca Sinti
D.N.I: 48450543

Karla L. Huilcamasco Zanca
D.N.I: 74729693



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

VARIABLE INDEPENDIENTE

LEAN MANUFACTURING

Socconini (2017, p.11) señala que “Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados”.

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1

Value Stream Mapping (VSM).

(Ver matriz operacional)

Dimensión 2

5S.

(Ver matriz operacional)

Dimensión 3

Single Minute Exchange of Die (SMED).

(Ver matriz operacional)



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable Independiente: **LEAN MANUFACTURING**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INDICES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: LEAN MANUFACTURING	Socconini (2017, p.11) señala que "Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados".	La filosofía Lean Manufacturing se implementará en la Mastercol S.A., en el proceso de producción de Masterbatch. Se realizará un diagnóstico inicial con el Value Stream Mapping para identificar las actividades que no añaden valor y se plantearán acciones de mejora para incrementar el índice de ritmo de producción asejándonos a un sistema esbelto. También se implementará la filosofía 5s para mejorar las condiciones de la zona de trabajo y el ambiente laboral. Finalmente se implementará el SMED para mejorar los tiempos de cambios. Todo ello, debe ser reflejado con el incremento de la productividad de la planta.	Value Stream Mapping (VSM)	Ritmo de Producción	$TT = \frac{\text{Takt Time}}{\text{Tiempo total disponible}} \times \text{Demanda del cliente en toneladas}$ $CT = \frac{\text{Tiempo de producción neto}}{\text{Unidades producidas durante el tiempo neto}}$ $RP = \frac{\text{Takt Time}}{\text{Cycle Time}}$	Razón
			5S	% Cumplimiento de desempeño 5S	$\% KPI 5S = \frac{\text{Observaciones aprobadas}}{\text{Total de Observaciones}} \times 100$	Razón
			Single Minute Exchange of Die (SMED)	Etapa Preliminar: Tiempo promedio del Set-up	$TPC = \frac{TC1 + TC2 + \dots + TCn}{\text{Número de Cambios}}$ <p>TPC = Tiempo Promedio de Cambio TC = Tiempo de cambio</p>	Razón
				Primera etapa: Separar las actividades internas y externas	$\% \text{Actividades Internas} = \frac{\text{Actividades Internas}}{\text{Total de actividades}} \times 100\%$ $\% \text{Actividades Externas} = \frac{\text{Actividades Externas}}{\text{Total de actividades}} \times 100\%$	Razón
Segunda etapa: Convertir las actividades internas en externas	$NTPC = \frac{NTC1 + NTC2 + \dots + NTCn}{\text{Número de Cambios}}$ <p>NTPC = Nuevo tiempo Promedio de Cambio NTC = Nuevo Tiempo de cambio</p>	Razón				
Tercera etapa: Mejorar todas las actividades	$TPCM = \frac{TPCM1 + TPCM2 + \dots + TPCMn}{\text{Número de Cambios}}$ <p>TPCM = Tiempo promedio de Cambio Mejorado TCM = Tiempo de Cambio Mejorado</p>	Razón				

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable Independiente: **LEAN MANUFACTURING**

N.º	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1							
1	Value Stream Mapping (VSM).	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	5S	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3							
3	Single Minute Exchange of Die (SMED)	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. **Mg. Romel Darío Bazán Robles**

Especialidad del validador: **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Mg. Romel Darío Bazán Robles



VARIABLE DEPENDIENTE
PRODUCTIVIDAD

Humberto Gutiérrez (2010, p.21) señala que “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados”.

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1
Eficiencia.
(Ver matriz operacional)

Dimensión 2
Eficacia.
(Ver matriz operacional)



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable dependiente: **PRODUCTIVIDAD**

Variable Dependiente: PRODUCTIVIDAD	Humberto Gutiérrez (2010, p.21) señala que “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados”.	La productividad en la empresa Mastercol S.A. se medirá a través de los indicadores eficiencia y eficacia. En la variable eficiencia se hará un análisis de los tiempos productivos sobre los planificados. Estos tiempos planificados serán asignados por el departamento de planificación. Además, estos tiempos planificados estarán envueltos en algunos casos por fallas en el proceso o desperdicios en el ciclo de la producción. En la variable eficacia se hará un análisis de la producción real sobre el tiempo que tardó en cumplir con el requerimiento del cliente.	EFICIENCIA	Nivel de Eficiencia	$Eficiencia = \frac{Tiempo\ Productivo}{Tiempo\ Planificado}$	Razón
			EFICACIA	Nivel de Eficacia	$Eficacia = \frac{Producción\ Buena}{Producción\ Total}$	Razón

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable dependiente: **PRODUCTIVIDAD**

N.º	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
DIMENSIÓN 1								
1	Eficiencia	X		X		X		
DIMENSIÓN 2								
2	Eficacia	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Romel Darío Bazán Robles

Especialidad del Evaluador: INGENIERÍA INDUSTRIAL

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Mg. Romel Darío Bazán Robles



CARTA DE PRESENTACIÓN

Estimado Sr.:

Ing. Carlos J. Gómez Alvarado.

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo egresados de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIIS - UNAC; requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación conducente para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

El título de nuestro proyecto de investigación es: **“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR PLÁSTICO, ATE VITARTE – LIMA 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia y conocimientos en temas educativos y/o investigación aplicada.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- El instrumento a validar.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Jonathan Medina Trejo
D.N.I: 47832531

Rubén A. Itusaca Sinti
D.N.I: 48450543

Karla L. Huilcamasco Zanca
D.N.I: 74729693



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable Independiente: **LEAN MANUFACTURING**

N.º	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1							
1	Value Stream Mapping (VSM).	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	5S	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3							
3	Single Minute Exchange of Die (SMED)	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. Carlos J. Gómez Alvarado

Especialidad del validador: INGENIERÍA INDUSTRIAL

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Ing. Carlos J. Gómez Alvarado



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable dependiente: **PRODUCTIVIDAD**

N.º	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1							
1	Eficiencia	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	Eficacia	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. Carlos J. Gómez Alvarado

Especialidad del Evaluador: INGENIERÍA INDUSTRIAL

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Ing. Carlos J. Gómez Alvarado



CARTA DE PRESENTACIÓN

Estimado Sr.:

Mg. Osmar Raul Morales Chalco.

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo egresados de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIIS - UNAC; requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación conducente para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

El título de nuestro proyecto de investigación es: **“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR PLÁSTICO, ATE VITARTE – LIMA 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia y conocimientos en temas educativos y/o investigación aplicada.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- El instrumento a validar.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Nathan Medina Trejo
D.N.I: 47832531

Ruben A. Itusaca Sinti
D.N.I: 48450543

Karla L. Huilcamasco Zanca
D.N.I: 74729693



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable Independiente: **LEAN MANUFACTURING**

N.º	DIMENSIONES / items	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1							
1	Value Stream Mapping (VSM).	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	5S	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3							
3	Single Minute Exchange of Die (SMED)	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Osmart Raul Morales Chalco

Especialidad del validador: Ingeniería Industrial

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Mg. Osmart Raul Morales Chalco



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable dependiente: **PRODUCTIVIDAD**

N.º	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1							
1	Eficiencia	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	Eficacia	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Osmart Raul Morales Chalco

Especialidad del Evaluador: Ingeniería Industrial

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Mg. Osmart Raul Morales Chalco



CARTA DE PRESENTACIÓN

Estimada Sra.:

Dra. Erika J. Zevallos Vera.

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo egresados de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIIS - UNAC; requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación conducente para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

El título de nuestro proyecto de investigación es: **“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE MASTERBATCH EN EL SECTOR PLÁSTICO, ATE VITARTE – LIMA 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia y conocimientos en temas educativos y/o investigación aplicada.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- El instrumento a validar.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Jonathan Medina Trejo
D.N.I: 47832531

Ruben A. Itusaca Sinti
D.N.I: 48450543

Karla L. Huilcamasco Zanca
D.N.I: 74729693



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable Independiente: **LEAN MANUFACTURING**

N.º	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1							
1	Value Stream Mapping (VSM).	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	5S	X		X		X		
	DIMENSIÓN 3							
3	Single Minute Exchange of Die (SMED)	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dra. Erika J. Zevallos Vera

Especialidad del validador: Ingeniería Industrial

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Dra. Erika J. Zevallos Vera



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable dependiente: **PRODUCTIVIDAD**

N.º	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1							
1	Eficiencia	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	Eficacia	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dra. Erika J. Zevallos Vera

Especialidad del Evaluador: Ingeniería Industrial

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

11 de octubre 2021

Dra. Erika J. Zevallos Vera