



# **UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERIA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN  
PLANEAMIENTO Y GESTIÓN EMPRESARIAL**

**Manufactura Esbelta para mejorar productividad de proceso de alimento  
extruido para peces y camarones año-2021**

## **TESIS**

**Para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Industrial con  
mención en Planeamiento y Gestión Empresarial**

## **AUTOR**

**Bachiller Guevara Regalado, Jose Gabriel**

**(ORCID: 0000.0002.8620.6581)**

## **ASESOR**

**Magister Rodríguez Vásquez, Miguel Alberto**

**(ORCID: 0000.0001.9829.2571)**

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de autor**

Bachiller Guevara Regalado, Jose Gabriel

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 41814454

### **Datos de asesor**

Magister Rodríguez Vásquez, Miguel Alberto

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 08544988

### **Datos del jurado**

JURADO 1: Magister Mateo López, Hugo Julio, DNI N°07675553, ORCID 0000.0002.5917.1467

JURADO 2: Doctora Tapia Vargas, Flor de María, DNI N°08809650, ORCID 0000.0001.7569.4893

JURADO 3: Magister Quea Vásquez, Juan Antonio, DNI N°09380924, ORCID 0000.0002.6866.5610

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 413907

Código del Programa: 2.11.04

## **Dedicatoria**

A mis padres Sara y Alfredo junto a mi esposa Marycruz y  
José Esteban, quienes son mi motor y motivo

## **Agradecimiento**

A mis Padres por estar siempre ahí en los buenos y malos momentos, a mi esposa por su apoyo en terminar mis objetivos y darme la mayor dicha que se puede recibir en este mundo... nuestro hijo José Esteban.

Una mención especial a mis hermanos Gustavo y Merly por ser parte de mis logros y Jorge Luis Favre y Julio Favre eternos amigos que sin sus consejos no sería cada vez mejor. Mi asesor de tesis Mg. Miguel Rodriguez.

## Índice de contenidos

Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del Problema .....	2
1.2. Formulación del Problema.....	12
1.2.1. Problema general .....	12
1.2.2. Problemas específicos.....	12
1.3. Importancia y Justificación del estudio .....	12
1.3.1. Importancia del estudio .....	12
1.3.2. Justificación del estudio: .....	14
1.4. Delimitación del estudio .....	16
1.5. Objetivos de la Investigación.....	16
1.5.1. Objetivo general .....	16
1.5.2. Objetivos específicos .....	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Marco histórico .....	18
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema .....	26
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	34
2.3.1. Sistema de Producción .....	34
2.3.2. Productividad.....	35
2.3.3. Manufactura Esbelta .....	36
2.3.4. Herramientas de Lean Manufacturing .....	37
2.4. Definición de términos básicos .....	52
2.5. Fundamentos teóricos que sustenta la hipótesis.....	53
2.6. Hipótesis .....	55
2.6.1. Hipótesis general .....	55
2.6.2. Hipótesis específicas.....	55
2.7. Variables .....	55
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....	56

3.1. Enfoque de la investigación, tipo de investigación, método de investigación y diseño de la investigación .....	56
3.2. Población y Muestra .....	56
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	60
3.3.1. Técnicas e instrumentos.....	60
3.3.2. Criterios de validez y confiabilidad de instrumentos .....	61
3.4. Descripción de procedimientos de análisis de datos.....	61
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
4.1. Resultados descriptivos del objetivo general.....	63
4.1.1. Análisis del proceso productivo inicial .....	63
4.1.2. Objetivo específico 1 .....	71
4.1.3. Objetivo específico 2 .....	94
4.1.4. Objetivo específico 3 .....	126
4.1.5. Análisis del proceso productivo final .....	141
4.2. Análisis de resultados .....	147
4.2.1. Resumen de resultados .....	158
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>160</b>
5.1. Conclusiones.....	160
5.2. Recomendaciones .....	162
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>163</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>168</b>
Anexo A. Declaración de Autenticidad .....	168
Anexo B. Autorización de consentimiento para realizar la investigación.....	169
Anexo C. Matriz de consistencia .....	170
Anexo D. Matriz de operacionalización .....	171
Anexo E. Formato de registros de contenido.....	172
Anexo F. Cálculo del NVA y WIP actual del proceso productivo .....	174
Anexo G. Registro de capacitaciones de Manufactura Celular .....	177
Anexo H. Registro de capacitaciones de 5S' .....	182
Anexo I. Cálculo del NVA y WIP mejorado del proceso productivo .....	185

## Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de enfrentamiento .....	5
Tabla 2: Frecuencia de ocurrencia.....	6
Tabla 3: Interrelación de las causas .....	8
Tabla 4: Procedimiento de tiempo de cambio .....	50
Tabla 5: Unidad de análisis y Muestra Pre y Post por cada una de las variables.....	58
Tabla 6: Población y muestra de la investigación .....	58
Tabla 7: Cálculo del tamaño de la muestra de la VD1 .....	59
Tabla 8: Cálculo del tamaño de la muestra de la VD2 .....	59
Tabla 9: Cálculo del tamaño de la muestra de la VD1 .....	59
Tabla 10: Técnicas e instrumentos de la investigación .....	61
Tabla 11: Técnica de procesamiento y análisis de datos .....	62
Tabla 12: Clasificación ABC – Familia de alimentos .....	63
Tabla 13: Datos del cálculo del Takt time .....	64
Tabla 14: Actividades del proceso productivo .....	65
Tabla 15: NVA y WIP actual del proceso productivo.....	66
Tabla 16: Tiempo de ciclo actual vs el takt time .....	68
Tabla 17: Nivel de cumplimiento de manufactura esbelta actual.....	69
Tabla 18: Productividad actual .....	70
Tabla 19: Tiempo muerto de espera actual.....	72
Tabla 20: Cronograma de la implementación de manufactura celular .....	74
Tabla 21: Programa de capacitación de manufactura celular .....	75
Tabla 22: Matriz de familias de productos .....	76
Tabla 23: Registro de tomas de tiempos preliminares - actual.....	77
Tabla 24: Cálculo del número de muestras actual.....	78
Tabla 25: Muestra de tiempos - actual .....	78
Tabla 26: Tiempo estándar - actual .....	79
Tabla 27: Características de los procesos actuales .....	83
Tabla 28: Agrupación de células .....	83
Tabla 29: Registro de tomas de tiempos preliminares - mejorado .....	84
Tabla 30: Cálculo del número de muestras mejorado .....	85
Tabla 31: Muestra de tiempos - mejorado .....	85
Tabla 32: Tiempo estándar - mejorado.....	86

Tabla 33: Comparación de la secuencia de trabajo .....	91
Tabla 34: Comparación de la secuencia de trabajo .....	91
Tabla 35: Tiempo muerto de espera mejorado .....	93
Tabla 36: Beneficio económico del objetivo específico 1.....	94
Tabla 37: Tiempo de entrega actual .....	95
Tabla 38: Organización del comité 5S' .....	99
Tabla 39: Programa de capacitación de las 5S' .....	100
Tabla 40: Nivel de cumplimiento inicial de las 5S' .....	104
Tabla 41: Rango de valoración de las 5S' .....	105
Tabla 42: Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios.....	106
Tabla 43: Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios.....	107
Tabla 44: Criterios para la organización de los elementos.....	110
Tabla 45: Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios mejorado.....	111
Tabla 46: Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios mejorado.....	112
Tabla 47: Nivel de cumplimiento final de las 5S' .....	121
Tabla 48: Comparación del antes y después de la implementación de las 5S' .....	123
Tabla 49: Objetivos y metas de la implementación de las 5S' .....	123
Tabla 50: Tiempo de entrega mejorado .....	125
Tabla 51: Beneficio económico del objetivo específico 2.....	126
Tabla 52: Tiempo de cambio actual .....	127
Tabla 53: Tiempo de actividad antes de la implementación del SMED .....	128
Tabla 54: Clasificación de las actividades del proceso actual.....	129
Tabla 55: Cambio de las actividades internas a externas .....	131
Tabla 56: Perfeccionamiento de las tareas externas e internas con SMED.....	132
Tabla 57: Clasificación de las actividades del proceso mejorado .....	133
Tabla 58: Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Armar Batch y Mezclar .....	135
Tabla 59: Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Pre-molienda y Molienda refinada.....	135
Tabla 60: Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Extrusión y Secado .....	136
Tabla 61: Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Engrasado y Empaque .....	136
Tabla 62: Cuadro comparativo de los tiempos mejorados .....	137



Tabla 63: Tiempo de actividad después de la implementación del SMED .....	138
Tabla 64: Comparación de los indicadores del SMED.....	139
Tabla 65: Tiempo de cambio mejorado .....	140
Tabla 66: Beneficio económico del objetivo específico 3.....	141
Tabla 67: Actividades del proceso productivo mejorado .....	141
Tabla 68: NVA y WIP mejorado del proceso productivo .....	142
Tabla 69: Tiempo de ciclo mejorado vs el takt time .....	144
Tabla 70: Nivel de cumplimiento de manufactura esbelta mejorado .....	145
Tabla 71: Productividad mejorada.....	146
Tabla 72: Muestra Pre Test y Post Test del tiempo muerto de espera.....	149
Tabla 73: Resumen de procesamiento de datos del tiempo muerto .....	149
Tabla 74: Análisis descriptivo del tiempo muerto.....	150
Tabla 75: Prueba de normalidad del tiempo muerto .....	151
Tabla 76: Prueba de Wilcoxon del tiempo muerto .....	151
Tabla 77: Muestra Pre Test y Post Test del tiempo de entrega .....	152
Tabla 78: Resumen de procesamiento de datos del tiempo de entrega .....	153
Tabla 79: Análisis descriptivo del tiempo de entrega.....	153
Tabla 80: Prueba de normalidad del tiempo de entrega .....	154
Tabla 81: Prueba de Wilcoxon del tiempo de entrega.....	154
Tabla 82: Muestra Pre Test y Post Test del tiempo de cambio .....	155
Tabla 83: Resumen de procesamiento del tiempo de cambio .....	156
Tabla 84: Análisis descriptivo del tiempo de cambio.....	156
Tabla 85: Prueba de normalidad del tiempo de cambio .....	157
Tabla 86: Estadísticas de muestras emparejadas para el tiempo de cambio.....	157
Tabla 87: Correlaciones de muestras emparejadas para el tiempo de cambio .....	158
Tabla 88: Prueba de T-Student del tiempo de cambio.....	158
Tabla 89: Resumen de resultados .....	159
Tabla 90: Beneficio económico total.....	159

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa de la empresa Naltech SAC.....	4
Figura 2. Diagrama de Pareto de la empresa Naltech SAC.....	7
Figura 3. Tiempos muertos vs Tack time en la empresa Naltech SAC en el 2020. ....	9
Figura 4. Pedidos atendidos a tiempo vs Pedidos atendidos en la empresa Naltech SAC en el 2020. ....	10
Figura 5. Causas de las paradas no planificadas de la máquina extrusora .....	11
Figura 6. Capacidad de producción de la máquina extrusora.....	11
Figura 7. Organigrama de la empresa.....	20
Figura 8. Mapa de procesos de la empresa.....	21
Figura 9. Crecimiento histórico de la empresa Naltech SAC.....	23
Figura 10. Historia del Lean Manufacturing .....	24
Figura 11. Matriz producto-proceso .....	35
Figura 12. Célula Tipo Lineal.....	39
Figura 13. Célula Tipo Serpentina.....	40
Figura 14. Célula Tipo “U” .....	40
Figura 15. Célula Tipo “U” Invertida.....	41
Figura 16. Matriz producto-proceso .....	41
Figura 17. Las 7 eficacias .....	42
Figura 18. Tipo de cambio a formato .....	49
Figura 19. Tiempo de cambio.....	51
Figura 20. Conversión del tiempo de cambio.....	52
Figura 21. Mapa conceptual del fundamento teórico .....	54
Figura 22. Diagrama de Pareto de la familia de productos .....	64
Figura 23. VSM actual del proceso productivo de alimentos extruidos.....	67
Figura 24. Tiempo ciclo actual vs Takt time .....	68
Figura 25. Tareas a realizar según el ciclo de Deming – Manufactura celular .....	73
Figura 26. Capacitación de los trabajadores .....	75
Figura 27. Diagrama de análisis de proceso actual .....	82
Figura 28. Diseño de las células de manufactura .....	87
Figura 29. Diagrama de análisis de proceso mejorado.....	89
Figura 30. Ideas y oportunidades de manufactura celular .....	92
Figura 31. Implementación de las 5S´ en función al ciclo Deming .....	96

Figura 32. Cronograma de actividades de la implementación de las 5S' .....	97
Figura 33. Difusión de la implementación de las 5S' .....	98
Figura 34. Estructura Organizacional del comité 5S' .....	98
Figura 35. Integrantes del comité 5S' .....	100
Figura 36. SEIRI - Inicial .....	101
Figura 37. SEITON - Inicial .....	102
Figura 38. SEISO - Inicial .....	103
Figura 39. Nivel de cumplimiento inicial de las 5S' .....	105
Figura 40. Modelo de tarjeta roja .....	108
Figura 41. Implementación de las tarjetas rojas .....	108
Figura 42. Informe de implementación de las tarjetas rojas .....	109
Figura 43. Antes y después de la organización de la zona de almacenamiento .....	110
Figura 44. Antes y después de la organización de zona de almacenamiento .....	110
Figura 45. Antes y después de la organización de producto terminado .....	111
Figura 46. Check list del nivel de cumplimiento del SEISO inicial .....	113
Figura 47. Instructivo de limpieza y desinfección de maquinaria y equipos .....	114
Figura 48. Check list del nivel de cumplimiento del SEISO mejorado .....	115
Figura 49. Lista de verificación de las 3S inicial .....	116
Figura 50. Estandarización de la etapa de SEIRI .....	117
Figura 51. Estandarización de la etapa de clasificación de los objetos .....	118
Figura 52. Estandarización de la etapa de limpieza .....	118
Figura 53. Lista de verificación de las 3S mejorado .....	119
Figura 54. Reconocimiento a los miembros del equipo 5S' .....	120
Figura 55. Nivel de cumplimiento final de las 5S' .....	122
Figura 56. Ideas y oportunidades de manufactura celular .....	124
Figura 57. Actividades internas y externas actual .....	130
Figura 58. Actividades internas y externas actual .....	134
Figura 59. VSM mejorado del proceso productivo de alimentos extruidos .....	143
Figura 60. Tiempo ciclo mejorado vs Takt time .....	144

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar en qué medida la implementación de Manufactura Esbelta mejorará la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021. La metodología de investigación estuvo dada por un enfoque cuantitativo, del tipo aplicada, nivel explicativo y un diseño pre experimental. Los resultados obtenidos fueron que; con la implementación de manufactura celular, mediante el balanceo de la línea y el diseño de las nuevas células de trabajo, se redujo el tiempo muerto en un 61.97% pasando de 6723 segundos/tn a 2557 segundos/tn; con la implementación de 5S'; mediante la aplicación de sus cinco pilares, se redujo el tiempo de entrega en un 5.62% pasando de 2679.77 horas a 2529.19 horas; y con la implementación de SMED, mediante la clasificación y conversión de las actividades internas a externas, se redujo el tiempo de cambio en un 39.59% pasando de 442.63 horas a 267.39 horas. Finalmente se concluye que, con la implementación de las herramientas de Manufactura esbelta se mejoró la productividad en un 8.97% del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021; pasando de 1.45 tn/h a 1.58 tn/h.

**Palabras clave:** Productividad, Manufactura Esbelta, Manufactura Celular, 5S', SMED.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research was to determine to what extent the implementation of Lean Manufacturing will improve the productivity of the extruded feed process for fish and shrimp in the company Naltech SAC, year 2021. The research methodology was given by a quantitative approach, of the type applied, explanatory level and a pre-experimental design. The results obtained were what; With the implementation of cellular manufacturing, through the balancing of the line and the design of the new work cells, the dead time was reduced by 61.97%, going from 6723 seconds/tn to 2557 seconds/tn; with the implementation of 5S'; Through the application of its five pillars, the delivery time was reduced by 5.62%, going from 2679.77 hours to 2529.19 hours; and with the implementation of SMED, through the classification and conversion of internal to external activities, the changeover time was reduced by 39.59%, going from 442.63 hours to 267.39 hours. Finally, it is concluded that, with the implementation of lean manufacturing tools, productivity was improved by 8.97% of the process of extruded food for fish and shrimp in the company Naltech SAC, year 2021; going from 1.45 tn/h to 1.58 tn/h.

**Keywords:** Productivity, Lean Manufacturing, Cellular Manufacturing, 5S', SMED.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el mercado de alimentos acuícolas estima un incremento anual del 55% para los años del 2021 a 2026, lo que significa un incremento de la demanda de alimentos extruidos para peces, dicho incremento ha sido posible por la aplicación de metodologías de ingeniería generando la mejora continua en el proceso productivo (Research and Markets, 2021).

La presente investigación tiene como objeto de estudio a la empresa Naltech SAC, teniendo el nombre comercial de AQUATECH es una empresa dedicada a la comercialización y producción de alimentos extruidos para la industria acuícola y demás alimentos para mascotas cuenta con tres líneas de producción, la primera dedicada a la extrusión de soya integral y las dos líneas más dedicadas a la extrusión para acuicultura.

En el año 2020, la empresa ha permitido incluir tecnología de primera generación en sus líneas de producción como una línea semi automatizada, sin embargo, se ha identificado una serie de ocurrencias en la productividad de la empresa a los elevados tiempos muertos, tiempos de entrega y tiempos de cambio del sistema productivo.

Ante ello, se planteó la siguiente pregunta: ¿En qué medida la implementación de Manufactura Esbelta mejorará la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021?

Por lo que, el presente estudio se encuentra orientado a determinar en qué medida la implementación de Manufactura Esbelta mejorará la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

En función a lo mencionado, el estudio tiene la siguiente estructura: capítulo I planteamiento del problema donde se describe y formula el problema, la importancia y justificación, delimitación y objetivos; capítulo II marco teórico donde se describe el marco histórico, investigaciones relacionadas al tema, estructura teórica y científica, definición de términos básicos, fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis, formulación de hipótesis y variables; capítulo III marco metodológico, donde se describe el enfoque, tipo, método y diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos y la descripción de procedimientos, capítulo IV resultados dado por la descripción de los resultados y su análisis; y finalmente por las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción del Problema

En el año 1930 se construyó la primera máquina extrusora para la elaboración de pastas, sin embargo, fue modificada para la producción de alimentos acuícolas, mascotas y hasta para alimentos humanos como los cereales, snacks y dulces. En 1970, se utilizó la extrusora para la elaboración de alimentos para peces y camarones, aunque no se expandió su uso por la indeseada flotación del producto, siendo agregadas pequeñas aberturas en las matrices en la fabricación de las máquinas permitiendo un avance tecnológico (Al-Saiady, 2019).

Por otro lado, el incremento de la demanda de pescados ha estimulado la acuicultura a la exportación y la implementación de una práctica científica de gestión de la acuicultura (SAMP). Cuyo resultado a lograr es la expansión de la piscicultura, brindando una oportunidad para que se expanda el negocio de alimentos acuícolas (Al-Saiady, 2019).

Se prevé que la tendencia de la piscicultura se desarrolle debido a la oferta restringida de alimentos marinos y al crecimiento de la demanda de pescado, creando una oportunidad para que florezca la industria de alimentos compuestos (Al-Saiady, 2019).

A nivel internacional, el mercado de alimentos acuícolas estima un incremento anual del 55% para los años del 2021 a 2026, lo que significa un incremento de la demanda de alimentos extruidos para peces. El mercado mundial de estos alimentos está liderado por Cargill Incorporated, Nutreco NV y Charoen Paokphand Group con una participación del 62% (Research and Markets, 2021).

Estas importantes empresas están invirtiendo en nuevos bienes y mejoras, expansiones y adquisiciones de productos para ayudar a que sus negocios crezcan. Al desarrollar nuevas fábricas de alimentos acuícolas, las grandes corporaciones están ganando una participación de mercado significativa. BioMar, por ejemplo, invirtió 40 millones de euros en 2020 para establecer una nueva fábrica de alimentos acuícolas en Australia. La planta generará hasta 100 000 toneladas métricas de alimentos al año para ayudar al sector acuícola de Australia, así como Oceanía (Research and Markets, 2021).

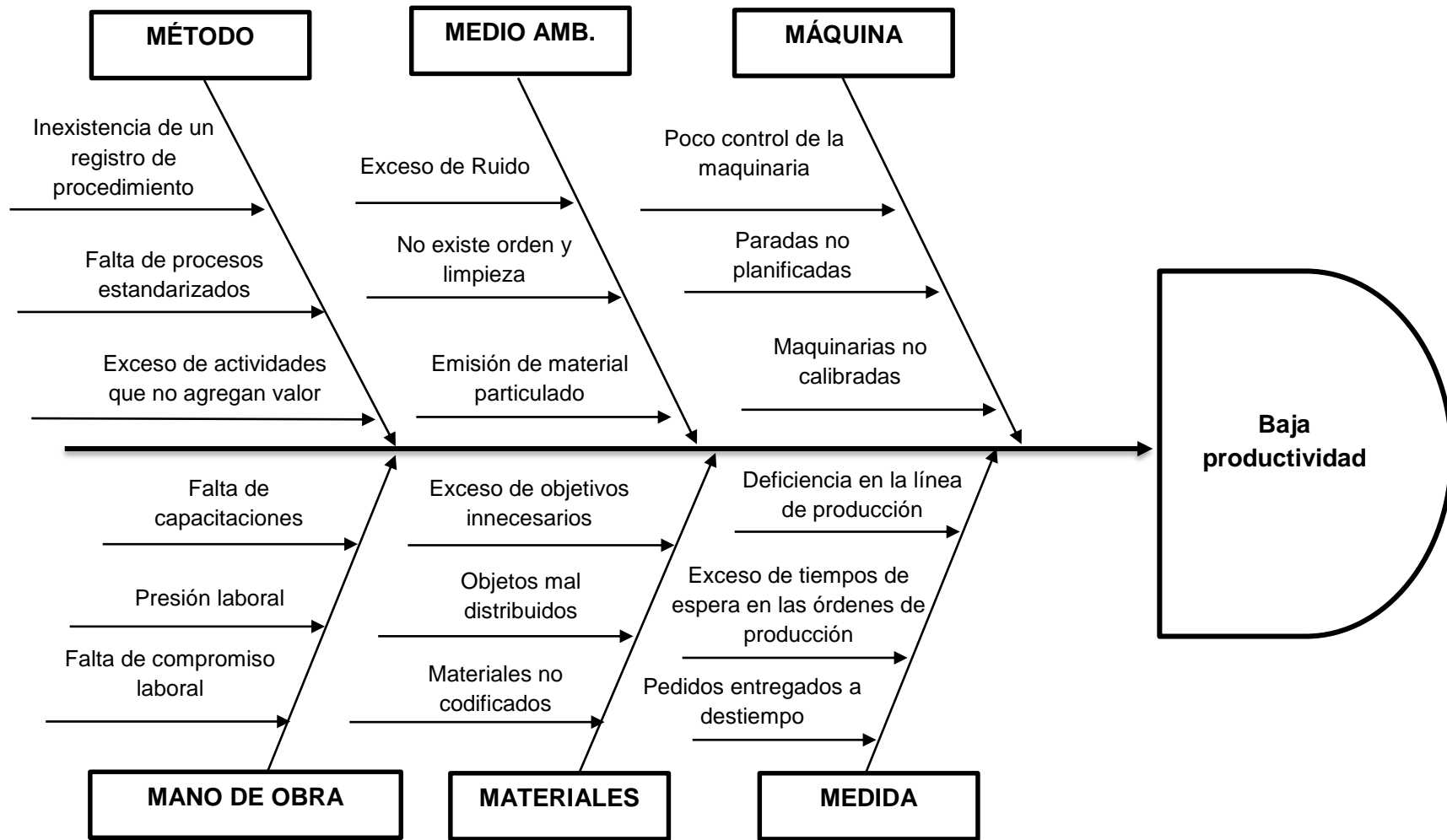
En el Perú, las empresas dedicadas a la elaboración de alimentos extruidos para peces son Aquatech, Vitapro, Naltech, HANfish, Nicovita Terap, entre otras. Sin embargo, existen empresas dedicadas a la industria acuícola y porcicultora que utilizan prensas peletizadoras, tales como: Redondos, San Fernando, Avinka, Granja Sinchi, entre otros. La producción de alimento extruido para acuicultura en el Perú está esencialmente encaminada hacia el cultivo de especies como la Trucha, Tilapia, Paiche, Paco Gamitana, crustáceos como el langostino (Mendoza, 2020).

En la actualidad, las empresas avícolas a nivel nacional enfrentan una mayor demanda de sus productos como resultado del comportamiento de los clientes, lo que les obliga a adoptar tácticas competitivas similares a sus contrapartes en el sector industrial; así como para potenciar sus procesos y, en consecuencia, su productividad.

En tal sentido, las empresas avícolas tienen como primordial objetivo satisfacer la demanda del mercado mediante el incremento de su productividad a través de mejoras en el área de producción las cuales son factibles con la aplicación y/o implementación de herramientas de Lean Manufacturing.

La empresa Naltech SAC, teniendo el nombre comercial de AQUATECH es una empresa dedicada a la comercialización y producción de alimentos extruidos para la industria acuícola y demás alimentos para mascotas cuenta con tres líneas de producción, la primera dedicada a la extrusión de soya integral y las dos líneas más dedicadas a la extrusión para acuicultura. La marca Aquatech identifica alimentos para acuicultura del Grupo Redondos, el crecimiento de la empresa ha permitido incluir tecnología de primera generación en sus líneas de producción como una línea semi automatizada, sin embargo, se ha identificado una serie de ocurrencias en la productividad de la empresa causadas por la inexistencia de un registro de procedimiento, la falta de procesos estandarizados, el exceso de actividades que no agregan valor, el exceso de ruido, no existe orden y limpieza, la emisión de material particulado, poco control de la maquinaria, paradas no planificadas, maquinarias no calibradas, deficiencia en la línea de producción, exceso de tiempos de espera en las órdenes de producción, pedidos entregados a destiempo, exceso de objetos innecesarios, objetos mal distribuidos, materiales no codificados, falta de capacitaciones, presión laboral y falta de compromiso laboral, tal como se observa en la figura 1.





**Figura 1.** Diagrama de Ishikawa de la empresa Naltech SAC

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1:**  
Matriz de enfrentamiento

N°	Causa	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Total
C1	Inexistencia de un registro de procedimiento	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	11
C2	Falta de procesos estandarizados	3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	3	1	1	3	3	3	25
C3	Exceso de actividades que no agregan valor	0	0	3	3	0	1	3	0	1	0	3	0	3	1	3	3	3	3	27
C4	Exceso de ruido	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
C5	No existe orden y limpieza	1	0	1	3	1	1	3	1	1	0	0	0	3	1	1	3	3	3	25
C6	Emisión de material particulado	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	7
C7	Poco control de la maquinaria	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	6
C8	Paradas no planificadas	3	3	3	1	0	3	1	3	3	3	0	1	3	3	0	0	0	0	30
C9	Maquinarias no calibradas	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	8
C10	Deficiencia en la línea de producción	3	0	3	1	3	3	3	0	0	1	3	3	3	3	3	3	3	3	38
C11	Exceso de tiempos de espera en las órdenes de producción	3	1	0	3	1	3	3	0	1	0	3	0	0	0	1	3	3	3	25
C12	Pedidos entregados a destiempo	3	0	3	3	3	1	3	1	3	0	3	3	3	3	3	1	1	1	35
C13	Exceso de objetos innecesarios	0	0	0	1	0	1	1	0	3	0	1	0	1	1	1	1	1	1	12
C14	Objetos mal distribuidos	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7
C15	Materiales no codificados	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
C16	Falta de capacitaciones	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
C17	Presión laboral	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
C18	Falta de compromiso laboral	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>270</b>

Fuente: Elaboración propia

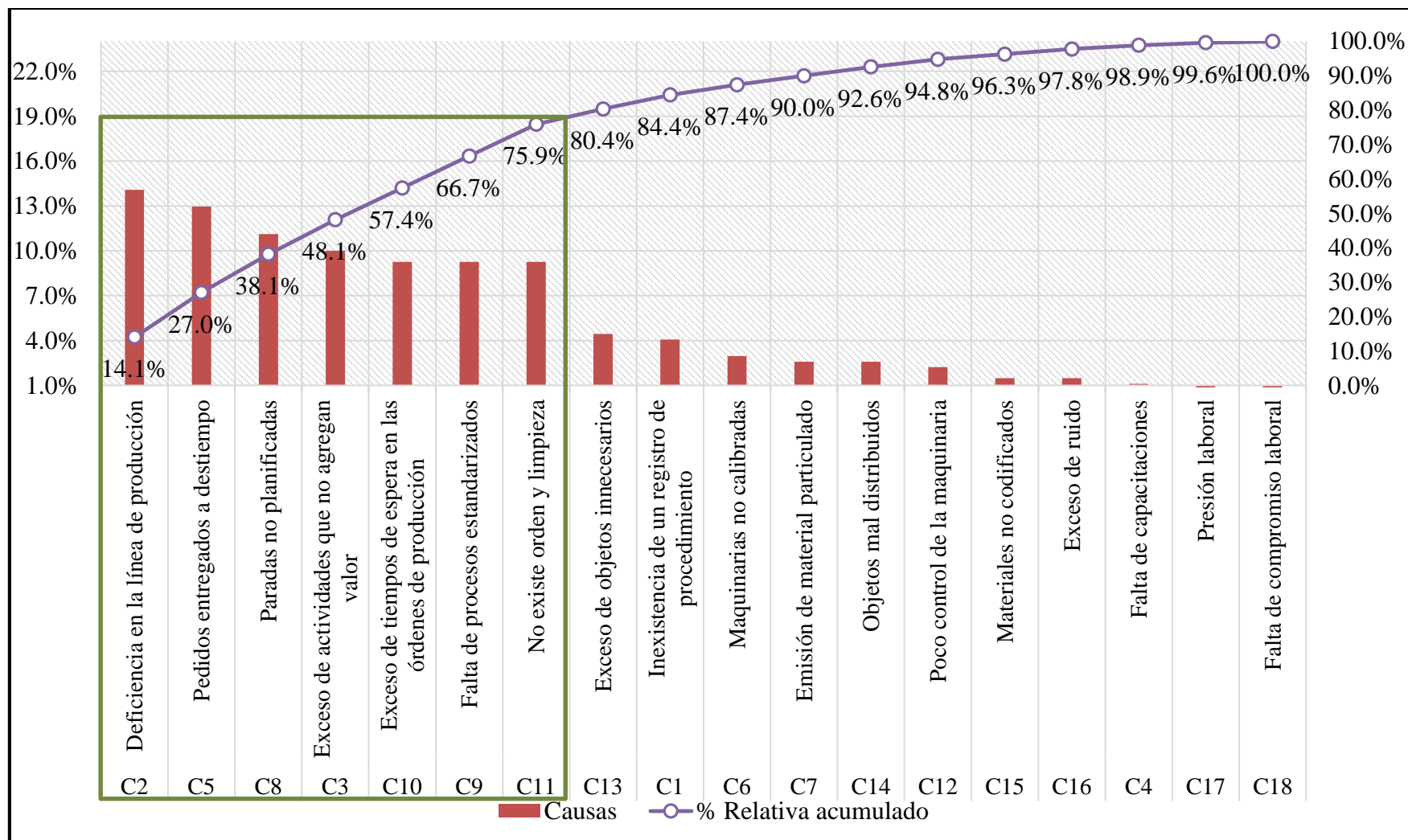
En la tabla 1 se observa la matriz de enfrentamiento de las causas la cual tiene un valor de 0 cuando no existe relación, de 1 cuando existe una relación moderada y de 3 cuando existe una relación fuerte.

Posterior a ello, se realizó en la tabla 2 la frecuencia de ocurrencia con los datos obtenidos de la matriz de enfrentamiento las cuales indican que las causas que representan el 80% de la baja productividad de la empresa son: las deficiencias en la línea de producción, pedidos entregados a destiempo, paradas no planificadas, exceso de actividad que no agregan valor, exceso de tiempos de espera en las órdenes de producción, la falta de procesos estandarizados y la inexistencia de orden y limpieza; siendo así visualizada en la figura 2.

**Tabla 2:**  
Frecuencia de ocurrencia

N°	Causas	Total	Fre. Acumulada	% Relativa unitario	% Relativa acumulado	Pareto
C2	Deficiencia en la línea de producción	38	38	14.1%	14.1%	
C5	Pedidos entregados a destiempo	35	73	13.0%	27.0%	
C8	Paradas no planificadas	30	103	11.1%	38.1%	
C3	Exceso de actividades que no agregan valor	27	130	10.0%	48.1%	80%
C10	Exceso de tiempos de espera en las órdenes de producción	25	155	9.3%	57.4%	
C9	Falta de procesos estandarizados	25	180	9.3%	66.7%	
C11	No existe orden y limpieza	25	205	9.3%	75.9%	
C13	Exceso de objetos innecesarios	12	217	4.4%	80.4%	
C1	Inexistencia de un registro de procedimiento	11	228	4.1%	84.4%	
C6	Maquinarias no calibradas	8	236	3.0%	87.4%	
C7	Emisión de material particulado	7	243	2.6%	90.0%	
C14	Objetos mal distribuidos	7	250	2.6%	92.6%	
C12	Poco control de la maquinaria	6	256	2.2%	94.8%	20%
C15	Materiales no codificados	4	260	1.5%	96.3%	
C16	Exceso de ruido	4	264	1.5%	97.8%	
C4	Falta de capacitaciones	3	267	1.1%	98.9%	
C17	Presión laboral	2	269	0.7%	99.6%	
C18	Falta de compromiso laboral	1	270	0.4%	100.0%	
<b>Total</b>		<b>270</b>		<b>100.0%</b>		

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.** Diagrama de Pareto de la empresa Naltech SAC

Fuente: Elaboración propia

Según las principales causas encontradas se infieren tres problemas secundarios tal como se observa en la tabla 3 dado por los tiempos muertos, tiempos de entrega y tiempos de cambio ocasionando la baja productividad.

**Tabla 3:**  
Interrelación de las causas

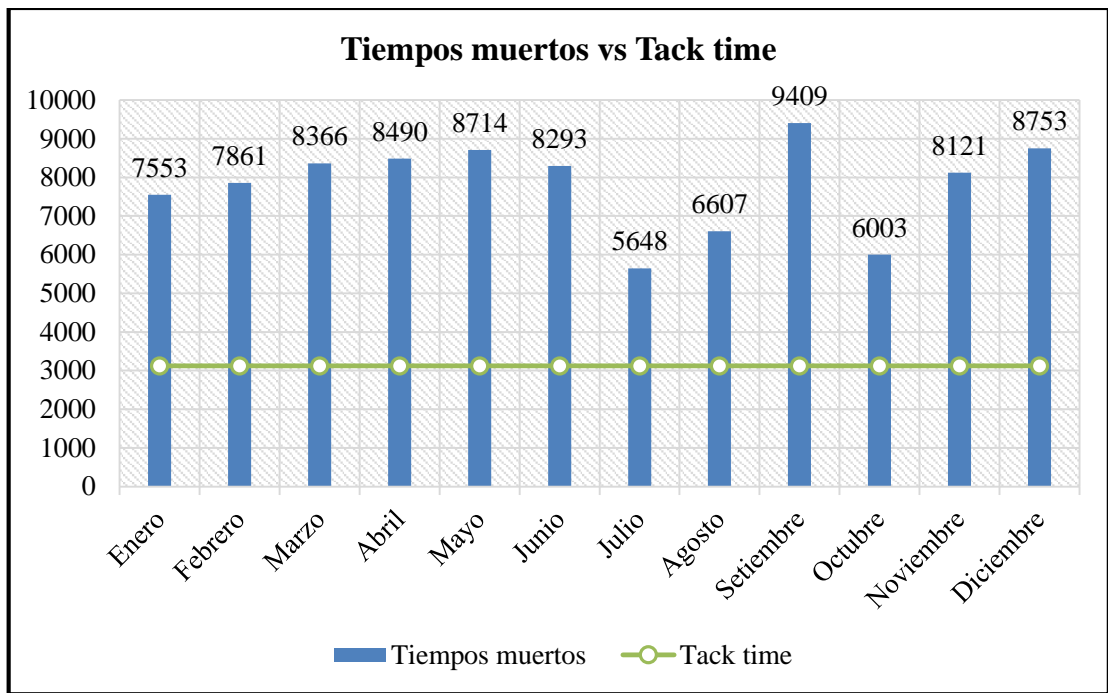
N°	Causas	Problema secundario	Problema principal
C2	Deficiencia en la línea de producción		
C3	Exceso de actividades que no agregan valor	<b>Tiempo muertos</b>	
C10	Exceso de tiempos de espera en las órdenes de producción		<b>Baja productividad</b>
C5	Pedidos entregados a destiempo		
C9	Falta de procesos estandarizados	<b>Tiempo de entrega</b>	
C11	No existe orden y limpieza		
C8	Paradas no planificadas	<b>Tiempo de cambio</b>	

Fuente: Elaboración propia

Siendo el primer problema secundario relacionado por los tiempos muertos en el proceso de elaboración de alimentos extruidos para peces y camarones debido al transporte innecesarios, esperas de trabajo, deficiencia del diagrama de recorrido de la empresa generando exceso de distancias, reproceso de la máquina extrusora en un 10% y exceso de actividades que no agregan valor al proceso productivo siendo así un 40% de tiempos muerto en la línea.

Por ende, esto genera al sistema productivo de alimentos extruidos para peces y camarones exceso de tiempos de esperas en las órdenes de producción dado por la no cobertura de stock y la deficiencia en la línea de producción un lead time no ajustable a lo planificado siendo superior al takt time equivalente al 40% no llegando superar al 90% a causa del exceso de tiempo muertos, el cual afecta en la disminución de la productividad.

En la figura 3 se observa que los tiempos muertos en el año 2020 han sido superior en todos los meses al takt time el cual define el tiempo equilibrado en el proceso de producción evidenciando el impacto en la deficiencia de la línea de producción y en la productividad.

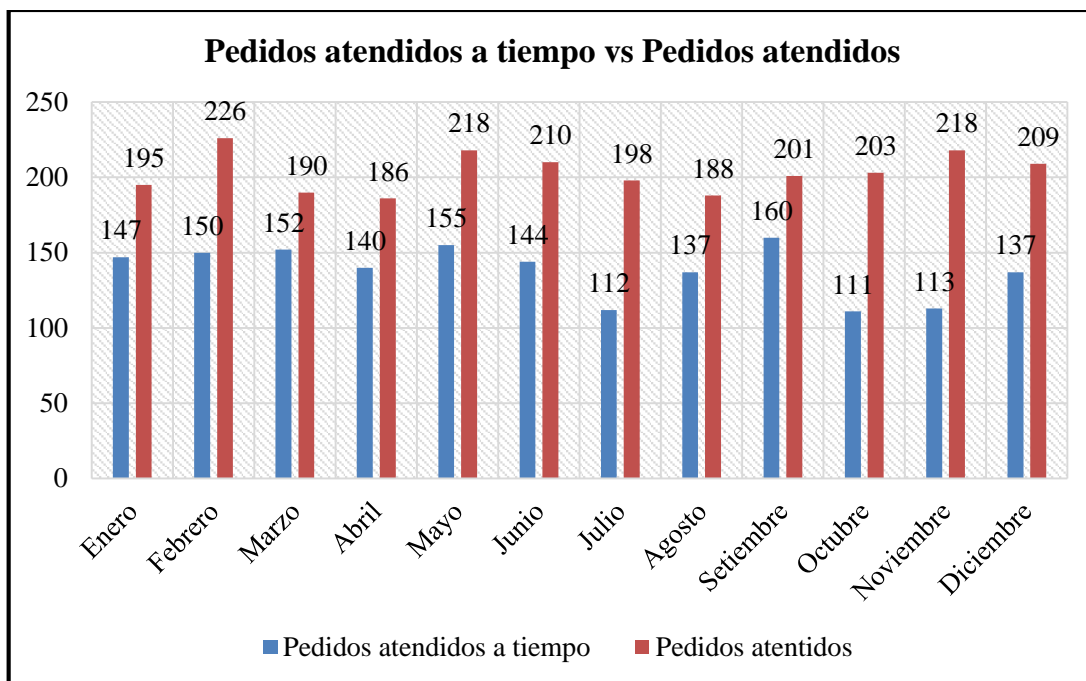


**Figura 3.** Tiempos muertos vs Tack time en la empresa Naltech SAC en el 2020.

Fuente: Naltech SAC.

El segundo problema secundario está relacionado con el tiempo de entrega de los pedidos de la empresa en la elaboración de alimentos extruidos causado por el exceso de objetos innecesarios en el área de producción, objetos fuera de lugar el cual repercute en el orden del área de producción, el incumplimiento de los eventos de limpieza en un 23.82% no existiendo orden y limpieza, la falta de procesos estandarizados y deficiente organización y disciplina en el proceso productivo el cual impacta en el tiempo de entrega aumentando de 6 días a 10 días teniendo así un 15,6% de pedidos entregados a destiempo el cual influye en la disminución de la productividad.

Como se puede observar en la figura 4, en el año 2020, la empresa ha presentado un porcentaje significativo de pedidos entregados a destiempo el cual es consecutivo en todos los meses impactando en la productividad del área de producción.

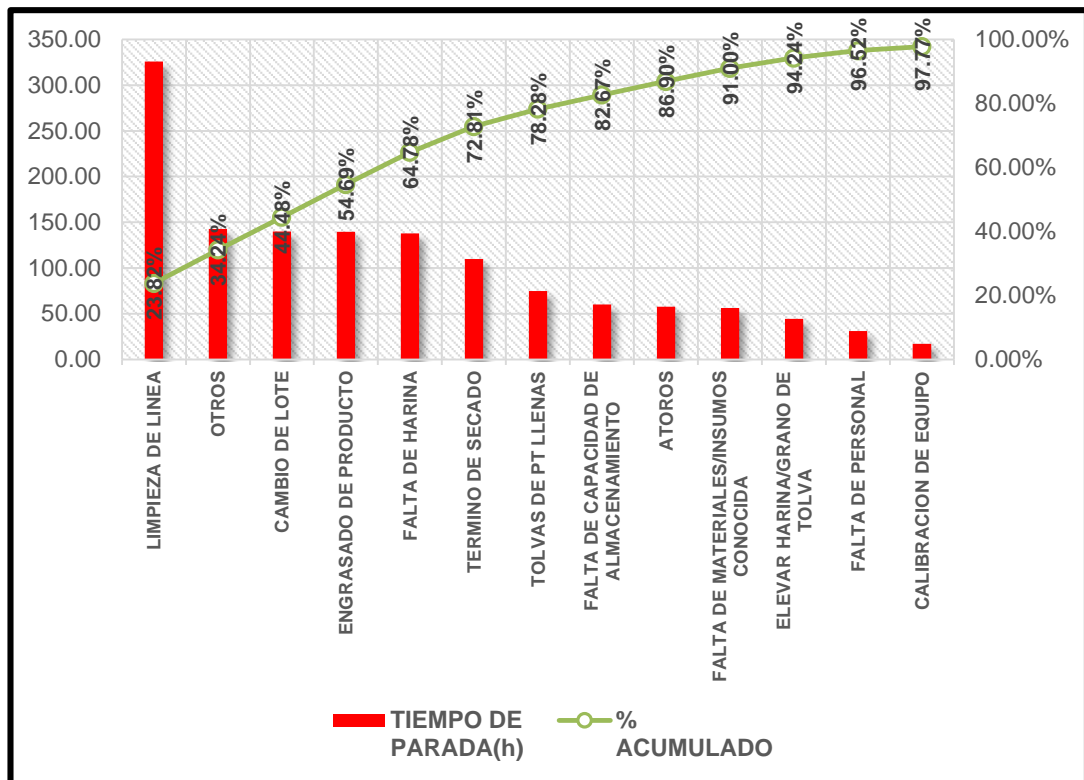


**Figura 4.** Pedidos atendidos a tiempo vs Pedidos atendidos en la empresa Naltech SAC en el 2020.

Fuente: Naltech SAC.

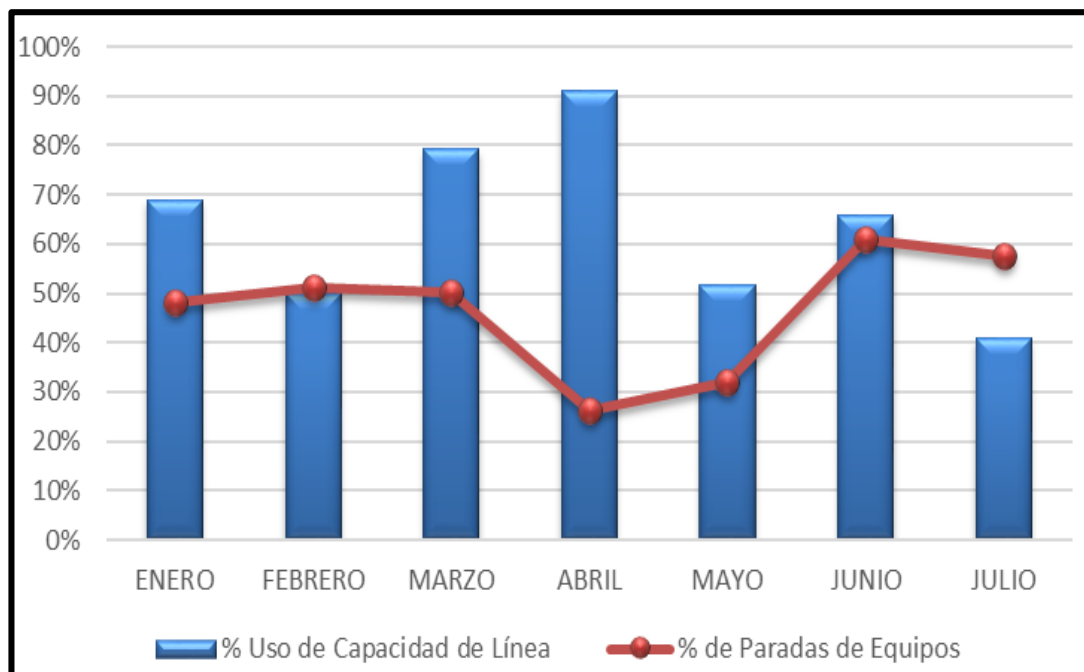
El tercer problema secundario tiene relación con el exceso del tiempo de cambio de la empresa, debido a los tiempos de preparación de las maquinarias en exceso siendo los más representativos los tiempos elevados de cambio de lote en la preparación del equipo extrusor, cambio de componentes y matrices para una nueva presentación del producto demorando en la configuración de los equipos para un nuevo arranque de máquinas desde la preparación de la línea de extrusión hasta el engrasado, falta de harina, termino de secado y tolvas de producto terminado llenas generando el 80% de las causas del tiempo de cambio en exceso, dado a que las actividades internas y externas tienen una participación semejante y equitativa por la falta de clasificación de las actividades internas y externas y al perfeccionamiento de las mismas generando tiempos que no agregan valor el cual afecta a la disminución de la productividad.

A continuación, se presenta mediante un Pareto los principales motivos de las paradas de la empresa en el periodo 2020.



**Figura 5.** Causas de las paradas no planificadas de la máquina extrusora

Fuente: Naltech SAC.



**Figura 6.** Capacidad de producción de la máquina extrusora

Fuente: Naltech SAC.



De acuerdo a la problemática presentada en la empresa se espera que la manufactura esbelta mejore la productividad de la empresa con la contrastación de los problemas secundarios.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida la implementación de Manufactura Esbelta mejorará la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿En qué medida la implementación de manufactura celular reducirá los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021?
- b) ¿En qué medida la implementación de 5S' reducirá los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021?
- c) ¿En qué medida la implementación de SMED reducirá los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021?

## **1.3. Importancia y Justificación del estudio**

### **1.3.1. Importancia del estudio**

Se realiza la investigación con el propósito de incrementar la productividad de la empresa Naltech SAC, dedicada a la elaboración de alimentos extruidos para peces y camarones. De igual manera, permitirá a empresas con un proceso productivo igual o similar aplicar las herramientas de solución planteadas a fin de incrementar la productividad de todos sus procesos, mejorando la competitividad de las empresas y optimizando los recursos a utilizar.

La presente investigación permite absolver los problemas del proceso producción de la empresa debido a tiempos muertos de espera, cobertura de stock, lead time de producción, eficiencia de actividades innecesarias,

eficiencia de limpieza y orden, eficiencia de producción, disponibilidad de la línea de producción, eficiencia global de los equipos de la línea de producción, inexistencia de indicadores de control de la productividad y producción de la empresa.

Así mismo, tiene como finalidad la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing, tales como: Manufactura celular, 5S' y SMED, con el objetivo de incrementar la productividad en la empresa Naltech SAC, dedicada a la elaboración de alimentos extruidos para peces y camarones.

La utilidad empresarial que presentó la presente investigación, con la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, estuvo dada con el incremento de la productividad, y por ende un alza en las ventas de alimento extruido para peces y camarones, representadas en los ingresos mensuales de la empresa y en el margen de utilidad que genera la misma, con la optimización de sus recursos.

Los beneficios que presenta la presente investigación será un mejoramiento visual del ambiente de trabajo, reducción del tiempo de búsqueda, de tiempos muertos de espera, del tiempo de preparación de las máquinas, incremento de actividades productivas, de la eficiencia, eficacia y productividad de la empresa

Finalmente, la investigación se ejecutó con la intención de brindar el conocimiento del proceso de elaboración de alimentos extruidos para peces y camarones, así mismo la búsqueda de información respecto a las herramientas de manufactura esbelta con el fin de mejorar la productividad del sistema de producción existente en la empresa Naltech SAC para alcanzar un nivel alto de competitividad en relación a diversas del mismo rubro, en la búsqueda del aumento de la rentabilidad, agregar valor al cliente, incrementar la calidad del producto y sirva de ejemplo de modelo de excelencia y productividad en beneficio para los accionistas, trabajadores, proveedores, clientes y para el Perú.

### **1.3.2. Justificación del estudio:**

Justificación práctica:

Según Gallardo (2017), una justificación práctica, es resolver un problema específico mediante el desarrollo de una investigación afectando indirecta y directamente a una realidad proponiendo estrategias de solución. La presente investigación su justificación práctica, es mejorar el proceso de producción de alimentos extruidos para peces y camarones a través de manufactura esbelta, reduciendo las inactividades, tiempos muertos y cumpliendo al 100% los pedidos solicitados permitiendo incrementar su productividad, ejecutando la planificación de la producción y mejorando la calidad de los productos, teniendo como resultado en la empresa un proceso productivo una mayor capacidad y siendo más óptimo, para cumplir con la demanda insatisfecha y generar mayor aportación en el mercado.

Justificación Metodológica:

Según Ñaupas et al. (2018), metodológicamente se justifica porque indica el manejo de instrumentos, herramientas y técnicas útiles para indagaciones futuras. El presente estudio metodológicamente se justifica, con el objetivo de mejorar la productividad de la empresa Naltech SAC se efectuará las herramientas de Lean Manufacturing, mediante la metodología de implementación de cada una de ellas la cual aporta mejoras en los procesos productivos del sector de alimentos extruido percibiendo así una contribución económica en la empresa. Para contrarrestar la problemática actual, se emplearán las siguientes herramientas de solución: Manufactura Celular, que a través del flujo del proceso permitirá identificar los desperdicios existentes en el proceso productivo; los 5'S, logrará la planificación de la producción de la empresa a través de los cinco pilares fundamentales la clasificación, el orden, un plan de limpieza, la estandarización de las tres S y la disciplina de toda la metodología; el SMED, debido a que reducirá los tiempos de producción y por ende incrementará la productividad de la empresa.

#### Justificación económica:

Según Baena (2017), económicamente una justificación revela si el estudio consiente recuperar la inversión realizada en su ejecución, así como la rentabilidad que fundará, consintiendo mejorar los resultados de una empresa. El presente estudio se justifica económicamente, porque al mejorar la productividad de los productos de la empresa le condescenderá ser más competitivo en relación de los competidores, lo que resultará en una mayor lealtad de los clientes, menores costos operativos mediante la eliminación de desechos y ahorro de recursos, y por ende un mayor incremento de las ventas mejorando la rentabilidad de la empresa Naltech SAC.

#### Justificación social:

Según Fernández-Bedoya (2020), se provee una justificación social cuando un estudio atraviesa la sociedad y significa un alcance o proyección social, auxiliando en la resolución de problemas que afectan a un determinado grupo social. El presente estudio se justifica socialmente, porque la continuidad del proceso de producción de alimentos extruidos para peces y camarones por parte de la empresa Naltech SAC contribuirá en la acuicultura peruana, generando una sustentabilidad de la población en la preservación de alimentos marítimos tales como peces y camarones, entre otros y así mismo en su posterior consumo, además beneficiará a la población peruana en su nutrición y en generación de puestos de trabajo en favor de una calidad de vida mejor.

#### Justificación ecológica:

Según Baena (2017), una justificación ambiental o ecológica muestra si el estudio comprende un examen global y extenso de los componentes claves, reconociendo un posible conflicto ambiental e identificando acciones con un interés positivo en relación con el efecto ambiental. El presente estudio se justifica ecológicamente, porque con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en el proceso de elaboración de peces y camarones en la empresa Naltech SAC permitirá la reducción de mermas y por ende una contribución con el medio ambiente en la reducción de generación de residuos sólidos.

## **1.4. Delimitación del estudio**

### **Limitación espacial**

La Presente investigación se realizará en la empresa Naltech SAC en su sede de la planta de elaboración de alimentos extruidos ubicada en la carretera Panamericana Norte km 157 S/N- CP- Mazo- Huaura – Lima.

### **Limitación temporal**

El período de la investigación se realizó el análisis del pre test de la productividad con sus dimensiones tiempos muertos, tiempo de entrega y tiempo de cambio en los meses de enero, febrero, marzo y abril del año 2021, posterior a ello se realizó la implementación de manufactura esbelta con un periodo de tiempo de 2 meses de mayo y junio, y finalmente el análisis del post test de la productividad con sus dimensiones tiempos muertos, tiempo de entrega y tiempo de cambio en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del año 2021.

### **Limitación teórica**

La metodología que se aplicará para mejorar la productividad del proceso de elaboración de alimentos extruidos para peces y camarones será en base a herramientas de manufactura esbelta, tales como: Manufactura celular, 5S', SMED.

## **1.5. Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar en qué medida la implementación de Manufactura Esbelta mejorará la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar en qué medida la implementación de manufactura celular reducirá los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

- b) Determinar en qué medida la implementación de 5S' reducirá los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.
- c) Determinar en qué medida la implementación de SMED reducirá los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Marco histórico**

##### **Producción de alimentos extruidos**

En el año 1930 se construyó la primera máquina extrusora para la elaboración de pastas, sin embargo, fue modificada para la producción de alimentos acuícolas, mascotas y hasta para alimentos humanos como los cereales, snacks y dulces. En 1970, se utilizó la extrusora para la producción de alimentos para peces y camarones, aunque no se expandió su uso por la indeseada flotación del producto, siendo agregadas pequeñas aberturas en las matrices en la fabricación de las máquinas permitiendo un avance tecnológico (Al-Saiady, 2019).

En 1995 la producción mundial de alimentos extruidos para peces alcanzó un total de 52.5 millones de toneladas teniendo así un crecimiento anual de 8.4% hasta el año 2008 incrementando de 7.6 millones a 29.3 millones, siendo el aceite de pescado y la harina los alimentos de mayor demanda en el sector acuícola, sin embargo, diversas investigaciones manifiestan alternativas de materia prima para la elaboración de alimentos extruidos para peces, tales como microorganismos, plantas y otras fuentes de proteína animal (Hoyos et al., 2017).

En el 2002 nació la interacción de ingredientes y procesos en la producción de alimentos extruidos para peces y camarones, donde la selección de los ingredientes se debe básicamente del tipo de proceso ya sea extrusión o peletización debido a que afecta directamente a las características del producto con relación a la textura, densidad, flotabilidad, color y forma (Bortone, 2018).

Los ingredientes más utilizados para la producción de alimentos extruidos para peces y camarones son: de origen animal (harinas de pescado, harina de sangre, pescado crudo, vacunos, harinas de carne, cerdo, aves y hueso), de origen vegetal (harina de trigo, harina de algodón, harinas de soya y otras harinas oleaginosas) y farináceos (trigo, harinillas de trigo, sorgo, germen de trigo, afrecho de trigo, harina de arroz y subproductos de maíz). Es importante adicionar ingredientes de calidad, seleccionados acorde a los estándares nutricionales para obtener un producto de buena calidad (Bortone, 2018).

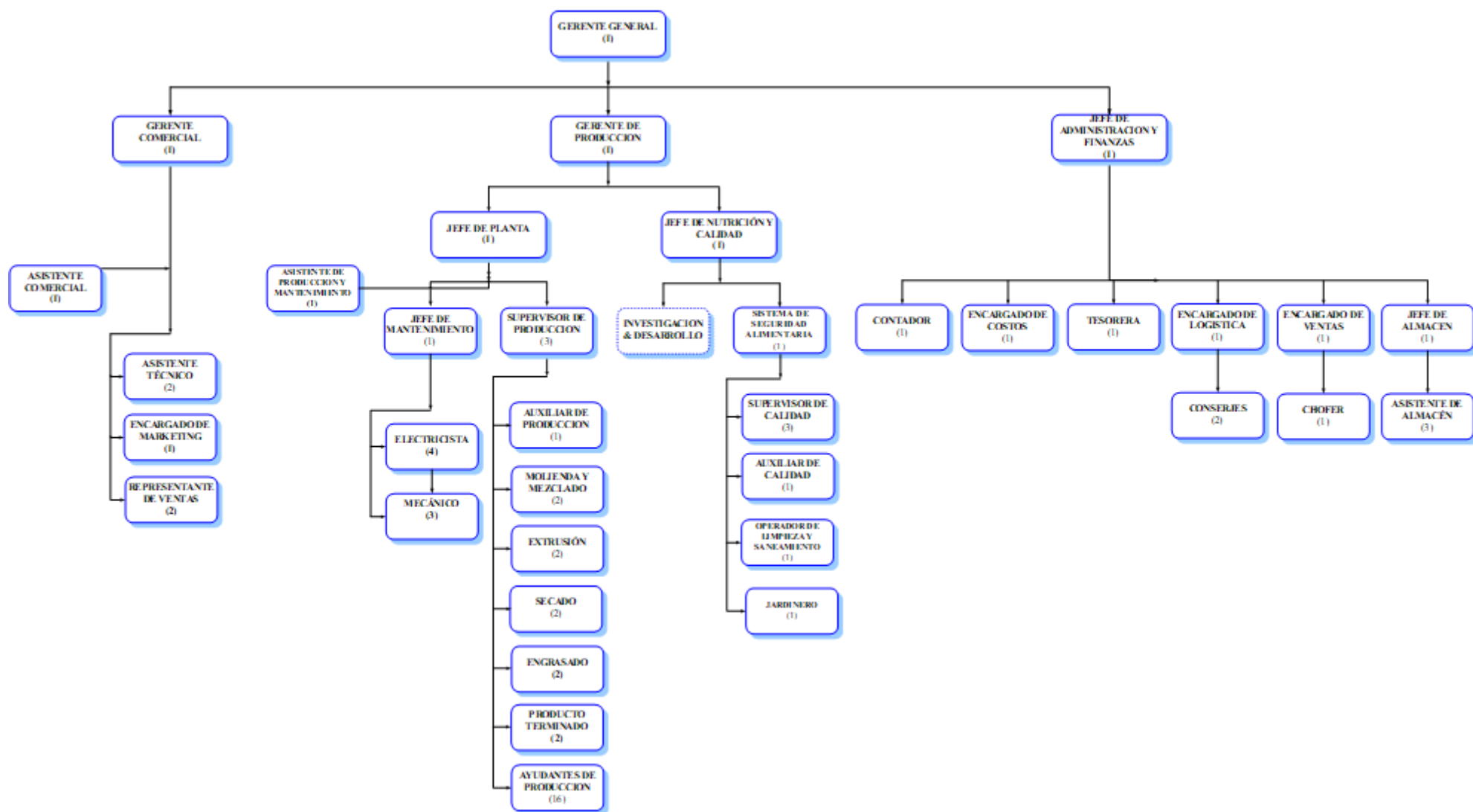
La empresa Nutritional Technologies (Naltech), inscrita con el R.U.C.: 20502569369, es una empresa creada por profesionales peruanos de extensa experiencia en tecnologías y nutrición de alimentos con el objeto de aplicar los últimos avances tecnológicos de transformación de alimentos para abastecer al Perú y al mundo de Ingredientes procesados para la nutrición animal y Alimentos Balanceados especiales con énfasis en acuicultura, así como asistencia técnica en nutrición aplicada.

Naltech fue fundada en el año 2001 y cuenta con una sede de oficinas localizada en la Cal. Coronel Inclán Nro. 221 Dpto. 505 en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima y una planta de producción ubicada estratégicamente en Mazo, distrito de Vegueta, provincia de Huaura, en el Km. 157 de la Antigua Panamericana Norte, ya que eso les permite desarrollar sus actividades en un ambiente tranquilo, cerca de sus clientes y mercados potenciales.

En la figura 7 se muestra el organigrama de la empresa Naltech SAC., el cual está conformado por el gerente general, el gerente comercial con 6 trabajadores, gerente de producción con 48 trabajadores y el jefe de administración y finanzas con 12 trabajadores.

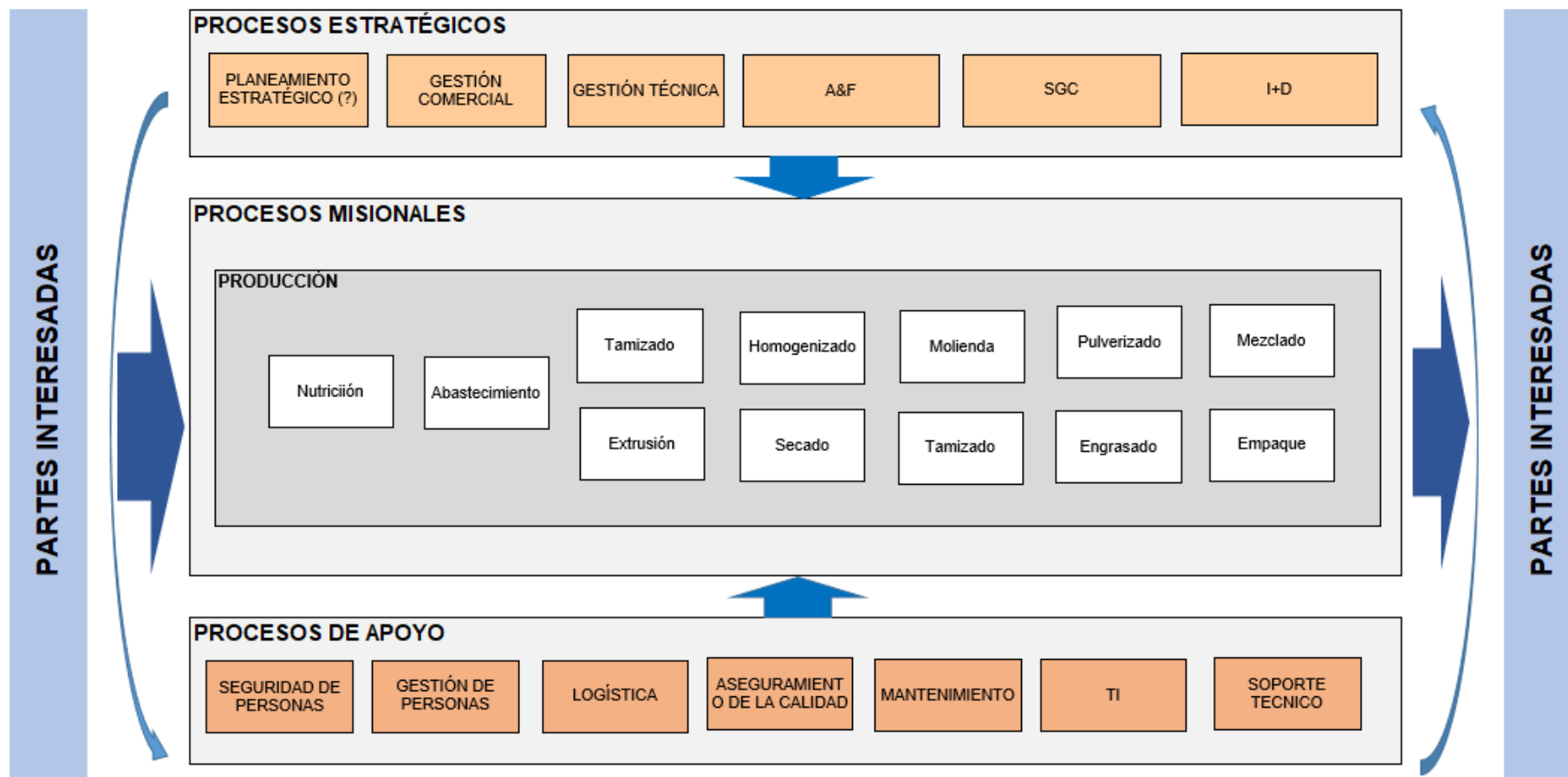
En la figura 8 se aprecia el mapa de procesos de la empresa Naltech SAC, dado por 6 procesos estratégicos, 1 proceso misional y 6 procesos de apoyo.





**Figura 7.** Organigrama de la empresa

Fuente: Naltech SAC.



**Figura 8.** Mapa de procesos de la empresa

Fuente: Naltech SAC.

La planta de producción inició sus actividades con la producción de alimento de harina integral de soya para industria avícola y contaba con una sola línea de extrusión.

El 2004 decide incursionar en el mercado de alimento para truchas y tilapias siendo su principal mercado la zona sur del Perú la capacidad de producción era de 10 tn/hr en soya integral y de 4 tn/hr en alimento balanceado para truchas-

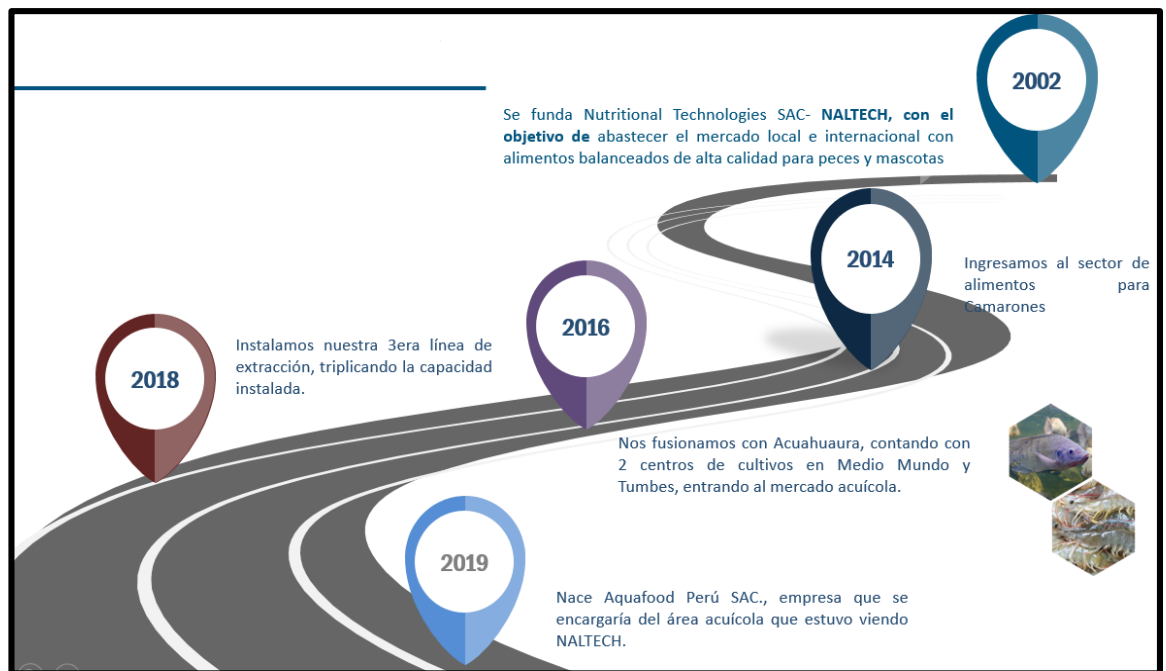
A medida que el mercado fue creciendo, la empresa decide invertir maquinaria moderna para incrementar su capacidad instalada, es así como en el año 2012 inaugura una segunda línea de extrusión de capacidad de 5 tn/hr que permitía atender la demanda creciente de alimento para truchas, y es a partir de esta segunda línea que se incursiona en el mercado de alimento de camarones, cuyo mercado estaba concentrado en la costa norte del Perú.

Es así que en el año 2015 la empresa decide exportar alimento balanceado para camarones para Ecuador, teniendo que implementar sistemas de inocuidad alimentaria como HACCP, GLOBAL GAP, BAP para poder crecer en el mercado internacional-

En el año 2018 se inaugura la línea 3 de producción de alimento balanceado, dicha línea es semi automatizada y es dedicada en un 80% de su producción hacia el alimento para camarones, es así como desde el año 2001 cuando su capacidad instalada de alimento balanceado para acuicultura era de 4 tn/hr paso al año 2021 a 20 tn/ hr. No siendo esta capacidad aún la mejor para atender el mercado nacional, teniendo que utilizar más recursos para cubrir la demanda.

Actualmente a pesar de las inversiones en maquinarias y tecnologías la empresa no logra aumentar la rentabilidad, ya que la productividad se mantiene baja a pesar que existe mercado para crecer, sin embargo se utilizan más recursos en horas-hombre y horas-máquina, teniendo tiempo de paradas prolongados y reclamos de entrega de productos e incumplimiento de requisitos del cliente, la falta de entrenamiento y capacitación en nuevas tecnologías y herramientas de gestión han ido agudizando el problema de la baja productividad.

Dentro del mercado peruano existe una fuerte competencia en la que diversas marcas importadas y grupos económicos locales de todo tamaño están inmersos. Suscitando así una guerra de precios que resulta eventualmente en la disminución del margen de éstos. Naturalmente, todas estas situaciones le atañen también a Naltech.

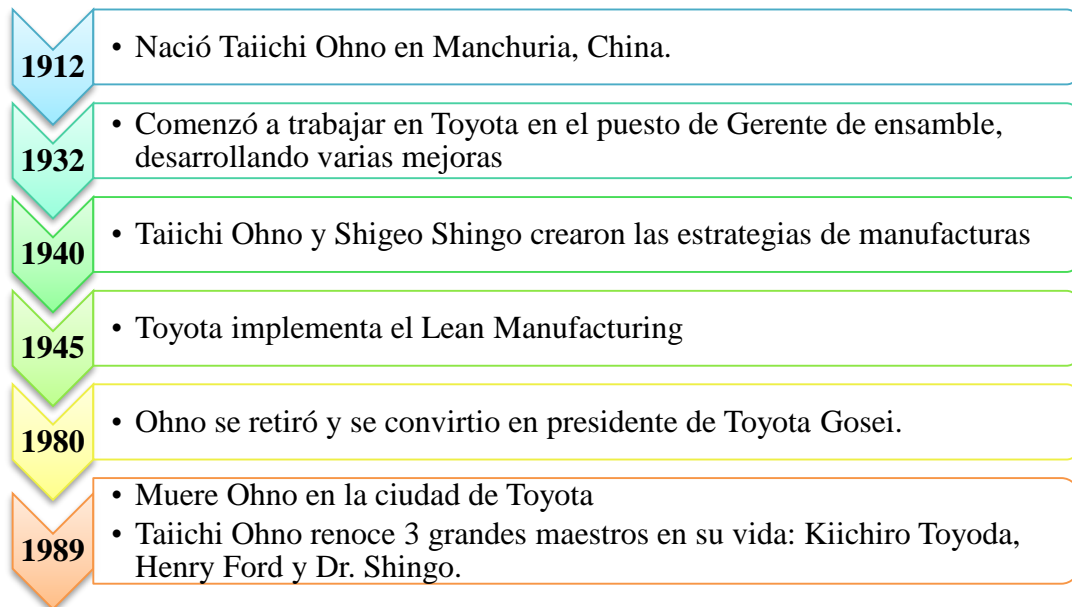


**Figura 9.** Crecimiento histórico de la empresa Naltech SAC

Fuente: Naltech SAC.

### **Manufactura esbelta**

Los inicios del uso del término Lean Manufacturing surgió luego de la Segunda Guerra Mundial, por Taiichi Ohno y Eiji Toyoda, debido a la disminución de la producción de automóviles lo cual los llevó a un análisis muy cuidado y observaron la posibilidad de mejora del sistema de producción. Concluyeron que la producción en masa no iba a dar gratos resultados por lo que se optó por la producción ágil, llamado también “Sistema de Producción Toyota” lo que hoy en día se conoce como Manufactura Esbelta/Ágil (Ibarra & Ballesteros, 2017). En la figura 10 se muestra la evolución del término del Lean Manufacturing desde el nacimiento del creador del término hasta su muerte.



**Figura 10.** Historia del Lean Manufacturing

Fuente: Grados (2020)

### **Manufactura celular**

El origen de la Manufactura Celular, fue dada en el año 1925 por Flandes, derivadas de las tecnologías en grupo. Sin embargo, Shingeo Shingo y Taiichi Ohno en los años 70's, marcan el hito más importante de la manufactura celular en su catalogación del sistema de producción perfecto. La manufactura celular se convirtió en una herramienta esencial para Toyota en la aplicación de otros modelos tales como el Jit y Flujo de una sola pieza (Jonas & Wamack, 2018).

En los años 90's el concepto de manufactura celular fue evolucionando por diversas empresas que buscaban la eficiencia en su sistema productivo mediante las Células en Restaurantes y Células en Oficinas, siendo hoy en día, su aplicación mucho más extensiva, en rubros, tales como: Salud, Logística, Agropecuario, Manufactura, Ventas, entre otros.

En 2002, según Hajime Ohba, líder del centro de soporte del sistema de producción Toyota, recomienda que la manufactura celular debería empezar desde un nivel micro, con las herramientas, maquinarias, estaciones de trabajo, etc., y no de manera macro, con los proveedores, los departamentos, consumidores, etc., como estaba establecido. El objetivo de la recomendación fue reducir los tiempos de esperas y de almacenamiento (Jonas & Wamack, 2018).

En la actualidad la manufactura celular se ha convertido en una herramienta útil de forma que representa una ventaja competitiva para las empresas siendo de vital importancia su implementación (Womack, Jones, & Ross, 2017).

### **5S´**

El origen de la metodología 5S´, radica en el año 1960, después de la segunda guerra mundial por parte de distintos ingenieros de la Unión Japonesa de Científicos en la ciudad de Toyota con la finalidad de incrementar la calidad de la producción y eliminando los obstáculos de manera eficiente con dos principios básicos: el orden y la limpieza, siendo una técnica de gestión muy sencilla. Su nombre de las 5S´ nace de la primera letra en el origen natal de Japón (Aldavert et al., 2018).

En 1980, la metodología 5S´ se identifica como una técnica de fabricación Just in Time o Justo a Tiempo – JIT en el Sistema de producción de Toyota, siendo una técnica que depende del entorno laboral y la adaptación con el fin de optimizar los tiempos de trabajo (Liker, 2019).

En un inicio la metodología 5S se aplicó en montajes automovilísticos, sin embargo, en la actualidad su aplicación es muy amplia en distintos sectores, puestos de trabajos y empresas. Según estudios indican que la implementación de las 5S´ han repercutido en la reducción de tiempos, de accidentes, de costos de mantenimiento y un crecimiento de la eficiencia de los equipos (Liker, 2019).

### **SMED**

Los inicios de la metodología SMED se dieron en el año 1950 con el Dr. Shingo, quien realizaba una encuesta con el fin de mejorar la eficiencia de la planta de Mazda Toyo Kogyo. La problemática era el elevado tiempo en el cuello de botella generando una baja productividad, se realizó un seguimiento y se determinaron unos ajustes internos y externos, mejorando la eficiencia en un 50% por los ajustes internos aplicados (Shingo, 2017).

En 1969, el problema persistía en la compañía Toyota Motor debido a que cada cambio de ajuste requería 4 horas. El Dr. Shingo, distinguió los cambios de ajustes internos y externos y redujo los tiempos a 90 minutos siendo por reconocidos en la época por ese logró, sin embargo, la administración quería que el tiempo fuera menor a 3 minutos.

Por lo que convirtieron algunos ajustes internos en externos con el fin de lograr el tiempo requerido, naciendo ocho técnicas en la reducción de los tiempos siendo llamado como “SMED” (Shingo, 2017).

## **2.2. Investigaciones relacionadas con el tema**

A continuación, se detallan los antecedentes nacionales ligadas a las variables de la presente investigación.

Según Cifuentes (2019), en su tesis: “*Procesos productivos con Lean Manufacturing para la calidad de los productos terminados en la empresa Fundición Aleaciones Técnicas Especiales SAC*”, para obtener el grado de Maestría, presentada en la Universidad Nacional Federico Villarreal, manifiesta:

El objetivo principal de esta tesis fue mejorar los procesos de productividad con Lean Manufacturing para la calidad de los productos de la empresa. La población fueron los trabajadores de la empresa Aleaciones Técnica Especiales SAC y la muestra estuvo dada por los 56 colaboradores de la empresa, la investigación fue del tipo aplicada, utilizando un cuestionario como instrumentos de recolección de datos. Las herramientas de manufactura esbelta aplicadas fueron el Jidoka, JIT, 5S, TPM, SMED y Control Visual. Los resultados mostraron un incremento de la producción del 43.86% pasando de 367 piezas a 528 piezas procesadas, y una reducción de las piezas reprocesadas en un 80.27% pasando de 147 piezas a 29 piezas reprocesadas. Se concluye que con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en los procesos productivos de la empresa mejora progresivamente la calidad de los productos, eliminando el transporte innecesario, sobre producción, reduciendo el lead time y los sobre stock.

Aporte de la investigación: Las herramientas que se utilizaran en la investigación son el SMED para reducir los tiempos de las actividades y las 5S para tener un mejor orden y limpieza permitiendo entregar los pedidos a tiempo, sin embargo no queda muy claro el papel de las herramientas control visual y TPM, ya que utiliza instrumento de recolección de datos, no explica correctamente la metodología de implementación de cada herramienta, el punto resaltante de la investigación es la aplicación y el impacto que tienen en

el incremento de la producción básicamente a la herramienta SMED, no se evidencia mayor impacto con las otras herramientas planteadas.

Hualla y Cárdenas (2017), en su investigación: “*Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubos sistemas PDV y PEAD aplicando herramientas de calidad y Lean Manufacturing*”, Tesis de Maestría de la Pontificia Universidad Católica del Perú, plantea:

El objetivo principal fue aplicar herramientas Lean en una empresa para mejorar los procesos. La población estuvo dada por todas las áreas de producción de tubos sistemas PVC Y PEAD y la muestra estuvo dada por el área de mezclado y molienda de tubos sistemas PVC Y PEAD. La investigación fue del tipo aplicada, se realizó un diagnóstico de la situación actual y posterior la ejecución de las herramientas de manufactura esbelta. Siendo dichas herramientas aplicadas el VSM, 5S´, SMED, Benchmarking y TPM. Los resultados mostraron una reducción del tiempo de Set-up en un 25%, del tiempo de limpieza en un 46.7%, de las paradas de los equipos por mes en un 71.43%, del personal en un 50%, incremento del rendimiento de los equipos en un 79.08%, reducción del tiempo de espera de montacargas por día en un 100% e incremento del traslado de materiales del 100%. Se concluye que con la aplicación de las herramientas lean manufacturing se mejora el proceso de las áreas de mezclado y molienda de la empresa, permitiendo la estandarización de las actividades, reducción de tiempos muertos e incremento de los rendimientos.

Aporte de la investigación: Muestra una excelente explicación de la metodología lean en su aplicación desde el punto del diagnóstico, propuesta de mejora e implementación, sin embargo, en el caso del Benchmarking y TPM solo se ve el factor competitivo con otras empresas, no se aplica el TPM en su totalidad, sin embargo, presenta los pilares como adiestramiento y desarrollo y mantenimiento autónomo, dejando abierta la propuesta de implementar completamente el TPM en la empresa aplicada.

Pachas (2019), en su investigación: “*Aplicación de un programa de mejora continua utilizando Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el nivel de gestión del*



*proceso de cartonera de la empresa la Calera en la provincia de Chincha*”, Tesis de Maestría de la Universidad Ricardo Palma.

El objetivo principal fue determinar en qué medida la aplicación del programa de mejora continua mediante manufactura esbelta influirá en el nivel de la gestión de la empresa. La población estuvo dada por los trabajadores de la empresa y la muestra estuvo dada por los 60 trabajadores del área de cartonería de la empresa. La investigación fue del tipo aplicada, nivel explicativo, enfoque cuantitativo y un diseño cuasiexperimental, los instrumentos que utilizaron fueron las guías de observación, cuestionarios, fichas de recolección y listas de cotejos. Las herramientas de manufactura esbelta aplicadas fueron el VSM, Kaizen y TPM. Los resultados mostraron una reducción de las horas desperdiciadas en un 26.5%, aumento de la productividad de la mano de obra en un 15% y de los equipos en un 13%. Se concluye que con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta se mejora el nivel de la gestión del proceso de la empresa generando mayores utilidades y reduciendo sus costos. Aporte de la investigación: No queda claro como el VSM elimina los desperdicios, tampoco muestra el modelo del Kaizen aplicado para agregar valor al proceso, si se evidencia que el autor hace buen uso de la metodología de implementación de Lean manufacturing sin embargo la hipótesis planteada no demuestra que el VSM es quien elimina los desperdicios.

Pérez (2017), en su investigación: *“Mejora en la gestión de los talleres externos de confección en una empresa exportadora; enfocado en un nivel de cumplimiento y calidad”*, Tesis de Maestría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

El objetivo principal fue implementar herramientas de control de calidad, producción esbelta y capacitaciones para mejorar el nivel de cumplimiento y calidad de las empresas externas. La población estuvo dada por todas las órdenes de fabricación de la empresa Exportadora y la muestra estuvo dada por 16 órdenes de fabricación para el pre test y 17 órdenes de fabricación para el post test siendo en total 33 órdenes evaluadas. La investigación tuvo un diseño cuasi experimental del tipo aplicada. Las herramientas aplicadas de lean manufacturing fueron el VSM y el sistema jalar. Los resultados mostraron una reducción del stock en proceso en un 75%, del ciclo de producción en un

2.46%, del nivel de reprocesos en un 26.09%, del nivel de fallas de las órdenes de fabricación en un 35.63%. Se concluye que con la aplicación de las herramientas lean manufacturing, de calidad y capacitaciones se mejora el nivel de cumplimiento y calidad en un 7.5%.

Aporte de la investigación: La herramienta a utilizar en la investigación es el VSM identificar los reprocesos, ciclo de producción y los desperdicios a fin de incrementar la productividad, esto no nos permite aclarar cuál es la herramienta lean planteada en el VSM futuro que hace incrementar el cumplimiento de la calidad, se plantean varias mejoras, entre ellas el sistema pull, pero también kanban que permiten una reducción del stock en el proceso, pero nuevamente se plantea a la herramienta VSM como la causa de eliminación de desperdicios, no siendo esto real ni en los resultados mostrados.

Sandivar (2016), en su investigación: “*Propuesta de mejora del proceso de una línea de producción de parabrisas para autos usando herramientas de manufactura esbelta*”, Tesis de Maestría de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

El objetivo principal fue realizar propuesta de aplicación de herramientas Lean en la producción de parabrisas. La población y la muestra fue dada por el área de producción de una línea de producción de parabrisas para autos. La investigación fue del tipo aplicada, se realizó un diagnóstico de la situación actual y se presentaron propuestas de mejora. Las herramientas de lean manufacturing aplicadas fueron los 5S, Kanban y TPM. Los resultados mostraron un incremento de la producción del 55.22% al día, la reducción del lead time en un 36.1% en el área de curvado y en un 43.75% en el área de ensamble, y se incrementa la efectividad de los equipos en un 25%. Se concluye que con la aplicación de las herramientas lean manufacturing se mejora el proceso de producción de parabrisas para autos y se logrará cumplir con la demanda, mejorando su calidad y permitiendo una jornada laboral más eficiente, eficaz y ordenada.

Aporte de la investigación: la propuesta de las herramientas es muy clara y define bien los objetivos planteados. La herramienta que se utilizara en la investigación son las 5S con el fin cumplir con el tiempo de entrega de los pedidos mediante la reducción del lead time, orden, limpieza y estandarización de los procesos, que se ven reflejados en los resultados de la implementación.

Soto (2017), en su investigación: “*Aplicación del Lean Manufacturing para incrementar la productividad en las Pymes de confecciones textiles en la región Arequipa. Caso: Empresa "CP"*”, Tesis de Maestría de la Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa.

El objetivo principal fue incrementar la productividad de la empresa mediante un método de Lean Manufacturing. La población y la muestra estuvo dada por el área de producción de Pymes de confección textil de la región de Arequipa. La investigación fue del tipo aplicada, nivel descriptivo-explicativo, enfoque cuantitativo y un diseño cuasiexperimental, los instrumentos de aplicación fueron la entrevista y el análisis documental. Las herramientas de lean manufacturing aplicadas fueron el VSM, 5S', Takt Time y TPM. Los resultados mostraron una reducción del tiempo de entrega del 20% y la reducción del inventario en un 60.2%. Se concluye que con la aplicación de las herramientas lean manufacturing se logra incrementar la productividad de los bienes y servicios de la empresa textil CP permitiendo el cumplimiento de los pedidos según el lead time establecido.

Aporte de la investigación: Las herramientas que se utilizaran en la investigación son el VSM, para identificar los desperdicios y la contrastación del lead time y las 5S' para mejorar el orden y limpieza del área de producción y entregar los pedidos a tiempo.

Asimismo, se muestran los antecedentes internacionales ligadas a las variables de la presente investigación.

Ceballos y Dávila (2017), en su artículo: “*Experiencia docente de aplicación de Kaizen en una empresa*”, de la Revista Working Papers on Operations Management de México.

El objetivo principal fue elaborar un programa de capacitación sobre Kaizen y medir la relación de las enseñanzas de un Ingeniero Industrial. La metodología fue dada por la planificación metodológica basada en el ciclo de Deming, establecimiento de objetivos, sesiones de formación del Kaizen mediante las 5S' y una evaluación del taller. Los resultados fueron satisfactorios en la plata de dados, troqueles y moldes, por lo que se emprendió a implementar en las

demás plantas con la misma problemática. Se concluye que las enseñanzas y el dominio de las técnicas de mejora continua en un Ingeniero Industrial aseguran la calidad a la solución de problemas en una empresa.

Aporte de la investigación: La herramienta 5S´ y el enfoque del Kaizen ayudarán en la estandarización de los procesos del sistema de producción, pero a largo plazo en la investigación se hace una simulación de lo que podría pasar o mejorar con la implementación de estas herramientas, falta un mayor énfasis en el tema de capacitación del personal en la investigación para dar soporte a la implementación de las herramientas mencionadas

Favela et al. (2019), en su artículo: “*Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto*”, de la Revista Lasallista de Investigación de México.

El objetivo principal fue proponer un modelo conceptual que identifique el peso relativo que aporta a la implantación de cada una de las herramientas de manufactura esbelta a la productividad. La metodología fue dada por la revisión de literatura, con un secuencia ordenada y metodológica. Los resultados mostraron las herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de las empresas son: 5S´ (15%), TPM (14%), Just in Time (13%), Kaizen (12%), Kanban (9%), SMED (9%) y el VSM (7%), así mismo los indicadores que miden la productividad de mejor manera son la efectividad, eficiencia y los factores internos. Se concluye que con el modelo conceptual aplicado se sustenta y se evidencia teóricamente que las herramientas de manufactura esbelta más utilizadas incrementan la productividad de una empresa.

Aporte de la investigación: Evidencia cuales son las herramientas más utilizadas para el incremento de la productividad de una organización siendo las 5S´, TPM, Kaizen y Kanban.

Rojas & Gisbert (2017), en su artículo: “*Lean Manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas*”, de la Revista 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico de España.

El objetivo principal fue conocer la importancia del lean manufacturing en la mejora de la productividad y eficiencia de las empresas. La metodología fue dada por la búsqueda de información, herramientas de solución y casos de aplicación. Los resultados mostraron las herramientas lean más utilizadas siendo las 5S', SMED, TPM, Kanban; así mismo las empresas que aplicaron de manera exitosa las herramientas lean fueron Nike, Kimberly-Clark Coporation, Intel, Illinois Toll Works, Textron y Peker Hannifin. Se concluye que la metodología Lean Manufacturing implica un cambio de cultura en toda la organización con el fin de tener una mejora continua sostenible.

Aporte de la investigación: Herramientas más utilizadas para mejorar la productividad de las empresas siendo las 5S', TPM y Kanban.

Sarria, Fonseca y Bocanegra (2017), en su artículo: “*Modelo metodológico de implementación de Lean Manufacturing*”, de la Revista EAN de Colombia.

El objetivo principal fue diseñar una metodología de implementación de lean manufacturing. El diseño metodológico fue proporcionado por un levantamiento de los principales enfoques de implementar, identificar y comparar varios autores utilizando una matriz comparativa. Los hallazgos mostraron una metodología metódica de cuatro etapas para recopilar herramientas de manufactura esbelta: comenzar con el compromiso y diagnóstico de la gestión (VSM); preparativo, visto por la creación de RR. HH, 5S' y KPI; implementación, como lo demuestra la familiarización con el producto, Takt Time, Pull, SMED y Kanban; Ajuste TPM, Kaizen, ramificación de metodología a proveedor y consumidor, Poka-Yoke, y foco en PYMES. Concluyeron que, el modelo de implementación se construirá utilizando el enfoque IDEFO (iniciación, preparación, implementación y adaptación) y BPM, lo que consentirá representar la estructura funcional de las regiones donde se utilizarán tecnologías lean.

Aporte de la investigación: Un modelo metodológico de aplicación de las herramientas de lean manufacturing, siendo así el VSM para el diagnóstico, 5S' para la preparación, Kanban para la implementación y el TPM y el Kaizen para un ajuste.

Tapia et al. (2017), en su artículo: “*Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria*”, de la Revista Ciencia & Trabajo de México.

El objetivo principal fue exponer el uso de las herramientas del lean manufacturing en la mejora de los sistemas y procesos de producción. La metodología fue dada por la revisión de literatura, con un secuencia ordenada y metodológica. Los resultados mostraron las herramientas de manufactura esbelta más utilizadas en la industria manufacturera son: 5S´ (9.46%), VSM (8.1%), Kaizen (6.75%), Kanban (5.4%), TPM (4.05%); y en la industria automotriz son el Just in Time (6.76%) y el SMED (4.05%); así mismo las menos utilizadas son las células de manufactura, Andon y Heijunka con un 1.35%. Se concluye que la aplicación de la metodología del lean manufacturing son empleadas de manera aislada teniendo así beneficios limitados, por lo que se sugiere la implementación de manera agrupada y en conjuntos para obtener beneficios satisfactorios.

Aporte de la investigación: Evidencia las herramientas de manufactura esbelta más utilizadas tales como las 5S´, VSM, Kaizen, Kanban y TPM.

Vargas, Muratalla y Jiménez (2016), en su artículo: “*Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?*”, de la Revista Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias de Venezuela.

El objetivo principal fue analizar el impacto de la implementación de Lean Manufacturing en la optimización y mejora continua de un sistema de producción. La metodología fue dada por la revisión literaria, recolección de datos y análisis documental. Los resultados mostraron que las empresas fracasan en un 16% por problemas en la producción y el Lean Manufacturing reduce en un 20% los costos de compra, aumenta en un 50% la utilización de las áreas, disminución en un 25% del lean time, reducción en un 40% en los inventarios y una disminución del 40% de los costos de producción. Se concluye que el impacto que tiene la implementación del lean manufacturing es muy significativo debido a que disminuye en un rango de 20% a 50% los costos de producción, lead time, inventario lo que genera una optimización y mejora continua del sistema de producción en una organización.

Aporte de la investigación: Evidencia los beneficios de la aplicación de herramientas de lean manufacturing en el sistema de producción siendo así la reducción de costos, tiempos, inventarios, utilización de áreas y genera una mejora continua del sistema de producción.

## 2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.3.1. Sistema de Producción

#### Definición

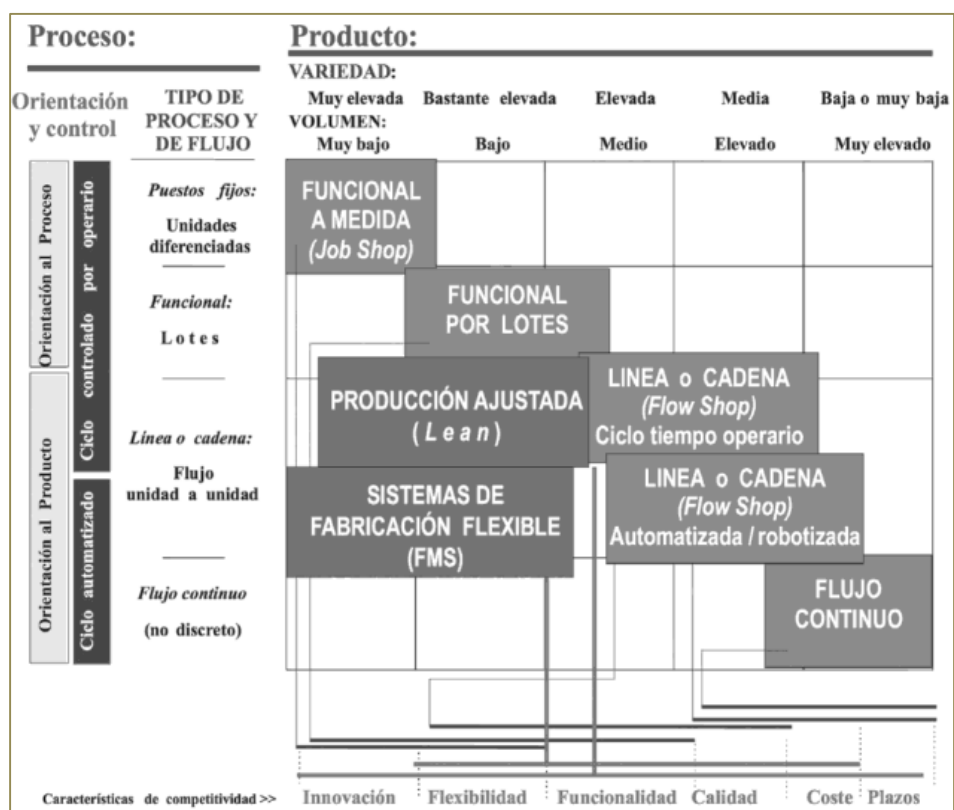
Es el conjunto de procesos, insumos, productos y flujos de información que se acredita en las áreas de una entidad, que conectan al ambiente externo con los clientes. El sistema proporciona una estructura ágil a la planeación y ejecución de un proceso de producción (Dopacio et al., 2018).

#### Tipos de producción

- **Funcional a medida:** Tienen una extensa variedad de productos produciendo lotes regularmente pequeños debido que una vez obtenidos no son fabricados otra vez.
- **Funcional en lotes:** Sus tiempos de procesos son largos, presentan actividades improductivas, altos volúmenes de stock y son lotes de tamaño variable.
- **En línea o cadena:** Es la producción de grandes lotes con pocos productos diferentes, pero homogéneos. Requiere de una orden equivalente de operaciones, donde se dispongan en flujo, las máquinas, equipos y puestos de trabajo.
- **En flujo continuo:** La variedad es pequeña, con un costo bajo, una buena calidad y grandes volúmenes de producto, los equipos y máquinas, están preparadas para realizar la misma actividad y aceptar el trabajo que se les asigne.
- **Lean:** Optimiza el sistema de producción en calidad, coste, tiempo, funcionalidad, flexibilidad hasta innovación creando un valor agregado al cliente final, minimizando los desperdicios. La gestión es compleja con variedad de productos y lotes pequeños.

- **Flexible:** Con el fin de lograr la variación de sus procesos y productos, y la rapidez, utilizan tecnología avanzada por medio de máquinas y equipos automatizados.

En la figura 11, se muestra los tipos de producción que permite concertar los tipos de producción por proceso y producto y la producción ajustada con la finalidad de reducir al mínimo las actividades, lotes de producción y los recursos con variación de productos, detallada a continuación (Cuatrecasas L., 2021):



**Figura 11.** Matriz producto-proceso

Fuente: Cuatrecasas (2021)

### 2.3.2. Productividad

#### Definición

La productividad está definida como la relación que existe entre la capacidad total de producción y el total de recursos empleados en la transformación de un producto o servicio, siendo así la razón entre salidas y entradas (Fontalvo et al., 2018).



## Indicadores de productividad

Son aquel cálculo del rendimiento de los materiales empleados en la producción, utilizando el cociente de la cantidad producida dividida por la cantidad de recursos utilizados en un período determinado (Cuatrecasas L. , 2021).

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Recursos utilizados}}$$

$$\mathbf{Productividad}_{M.O} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{N}^\circ \textit{ Mano de obra}}$$

$$\mathbf{Productividad}_{M.P} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Cantidad M.P empleada}}$$

$$\mathbf{Productividad}_{económica} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Costo de materiales} + \textit{Costo M.O}}$$

### 2.3.3. Manufactura Esbelta

#### Definición

Lean Manufacturing o manufactura esbelta es conocida como la filosofía del trabajo optimizando el sistema de producción mediante la mejora continua. Tiene como finalidad la disminución de despilfarros en tiempos, inventarios, retrabajos y transporte. Su origen estuvo dado por el Just in Time (JIT) desarrollada por Toyota en los años 50, siendo una metodología del incremento de la productividad con una excelencia industrial. La metodología Lean es una transformación continua, duradera y sostenible con el pasar del tiempo, con el compromiso de la organización y la adaptación al cambio con un pensamiento de mejora continua (Rojas & Gisbert, 2017).

#### Consideraciones en la implementación

Con el fin de lograr el éxito de la implementación de Manufactura Esbelta se debe evitar lo siguiente (Rojas & Gisbert, 2017):

- Alto índice de rotación de trabajadores, por ende, empleados temporales.
- Falta de compromiso por parte de toda la organización.
- Falta de motivación.

- Inexistencia de un líder.
- Falta de apoyo económico.
- Falta de dedicación y tiempo en la implementación.
- Falta de cooperación y coordinación con las distintas áreas.
- Falta de capacitación del personal.
- Inadecuado sistema de información.
- Complejidad de herramientas a implementar.
- Desadaptación al cambio.
- Lentitud en la implementación de las herramientas.

#### **2.3.4. Herramientas de Lean Manufacturing**

##### **Manufactura Celular**

La herramienta Manufactura celular, permite construir una variedad en la elaboración de productos, mediante la reducción de desperdicios. Es un grupo de diversas estaciones, tales como: de maquinarias, obras y/o equipos con el fin de generar un flujo de valor suave donde las piezas sean progresivamente reprocesadas en las estaciones de trabajo sin tener que esperar un nuevo lote de producción, siendo la integración de los trabajadores con las maquinarias (Pantoja, Orejuela, & Bravo, 2017).

La manufactura celular es aquella unidad conformada por un grupo de trabajadores no mayor a un departamento general, dada por 3 a 12 trabajadores y 5 a 15 trabajadores. Por lo cual, la manufactura celular viene hacer una agrupación de diversas maquinarias y trabajadores con el fin de lograr un sistema productivo de flujo continuo, ordenado y secuencial (Escudero, 2020).

##### **Ventajas de la Manufactura Celular**

Las ventajas más resaltantes de la aplicación de la Manufactura Celular son las siguientes (Socconini & Martín, 2019):

- Continuidad en el trabajo de la planta
- Eliminación de los inventarios
- Procesos más flexibles, facilitando la elaboración de diversos productos
- Incremento de la eficiencia

- Incentivación de los trabajadores en sus funciones laborales
- Eficiencia de los trabajadores
- Eliminación de demoras, transportes y materiales en movimientos.

### **Tipos de Células**

Según Pail et al. (2021) existen 4 tipos de células, dadas a continuación:

- Dedicada: Este tipo de célula tiene múltiples procesos secuenciados, produciendo un único producto y con un enfoque de producción alto.
- Tecnología de grupo: Este tipo de célula tiene múltiples procesos equivalentes, más no idénticos, produciendo una familia de productos interrelacionados, con un enfoque de producción moderado.
- Funcional: Este tipo de célula tiene un solo tipo de procesos, produciendo productos sin relación enfocados en sus procesos.
- Proyecto: Este tipo de célula tiene diferentes tipos de procesos, produciendo una diversa variedad de productos sin relación alguna, no teniendo un enfoque de producción ni proceso.

### **Metodología de aplicación de Manufactura Celular**

Según Pail et al. (2021) para dar inicio a la aplicación de Manufactura celular, se establecen los objetivos, alcance y la documentación del sistema productivo. Se forman equipos de trabajo y se capacita al personal sobre Lean y manufactura celular

Fase 1, Clasificación de productos: Se describen todos los productos del sistema productivo y se clasifican en familia en relación a los procesos de elaboración, luego se elige una familia de productos para dar inicio a la prueba piloto.

Fase 2, VSM: El VSM brinda una visualización adecuada mediante diseños de calidad en el proceso de producción, ayudando en la mejora del sistema con la reducción de costos y de tiempo.

Fase 4, Análisis de datos: Se realiza un análisis de mudas, time takt, número de estaciones, número de trabajadores, lead time y lote de producción.

Fase 5, Elaborar el nuevo VSM: Con la información obtenida en el diagnóstico, y después de implementar las mejoras se procede a presentar el nuevo VSM.

Fase 6, Diseño de la nueva célula de manufactura: Se evalúa la nueva célula de manufactura si realmente reduce los tiempos muertos.

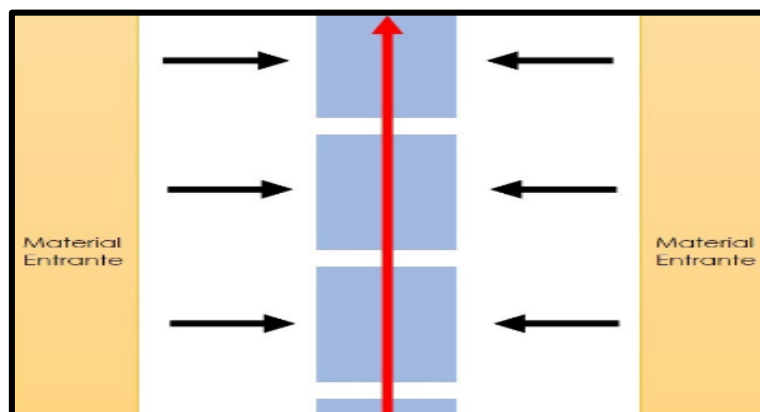
### **Tipos de manufactura celular**

Según Corral-Ramírez et al. (2017), menciona que las Células de manufactura tienen 4 tipos más comunes y usados en las industrias, las cuales se detallan a continuación:

#### **Célula Tipo Lineal**

Este tipo de Célula, se refiere a una línea de producción “recta”, con la finalidad de que un trabajador tenga diversas funciones y afecta al rendimiento del mismo.

Las características más importantes, son las siguientes: Entrada de materiales múltiples, buen flujo de materiales, distancias cortas, difícil balancear a los trabajadores, pobre flexibilidad, pobre comunicación y difícil acomodo del layout. En la figura 12 se muestra una representación del presente tipo de célula.



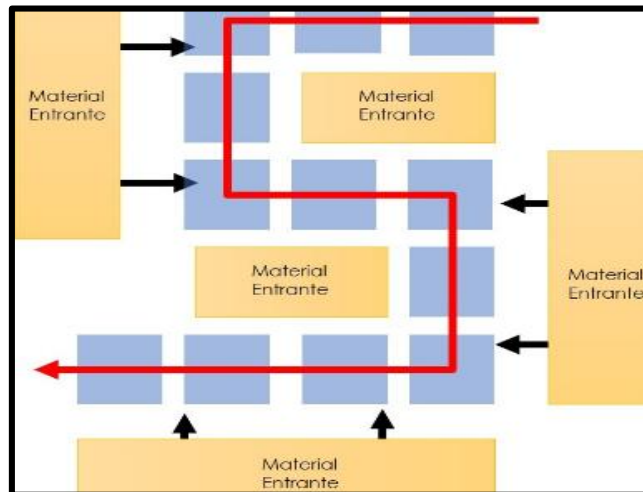
**Figura 12.** Célula Tipo Lineal

Fuente: Corral-Ramírez et al. (2017)

#### **Célula Tipo Serpentina**

Con el fin de evitar un error en la línea de producción, el tipo de célula serpentina requiere de una buena ocupación con elementos que aseguren la calidad de las operaciones.

Las características más importantes, son las siguientes: Varias entradas, buen flujo de material, distancias cortas entre zonas, fácil balanceo, buena flexibilidad, comunicación regular, regular acomodo en layout. En la figura 13 se muestra una representación del presente tipo de célula.

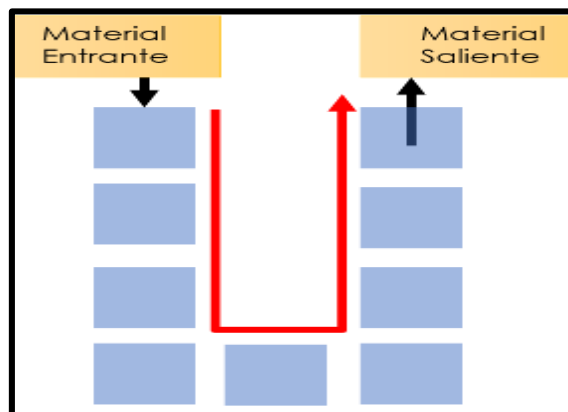


**Figura 13.** Célula Tipo Serpentina

Fuente: Corral-Ramírez et al. (2017)

### **Célula Tipo “U”**

El modelo más conocido de los tipos de células de manufactura es el “U”, debido a que la forma del layout hace referencia al nombre. Las características más importantes, son las siguientes: Alta flexibilidad con gente, fácil balanceo y rebalanceo, buena comunicación, buen flujo de material, distancias cortas, una sola entrada de material, buena retroalimentación de calidad y trabajadores multifuncionales. En la figura 14 se muestra una representación del presente tipo de célula.

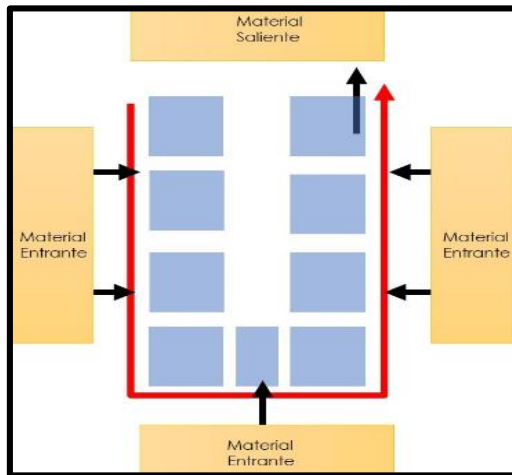


**Figura 14.** Célula Tipo “U”

Fuente: Corral-Ramírez et al. (2017)

## Célula Tipo “U” Invertida

A diferencia del tipo de célula anterior, la presente permite un mayor almacenamiento y de inventario de las existencias. Las características más importantes, son las siguientes: Regular con gente, regular comunicación, buen flujo de material, varias entradas de material y trabajadores multifuncionales. En la figura 15 se muestra una representación del presente tipo de célula.

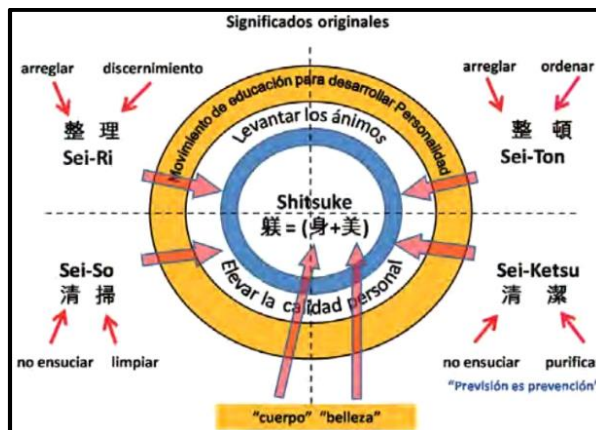


**Figura 15.** Célula Tipo “U” Invertida

Fuente: Corral-Ramírez et al. (2017)

## 5's

Herramienta de mejora de la productividad que promueve la eficacia, la uniformidad y la organización. Establece un ambiente de trabajo agradable, limpio, seguro y organizado que permita un alto desempeño cumpliendo con las expectativas del cliente. En la figura 16 se muestra la matriz producto-proceso donde se detallan el significado de las 5S' (Favela et al., 2019).



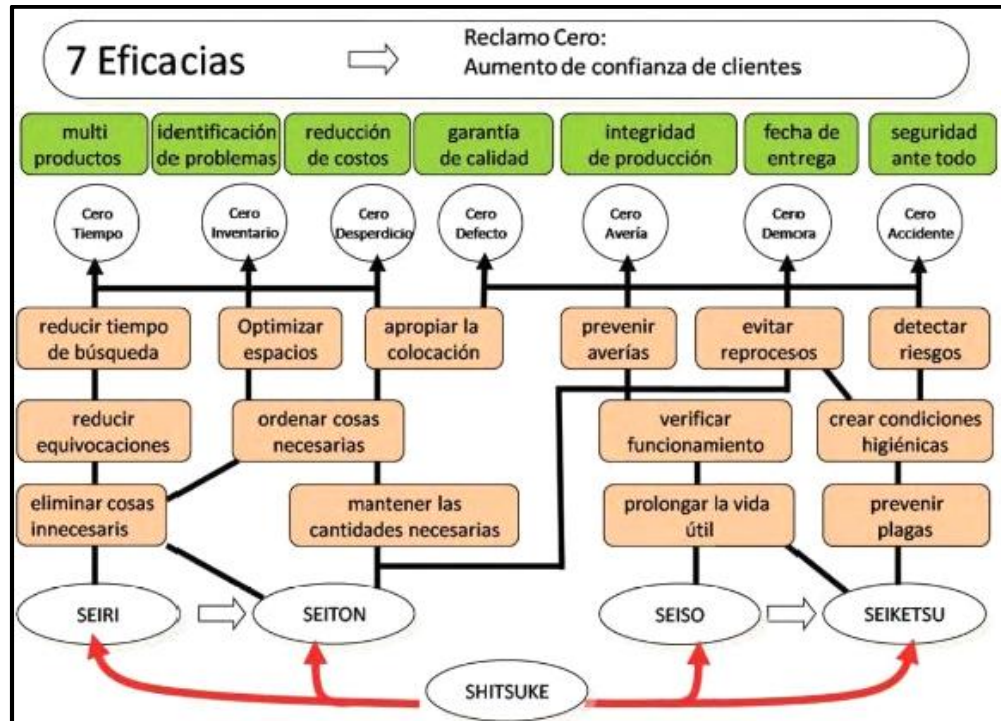
**Figura 16.** Matriz producto-proceso

Fuente: Veres et al. (2018)

## Beneficios de las 5S´

Según Veres et al. (2018) las 7 eficacias de las 5S´, está relacionada con el acrecimiento de la confianza de los clientes, en la figura 17 se detalla cuáles son las 7 eficacias, así mismo los beneficios más resaltantes son:

- Mejoramiento visual del ambiente del trabajo
- Reducción del tiempo de búsqueda
- Reducción de los elementos innecesarios
- Mantiene las condiciones ineludibles para el cuidado de las herramientas
- Mantenimiento y creación de condiciones seguras
- Aplicable en cualquier tipo de empresa
- Participación en equipo
- Reducción de las pérdidas de herramientas
- Facilita el acceso de los elementos durante la jornada laboral
- Impulsa la mejora continua
- Medio para lograr las siete eficacias



**Figura 17.** Las 7 eficacias

Fuente: Veres et al. (2018)

## **Orientado a las condiciones del trabajo – Entorno físico**

### **SEIRI (Clasificar)**

Según Piñero, Vivas & Flores (2018) la primera S tiene la finalidad de tener un área de trabajo donde solo se requieren las herramientas y artículos necesarios. Las actividades del SEIRI son: seleccionar, clasificar, eliminar y descartar.

#### Objetivos del SEIRI:

- Evitar errores humanos y percances causados por cosas innecesarias.
- Uso eficiente del espacio físico y/o área de trabajo en la empresa.
- Facilitar y mejorar la claridad de artículos de trabajo, materiales, papeles, etc.
- Eliminar la práctica de guardar cosas superfluas.

#### Beneficios del SEIRI:

- Libera espacios que antes ocupaban elementos innecesarios.
- Proporciona visualización a las herramientas.
- Disminuye el tiempo de búsqueda.
- Reduce la degeneración de materiales.
- Mejor control de inventarios.
- Convierte lugares de trabajo más óptimos.
- Fomenta el hábito del orden.

#### Implementación del SEIRI:

Según Veres et al. (2018) los pasos para la implementación del seiri son las siguientes:

- Realizar una exploración fotográfica.
- Delimitar el ámbito de ejecución.
- Implantar juicios de evaluación y clasificación de elementos.
- Realizar avisos de tarjetas rojas o desecho.
- Identificar los objetos innecesarios.
- Emplear tarjetas de aviso de eliminación.



- Realizar el informe de implementación de tarjetas rojas.
- Transponer los objetos innecesarios a un sitio estacional.
- Evaluar las acciones propuestas de informe de desecho.
- Eliminar los objetos innecesarios.
- Elaborar el informe del progreso de las medidas planificadas.
- Culminar las actividades de plan determinado.

### **SEITON (Orden)**

Según Piñero, Vivas & Flores (2018) la segunda S cumple con el objetivo de tener un lugar apropiado para cada artículo designado y listo para su uso de acuerdo con las rutinas de trabajo. Las actividades del SEITON son: organizar, ordenar, rotular y acomodar.

Objetivos del SEITON:

- Disminuir los movimientos de los objetos y el tiempo de búsqueda.
- Identificar de mejor manera los objetos.
- Evitar pérdidas de materia prima y materiales por averías.

Beneficios del SEITON:

- Vía rápida a los materiales de trabajo
- Facilidad en la limpieza
- Aumenta la imagen de la empresa
- Reduce los riesgos potenciales
- Agudiza el orden

Implementación del SEITON:

Según Veres et al. (2018) los pasos para la ejecución del seiton son las siguientes:

- Definir y analizar el sitio de empleo
- Disponer el perfil de colocación
- Rotular la localización del sitio

## **SEISO (Limpieza)**

Según Piñero, Vivas & Flores (2018) la tercera S su objetivo es desarrollar métodos de limpieza que mantengan limpio la zona y/o lugar de trabajo. Las actividades del SEISO son: limpiar, lavar e inspeccionar.

Objetivos del SEISO:

- Evitar la acumulación del polvo y suciedad en los productos
- Revisar la condición de las maquinarias
- Evitar el bajo rendimiento de las maquinarias por la suciedad
- Lugar de trabajo seguro

Beneficios del SEISO:

- Reducción de riesgos potenciales
- Incremento de la vida útil de las herramientas
- Incrementa la eficiencia y rendimiento de las maquinarias
- Mejora la calidad del producto

Implementación del SEISO:

Según Veres et al. (2018) los pasos para la implementación del seiso son las siguientes:

- Establecer el ámbito de ejecución
- Planear las actividades del plan de limpieza
- Ejecutar la limpieza

## **Orientado a la persona**

### **SEIKETSU (Estandarizar)**

Según Piñero, Vivas & Flores (2018) la cuarta S Su objetivo es desarrollar las condiciones de trabajo para minimizar los contratiempos con las 3S'. Las actividades del SEIKETSU son: estandarizar y mantener con diligencia las 3S'.

#### Objetivos del SEIKETSU:

- Reducir los factores que contribuyen a la suciedad y un ambiente de trabajo desagradable.
- Acortar el tiempo que se tarda en cumplir las tres primeras S.
- Mantenga al trabajador a salvo de cualquier peligro.
- Estandarice y visualice las operaciones diarias y los procedimientos de mantenimiento.

#### Beneficios del SEIKETSU:

- Crea un ambiente óptimo para la ejecución del trabajo
- Mejora el bienestar de los empleados con un hábito óptimo
- Evitar errores para posibles accidentes

#### Implementación del SEIKETSU:

Según Veres et al. (2018) los pasos para la implementación del seiketsu son las siguientes:

- Delegar autoridad
- Crear constantemente actividades de ejecución de las 3S
- Verificar la continuidad y el mantenimiento de las 3S
- Fundar medidas de prevención
- Realizar planes de mejora

#### **SHITSUKE (Disciplina)**

Según Piñero, Vivas & Flores (2018) la quinta S su objetivo es aplicar el cumplimiento normativo y la disciplina a través de procesos adecuados para lograr una alta calidad en toda la empresa. Las acciones de SHITSUKE incluyen: seguir las reglas de auto convicción, cambiar los hábitos de trabajo a través de la constancia, disciplina y la práctica.

#### Objetivos del SHITSUKE:

- Reemplace los malos comportamientos por buenos.

- Seguir los procedimientos que se le asignen en función de sus responsabilidades.
- Involucrar a los trabajadores corporativos en la revisión de tareas.
- Desarrollar liderazgo en grupos de mejora.
- Capacitar a los empleados sobre cómo implementar iniciativas de mejora.

Beneficios del SHITSUKE:

- Crear un cuidado y cultura de respeto de los patrimonios de la empresa.
- Crear una disciplina para modificar comportamientos.
- Fomentar el respeto entre los empleados y a las normas determinadas.
- Mejorar las condiciones de trabajo.
- Crear la convicción de lo que significa hacer mejoras en su zona de trabajo.

Implementación del SHITSUKE:

Según Veres et al. (2018) los pasos para la implementación del shitsuke son las siguientes:

- Diseñar y definir actividades que promuevan la participación del personal.
- Sentar las bases para aplicar la disciplina.
- Reforzar la comprensión del autocontrol.

### **Metodología de aplicación de las 5S´**

Según Veres et al. (2018) la metodología de aplicación de las 5S es la siguiente:

Fase 1. Preliminar

- Responsabilidad de la Alta Dirección
- Selección del Comité 5S
- Difusión en la empresa sobre las 5S
- Organización de acciones
- Preparación a los trabajadores en 5S

Fase 2. Ejecución

- Ejecución de SEIRI

- Ejecución de SEITON
- Ejecución de SEISO
- Ejecución de SEIKETSU
- Ejecución de SHITSUKE

### Fase 3. Seguimiento y mejora

- Crear una estrategia de monitoreo
- Realizar evaluaciones a los trabajadores
- Revisar las evaluaciones y difundir los logros
- Crear un plan de mejora

## **SMED**

Herramienta enfocada a la reducción del tiempo de preparación de una máquina menor a 10 minutos convirtiéndose en solo una cifra. Tiene como finalidad incrementar la eficiencia o disponibilidad operativa de las maquinarias cuyo objetivo final es el aumento de la productividad de un sistema productivo. Siendo así, las ideas fundamentales del Single Minute Exchange of Die, la reducción de los tiempos hasta casi eliminarlos, implementación de una técnica rigurosa a un menor costo y un mayor resultado, el problema no es sólo técnico sino de la organización (Tapia et al., 2017).

### **Beneficios del SMED**

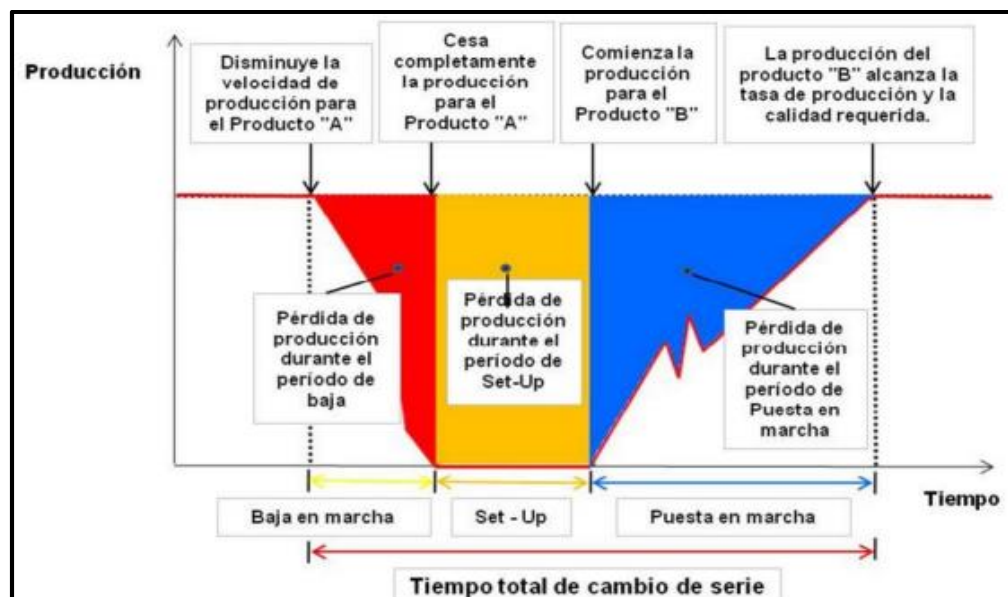
Según Vieira et al. (2019) los beneficios más resaltantes de la metodología SMED son:

- Reducción el tiempo de preparación de la máquina.
- Reducción del lote de producción.
- Disminución de los costos de instalación.
- Aumento de la capacidad de equipos.
- Eliminación de despilfarros.
- Incremento de la calidad de producción.
- Utilización de los equipos.
- Mejora el rendimiento de los equipos.

- Incremento de las actividades productivas.
- Disminución de las actividades improductivas.
- Producción flexible con la posibilidad de producir varias líneas en un mismo día.
- Reducción de los inventarios.
- Estandarización de los procedimientos.
- Reducción de los tiempos de paradas no planificadas.
- Respuesta rápida a cambios.
- Reducción del tiempo de preparación de maquinaria.
- Fortalece la seguridad de los trabajadores.
- Incremento de la productividad.

### Tiempo de cambio a formato

El tiempo de cambio a formato son aquellos tiempos que deben ser modificados, también llamados como “set-up” siendo aquel tiempo que pasa desde la última parte hasta la primera del producto siguiente, dicho cambio está dividido en 3 partes las cuales son baja en marcha, set-up y puesta en marcha (Arboleda & Rubiano, 2017), tal como se muestra en la figura 18.



**Figura 18.** Tipo de cambio a formato

Fuente: Arboleda & Rubiano (2017)

En la tabla 4 se muestran los procedimientos del tipo de cambio.

**Tabla 4:**  
Procedimiento de tiempo de cambio

<b>Procedimientos de tiempo de cambio</b>	<b>Descripción</b>
Utillajes y herramientas	Procedimiento de tiempo de cambio muy típico en empresas de talleres mecánicos, donde los trabajadores, retiran y fijan moldes, fresas, sierras, etc.
Parámetros estándar	Procedimiento de tiempo de cambio en equipos con procesos químicos programados o de corte elevada precisión, en el cual mediante el uso de tareas de proceso diferente se cambian los parámetros estándares.
Piezas a ensamblar y otros	En la medida de los cambios de un modelo de un producto, tiene por consiguiente la incorporación de piezas u otros materiales, el cual influye en el cambio de los utillajes.
Preparación general	Consiste en la preparación de cualquier variación en la actividad de un proceso, tales como: el ensayo del proceso, limpieza, arreglo, asignación de tareas y verificación.

Fuente: Silva et al. (2020).

### **Operaciones internas**

Para el tipo de cambio a formato se considera las operaciones internas como parte del cambio, es la duración donde la máquina aún no está en marcha y se aplican cambios necesarios al set-up (Buzón, 2019).

Según Bhade y Hegde (2020), menciona que el tiempo estándar interno, es aquel tiempo que se emplea en una operación o actividad interna, lo que comúnmente debería ser, mediante la reducción en base a la aplicación de métodos. Siendo así, la sumatoria de todos los tiempos considerados como internos dentro del tiempo de cambio.

### **Operaciones externas**

Para el tipo de cambio a formato se considera las operaciones internas como parte del cambio, es la duración del tiempo antes que la máquina se detenga. El tiempo de cambio de formato está dado por el tiempo de espera el cual es el de preparación, set-up y culminación con el fin de disminuir los tiempos (Buzón, 2019).

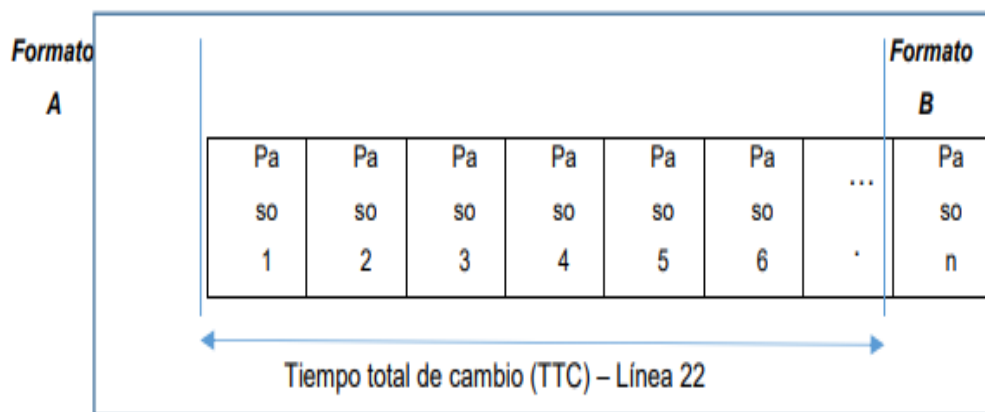
Según Martins et al. (2018), mencionan que el tiempo estándar externo, es aquel tiempo que se emplea en una operación o actividad externa, lo que comúnmente debería ser, mediante la reducción en base a la aplicación de métodos. Siendo así, la sumatoria de todos los tiempos considerados como externos dentro del tiempo de cambio.

### Metodología de aplicación del SMED

Según Sousa et al. (2018), sostienen que la implementación de la metodología SMED, es primordial la formación de un grupo de trabajo, dado por personal de mantenimiento, de producción y de logística, que se involucre en el cumplimiento de las siguientes etapas:

#### Fase 1. Preliminar

Seguimiento del proceso productivo del caso en estudio con el fin de identificar los cambios, la medición de tiempo debe realizarse con un cronómetro. Tener en consideración la distribución de los trabajadores y la salubridad del espacio (Arboleda & Rubiano, 2017). En la figura 19 se muestra un ejemplo de la toma de tiempo de cambio.



**Figura 19.** Tiempo de cambio

Fuente: Campilho et al. (2020).

#### Fase 2. Separar las actividades

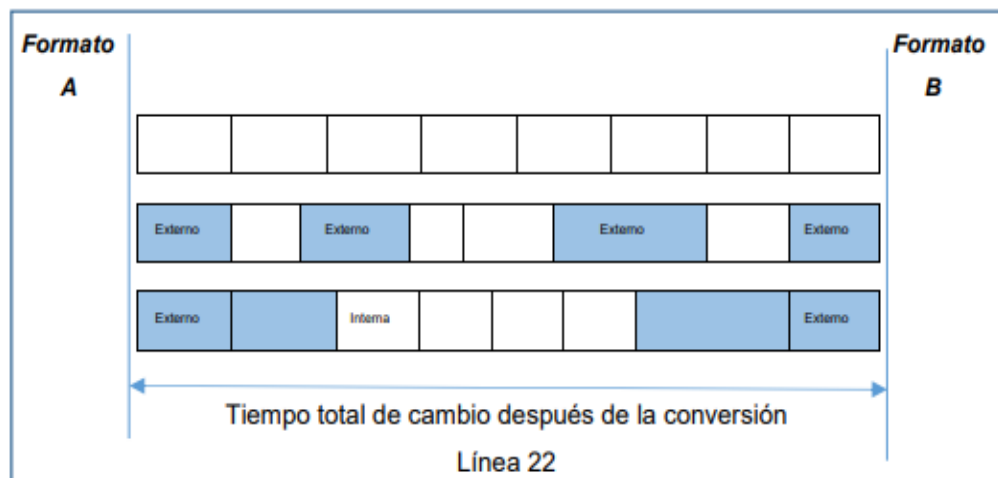
Una vez identificado los tiempos de cambio de formato, se deben clasificar las actividades internas, siendo operaciones que se desarrollan aún si la máquina está parada; y externas cuando las operaciones funcionan solo cuando la



máquina está en marcha, se estima que la reducción del tiempo se puede reducir en un 30% a 50% solo organizando y clasificando (Arboleda & Rubiano, 2017).

### Fase 3. Convertir las actividades internas en externas

Una vez clasificadas las actividades en internas y externas, se busca la transformación o cambio de aquellas actividades internas a externas para minimizar los tiempos, se debe reevaluar todas las actividades con el fin de identificar fallas existentes (Arboleda & Rubiano, 2017).



**Figura 20.** Conversión del tiempo de cambio

Fuente: Campilho et al. (2020).

### Fase 4. Perfeccionar el proceso de las actividades

Con el fin de perfeccionar las actividades se debe realizar un seguimiento específico en las empresas para verificar si los cambios son óptimos, con el fin de poder reducir los tiempos en cada actividad mediante la estandarización del cambio (Arboleda & Rubiano, 2017).

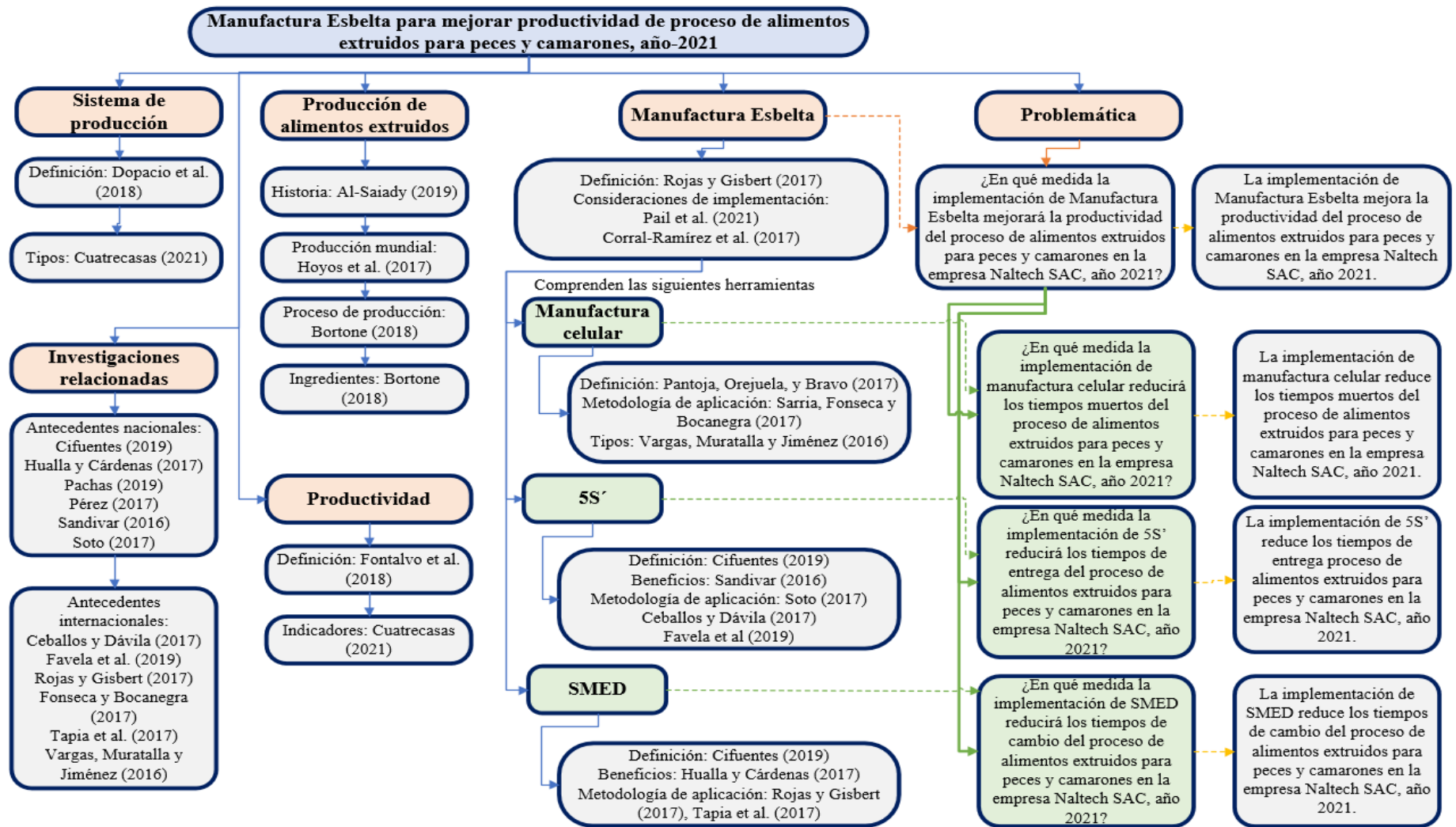
## 2.4. Definición de términos básicos

- **Calidad:** Grado de excelencia de un producto que cumple con los requerimientos del cliente, teniendo un valor agregado aceptable (Cuatrecasas & González, 2017).
- **Desperdicios:** Es aquel residuo no aprovechado, la cual genera pérdidas e ineficiencia en la producción (Socconini, 2019).
- **Extrusión:** Proceso de elaboración de alimentos para peces y camarones.

- **Mejora Continua:** Enfoque que tiene como fin la mejora de las actividades de un proceso mediante un monitoreo constante (Aldavert et al., 2018).
- **Planificación:** Acción realizada con el fin de lograr los objetivos establecidos mediante estrategias (Arboleda & Rubiano, 2017).
- **Productos no conformes:** Aquellos productos que no cumplen con los requerimientos establecidos por el cliente, en pocas palabras productos que no logran la calidad total (Soto, 2017).
- **Sobreproducción:** Aquella producción, la oferta, supera a las necesidades del cliente, la demanda (Ibarra & Ballesteros, 2017).
- **Producción ajustada:** Mayor producción posible con el menor recurso empleado, en pocas palabras es el Lean Manufacturing (Socconini, Lean Manufacturing: Paso a Paso, 2019).

## 2.5. Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis

En la figura 21 se muestra el mapa conceptual del fundamento teórico que sustenta la hipótesis.



**Figura 21.** Mapa conceptual del fundamento teórico

Fuente: Elaboración propia

## **2.6. Hipótesis**

### **2.6.1. Hipótesis general**

La implementación de Manufactura Esbelta mejora la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

### **2.6.2. Hipótesis específicas**

- a) La implementación de Manufactura celular reduce los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.
- b) La implementación de 5S' reduce los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.
- c) La implementación de SMED reduce los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

## **2.7. Variables**

La operacionalización de las variables de la presente investigación se visualiza en el anexo D dada por sus respectivas dimensiones, indicadores, definición conceptual y operacional, de la variable dependiente la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones y la variable independiente implementación de manufactura esbelta.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

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

##### **Enfoque de la investigación**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, desde la perspectiva de Azuero (2019), estas investigaciones se basan en análisis estadísticos para medir las variables, así como en el uso de equipos de recolección de datos, los cuales ofrecen una representación numérica de alguna forma.

##### **Tipo de la investigación**

El presente estudio es del tipo aplicada, según Azuero (2019) es aquel estudio que comprueba la teoría de la situación actual, o, dicho de otro modo, la ejecuta, según el tipo de investigación fundamental (básica), sintetizando para analizar un problema y proponer una solución basada en la teoría, llevándola a la práctica.

##### **Método de la investigación**

El presente estudio fue de nivel explicativo debido a que se busca por qué la baja productividad y calidad de la empresa, referenciando a Maldonado (2018) el nivel explicativo es aquella que investigan aquel causa o efecto que ocasionan un problema.

##### **Diseño de la investigación**

Según Ñaupás et al., (2018) el diseño experimental es aquel que emplea un cálculo del pretest y una estimación del posttest; el presente estudio tendrá un diseño Pre experimental contará con un pre test dado por la productividad sin la implementación de las herramientas de manufactura esbelta y un post test dado por la productividad con la implementación de las herramientas de manufactura esbelta.

#### **3.2. Población y Muestra**

Según Gallardo (2017) es el conjunto de todas las unidades de análisis disponibles para el estudio, del cual es investigador realizará las mediciones pertinentes para llevar a cabo la ejecución del mismo, de ser muy grande se debe recurrir a una técnica de muestreo para facilitar el proceso investigativo.

Según Gallardo (2017) la muestra es el subconjunto de unidades de análisis a las cuales el investigador tiene acceso, por cuestiones de cantidad, acceso y velocidad de procedimiento investigador, la fiabilidad de los resultados que se obtuvieron fue determinado por la técnica de muestreo ejecutada.

La presente investigación tendrá una población de 2324 toneladas de alimento extruidos para peces y camarones de la empresa Naltech SAC en el periodo de enero-abril de 2021.

La presente investigación tiene como muestra a la producción de alimento extruidos para peces y camarones de la empresa Naltech SAC. Cuya población es la misma para las 3 muestras en estudio donde se determinó la inferencia de las herramientas de lean planteadas, cada una tuvo datos de 4 meses antes y 4 meses después de la implementación. A continuación, se presentan las unidades de análisis y la muestra que se emplearon en cada una de las variables dependientes planteadas en esta investigación:

✓ **Variable Dependiente 01**

▪ **Unidad de análisis 01 y período**

Tiempo muerto 2021

▪ **Muestra Pre Test**

Tiempo de espera de las órdenes de producción de enero a abril 2021

▪ **Muestra Pos Test**

Tiempo de espera de las órdenes de producción de julio a octubre 2021

✓ **Variable Dependiente 02**

▪ **Unidad de análisis 01 y período**

Tiempo de entrega 2021

▪ **Muestra Pre Test**

Tiempo de entrega de los pedidos de enero a abril 2021

▪ **Muestra Pos Test**

Tiempo de entrega de los pedidos de julio a octubre 2021

✓ **Variable Dependiente 03**

▪ **Unidad de análisis 01 y período**

Tiempo de cambio 2021

▪ **Muestra Pre Test**

Tiempo de cambio del producto de enero a abril 2021

▪ **Muestra Pos Test**

Tiempo de cambio del producto de julio a octubre 2021

En la tabla 3 se muestran las unidades de análisis y las muestras en una situación PRETEST y POSTTEST.

**Tabla 5:**  
Unidad de análisis y Muestra Pre y Post por cada una de las variables

<b>Variable dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de análisis y periodos</b>	<b>MUESTRA PRE</b>	<b>MUESTRA POST</b>
Tiempo muerto	% Tiempo de espera de las órdenes de producción	Tiempo muerto 2021	Tiempo de espera de las órdenes de producción 2021 Ene a Abr	2021 Jul a Oct
Tiempo de entrega	% Tiempo de entrega de los pedidos	Tiempo de entrega 2021	Tiempo de entrega de los pedidos 2021 Ene a Abr	2021 Jul a Oct
Tiempo de cambio	% Tiempo de cambio del producto	Tiempo de cambio 2021	Tiempo de cambio del producto 2021 Ene a Abr	2021 Jul a Oct

Fuente: Elaboración propia

**Tipo de muestreo:**

Se usó el muestreo probabilístico aleatorio simple, el cual según Ñaupas et al., (2018) tiene por finalidad reducir la cantidad de la población respecto a un valor de fiabilidad, precisando ser una muestra probabilística acompañada de una fórmula estadística, su interpretación establece el porcentaje de confianza de los resultados obtenidos.

**Tabla 6:**  
Población y muestra de la investigación

<b>Variable dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Desarrollo del Cálculo</b>	<b>Tamaño de la Muestra</b>
Tiempo muerto	% Tiempo de espera de las órdenes de producción	Ver tabla 7	240
Tiempo de entrega	% Tiempo de entrega de los pedidos	Ver tabla 8	223
Tiempo de cambio	% Tiempo de cambio del producto	Ver tabla 9	151

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del tamaño de muestra se realizó mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z_{1-\alpha/2}^2 * S^2}{d^2 * (N - 1) + Z_{1-\alpha/2}^2 * S^2}$$

**Tabla 7:**

Cálculo del tamaño de la muestra de la VD1

Marco muestral	N =	290
Alfa (Máximo error tipo I)	$\alpha =$	5%
Nivel de Confianza	$1 - \alpha/2 =$	0.98
Z de (1- $\alpha/2$ )	Z (1- $\alpha/2$ ) =	1.96
Desviación estándar	s =	0.95
Varianza	s <sup>2</sup> =	0.9025
Precisión o Error	d =	0.05
Tamaño de la muestra	n =	239.99

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8:**

Cálculo del tamaño de la muestra de la VD2

Marco muestral	N =	290
Alfa (Máximo error tipo I)	$\alpha =$	5%
Nivel de Confianza	$1 - \alpha/2 =$	0.98
Z de (1- $\alpha/2$ )	Z (1- $\alpha/2$ ) =	1.96
Desviación estándar	s =	0.79
Varianza	s <sup>2</sup> =	0.6241
Precisión o Error	d =	0.05
Tamaño de la muestra	n =	222.84

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9:**

Cálculo del tamaño de la muestra de la VD1

Marco muestral	N =	290
Alfa (Máximo error tipo I)	$\alpha =$	5%
Nivel de Confianza	$1 - \alpha/2 =$	0.98
Z de (1- $\alpha/2$ )	Z (1- $\alpha/2$ ) =	1.96
Desviación estándar	s =	0.4518
Varianza	s <sup>2</sup> =	0.20412324
Precisión o Error	d =	0.05
Tamaño de la muestra	n =	150.93

Fuente: Elaboración propia



### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.3.1. Técnicas e instrumentos**

##### **Técnicas para recolectar datos**

Según Gallardo (2017) se caracterizan como técnicas de recolección de información el conjunto de procesos necesarios para cumplir con los objetivos planteados, como se menciona a fin de regir el proceso de investigación, que comprende desde el inicio de la tesis hasta su conclusión.

##### **Instrumentos para recolectar datos**

Según Azurero et al., (2019) los instrumentos de recolección de datos están enfocados a registrar la información de aquellas variables que se pretenden analizar, dicha recopilación de datos tiene como finalidad lograr la veracidad de los objetivos mediante la contrastación de hipótesis.

La técnica de investigación empleada en la presente investigación es la misma para las tres variables dependientes (tiempos muertos, tiempo de entrega y tiempo de cambio) siendo el análisis documental.

- El análisis documental, según Gallardo (2017) tiene por finalidad recoger información histórica que tiene relevancia a nivel cuantitativo para realizar las debidas comparaciones respecto a un tiempo determinado; es crítico para estudios donde se deben evaluar procesos o datos producir un documento acorde con las dimensiones e indicadores de una variable, que permitirá recopilar los datos requeridos para la medición de la variable.

El instrumento de investigación empleado en la presente investigación es la misma para las tres variables dependientes (tiempos muertos, tiempo de entrega y tiempo de cambio) siendo dicho documento el registro de contenido.

- Registros, según Azurero et al., (2019) se emplean para efectuar una búsqueda exitosa de información sobre el tema de estudio, se pueden utilizar fuentes electrónicas o escritas, por medio de este instrumento se verifica la información recolectada y/o brindada por la empresa (Ver Anexo E. Formato de registros de contenido).

En la tabla 10 se aprecia las técnicas e instrumentos de investigación empleado en la presente investigación para las tres variables dependientes (tiempos muertos, tiempo de entrega y tiempo de cambio).

**Tabla 10:**  
Técnicas e instrumentos de la investigación

<b>Variable dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Tiempo muerto	% Tiempo de espera de las órdenes de producción	Análisis documental	Registro de contenido de tiempo de espera
Tiempo de entrega	% Tiempo de entrega de los pedidos		Registro de contenido de tiempo de entrega
Tiempo de cambio	% Tiempo de cambio del producto		Registro de contenido de tiempo de cambio.

Fuente: Elaboración propia

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

Según la tabla 10, los instrumentos utilizados en la presente investigación son las mismas para las tres variables dependientes (tiempos muertos, de espera y de cambio) siendo así la técnica la el análisis documental dado por los instrumentos de registros de contenido; y teniendo en cuenta que todos los datos para el análisis del estudio fue brindada por la empresa Naltech SAC cuyos instrumentos no fueron elaborados por el investigador; se considera que los criterios de confiabilidad y validez se encuentran debidamente acreditados por la empresa del presente estudio.

### 3.4. Descripción de procedimientos de análisis de datos

El análisis de los datos se realizó en el software SPSS Versión 26, mediante el cual se hizo la interpretación de los resultados obtenidos. En la tabla 11 se aprecia la matriz de análisis de datos como parte de la técnica del procesamiento y análisis de los datos.

**Tabla 11:**  
Técnica de procesamiento y análisis de datos

<b>Variable dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Estadística descriptiva</b>	<b>Estadística inferencial</b>
Tiempo muerto	% Tiempo de espera de las órdenes de producción			- Prueba no paramétrica (Wilcoxon)
Tiempo de entrega	% Tiempo de entrega de los pedidos	Escala de razón	- Tendencia central (mediana, media aritmética) - Dispersión (desviación estándar, varianza)	- Prueba no paramétrica (Wilcoxon)  - Prueba paramétrica (T-student de Muestra Relacionada o Pareada)
Tiempo de cambio	% Tiempo de cambio del producto			

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados descriptivos del objetivo general

##### 4.1.1. Análisis del proceso productivo inicial

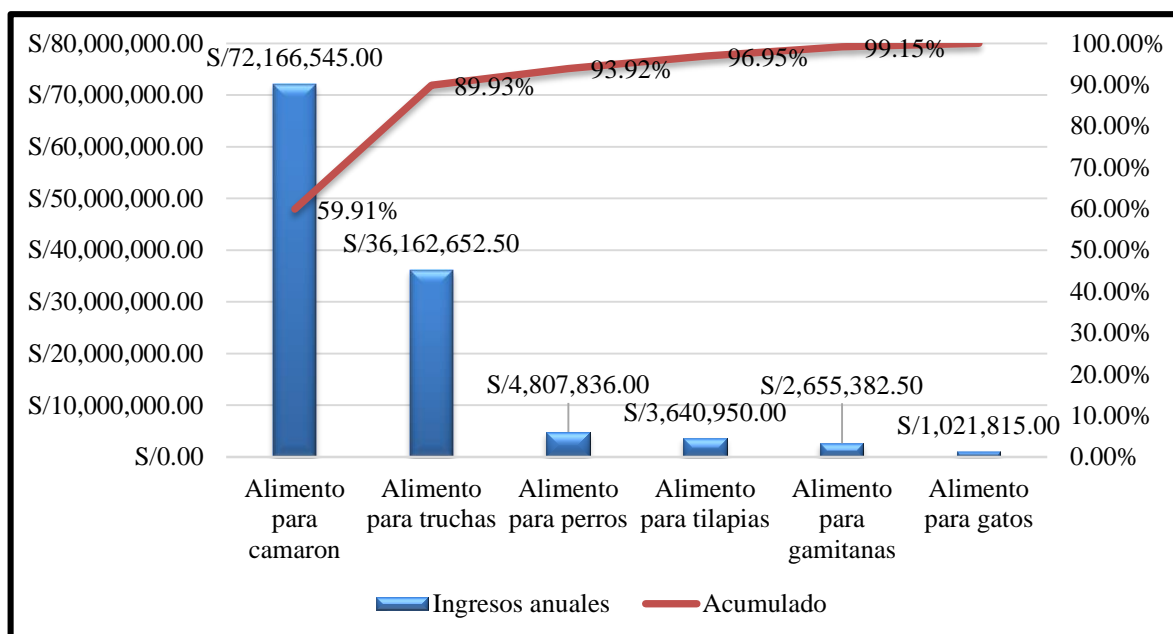
##### A. Identificación de la familia de productos

En la figura 22 y tabla 12 se muestra la clasificación ABC de la familia de alimentos de la empresa Naltech SAC., el cual se realizó en base al volumen de ventas de todo el año 2020 y sobre los ingresos anuales, teniendo así una clasificación A los alimentos para camarón quien fue elegido como el grupo de familia en estudio.

**Tabla 12:**  
Clasificación ABC – Familia de alimentos

Descripción	Volumen de ventas (tn)	Precio de venta (S./tn)	Ingresos anuales	Participación	Acumulado	Clase	Rango
Alimento para camarón	8100	S/8,910.00	S/72,166,545.00	59.91%	59.91%	A	0-75%
Alimento para truchas	5953	S/6,075.00	S/36,162,652.50	30.02%	89.93%	B	76-90%
Alimento para perros	625	S/7,695.00	S/4,807,836.00	3.99%	93.92%		
Alimento para tilapias	360	S/10,125.00	S/3,640,950.00	3.02%	96.95%	C	91-100%
Alimento para gamitanas	212	S/12,555.00	S/2,655,382.50	2.20%	99.15%		
Alimento para gatos	168	S/6,075.00	S/1,021,815.00	0.85%	100.00%		
<b>TOTAL</b>	<b>15416</b>	<b>S/8,572.50</b>	<b>S/120,455,181.00</b>	<b>100%</b>			

Fuente: Elaboración propia



**Figura 22.** Diagrama de Pareto de la familia de productos

Fuente: Elaboración propia

## B. Takt time el proceso productivo

En la tabla 13 se aprecia los datos para el cálculo del Takt time, el cual es el tiempo equilibrio que un proceso productivo debe tener, siendo así el Takt time de la empresa Naltech SAC de 3120.19 segundos por tn con una demanda diaria de 26 tn.

**Tabla 13:**

Datos del cálculo del Takt time

Variable	Operación	Resultado	Medida
Hora de trabajo		12	Horas
Refrigerio		45	Min
Turnos de trabajo		2	Diario
Días laborables por mes		26	días
Cantidad requerida mensual		675	tn
		22.5	Horas
Disponibilidad de tiempo	22.5 horas*60 min	1350	Min por día
	1350*60 seg	81000	Seg por día
Cantidad requerida diaria	675 tn /26 días	26	tn por día

Fuente: Elaboración propia

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda}$$

$$Takt\ time = \frac{22.5 \frac{h}{día} * 3600 \frac{segundos}{h}}{26 \frac{tn}{día}}$$

$$Takt\ time = 3120.19\ segundos/tn$$

### C. Eficiencia de la línea actual

Según el exceso del lead time y la baja capacidad de producción actual de la empresa, se calculó la eficiencia de la línea en relación al tiempo del proceso de 20040 segundos/tn, los puestos de trabajo de 8 y el tiempo ciclo de 3500 segundos/tn, siendo actualmente la eficiencia de la línea de 71.57%.

$$Eficiencia\ de\ la\ línea = \frac{\sum\ tiempo\ de\ proceso}{N^\circ\ de\ puestos * Tiempo\ ciclo} * 100$$

$$Eficiencia\ de\ la\ línea = \frac{20040\ segundos}{8 * 3500\ segundos} * 100 = 71.57\%$$

### D. NVA y WIP actual

En la tabla 14 se aprecian las actividades del proceso productivo de alimentos extruidos para camarones, dado por los 8 procesos, su tiempo ciclo y sus puestos de trabajo con un total de 8 trabajadores.

**Tabla 14:**  
Actividades del proceso productivo

Procesos	Descripción	Tiempo ciclo (seg)	Lote (tn)	Puesto de trabajo
1	Armar Batch	1500.00	1	1
2	Mezclar	240.00	1	1
3	Pre-molienda	2600.00	1	1
4	Molienda Refinada	2600.00	1	1
5	Extrusión	3500.00	1	1
6	Secado	3320.00	1	1
7	Engrasado	3300.00	1	1
8	Empaque	2980.00	1	1
<b>Total</b>		<b>20040.00</b>	<b>1</b>	<b>8</b>

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se realizó el cálculo de los tiempos que no agregan valor (NVA) y del stock en proceso (WIP), tal como se muestra en la tabla 15 el resumen de dichos valores, y en el anexo F se aprecia el detalle de cada operación, mediante las siguientes fórmulas:

$$NVA_1 = \frac{INV * T_c}{T_d}$$

$$WIP_1 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

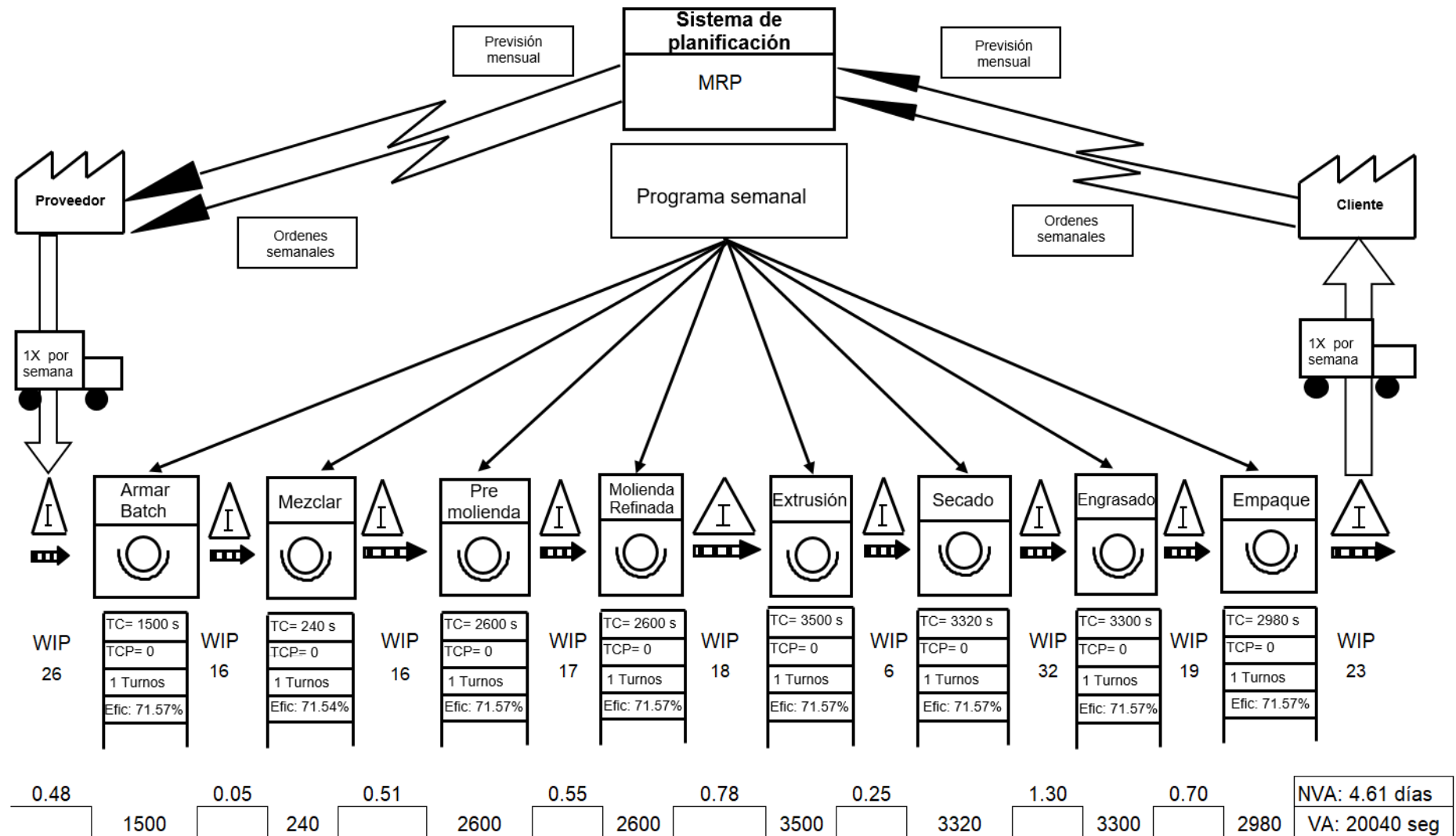
**Tabla 15:**  
NVA y WIP actual del proceso productivo

Procesos	Descripción	WIP (tn)	NVA (días)
1	Armar Batch	16	0.48
2	Mezclar	16	0.05
3	Pre-molienda	17	0.51
4	Molienda Refinada	18	0.55
5	Extrusión	6	0.78
6	Secado	32	0.25
7	Engrasado	19	1.30
8	Empaque	23	0.70
<b>Total</b>		<b>147</b>	<b>4.61</b>

Fuente: Elaboración propia

### E. VSM actual

Después de haber identificado la familia de productos, calculado el Takt time, NVA y el WIP, en la figura 23, se muestra el Mapeo de Flujo de Valor Actual – VSM, donde se observa, que el tiempo ciclo total es de 20040 segundos, sin embargo, el tiempo que no agrega valor es de 4.61 días el cual es un tiempo de desperdicio para la demanda diaria de 26 toneladas de alimento extruido; siendo así los procesos que genera mayor tiempo que no agrega valor el engrasado y la extrusión con 1.30 y 0.78 respectivamente.



**Figura 23.** VSM actual del proceso productivo de alimentos extruidos

Fuente: Elaboración propia



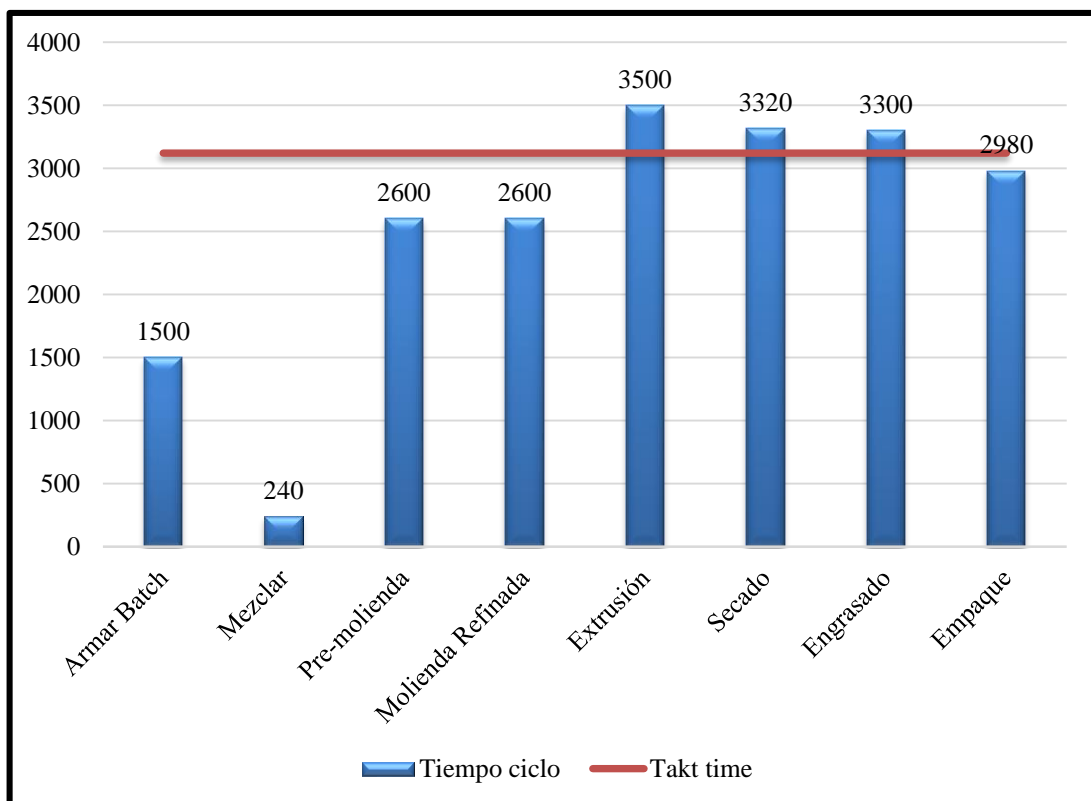
## F. Tiempo ciclo vs Takt time

En la tabla 16 y figura 24 se muestra la comparación del tiempo ciclo de operación del proceso productivo de alimentos extruidos, donde los procesos que superan el Takt time de 3120.19 segundos son la extrusión con 3500 segundos, el secado con 3320 segundos y el engrasado con 3300 segundos.

**Tabla 16:**  
Tiempo de ciclo actual vs el takt time

Procesos	Descripción	Tiempo ciclo (seg)	Takt time (seg)
1	Armar Batch	1500.00	3120.19
2	Mezclar	240.00	3120.19
3	Pre-molienda	2600.00	3120.19
4	Molienda Refinada	2600.00	3120.19
5	Extrusión	3500.00	3120.19
6	Secado	3320.00	3120.19
7	Engrasado	3300.00	3120.19
8	Empaque	2980.00	3120.19

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24.** Tiempo ciclo actual vs Takt time

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se aprecia el nivel de cumplimiento de la manufactura esbelta en la empresa en relación a las 3 dimensiones manufactura celular con el 55%, las 5S' con el 50% y el SMED con el 50%; siendo así el grado de cumplimiento en general del 51.67%.

**Tabla 17:**

Nivel de cumplimiento de manufactura esbelta actual

<b>Área: Producción</b>					
Fecha de evaluación: 28 de mayo del 2021					
Puntaje: 0= Nunca; 1= Casi nunca; 2= Ocasionalmente; 3= Casi siempre; 4= Siempre					
<b>Evaluación de Manufactura Celular</b>	<b>Puntuación:</b>				
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Se realiza la agrupación de familias de los productos a elaborar?			2		
¿Se establece o se calcula el Takt time de producción según la demanda del cliente?			2		
¿Se identifican los elementos, actividades o tiempos que no agregan y sí agregan valor?				3	
¿Se realiza el balance de la línea de producción para maximizar la capacidad de las células?			2		
¿Se diseña o se efectúa de manera óptima la ubicación de las máquinas en el área de producción?			2		
<b>Subtotal</b>			<b>11</b>		
<b>Evaluación de 5S'</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Se clasifican los objetos necesarios e innecesarios en el área de producción?		1			
¿Se ordenan los objetos necesarios?				3	
¿Se realiza un plan de limpieza en el área de producción?			2		
¿Se monitorea y/o controlan la clasificación, la limpieza y el orden?			2		
¿Se desarrollan acciones o proyectos de mejora o innovación?			2		
<b>Subtotal</b>			<b>10</b>		
<b>Evaluación de SMED</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Se identifican los tiempos de cambio mediante el seguimiento del proceso productivo?			2		
¿Se clasifican las actividades externas e internas del proceso productivo?			2		
¿Se convierten las actividades internas en externas?			2		
¿Se realiza la conversión del tiempo de cambio?			2		
¿Se perfecciona el proceso del tiempo de cambio?			2		
<b>Subtotal</b>			<b>10</b>		
<b>Etapas de las 5S</b>	<b>Puntaje máximo</b>	<b>Puntaje obtenido</b>	<b>Porcentaje</b>		
Manufactura Celular	20	11	55.00%		
5S'	20	10	50.00%		
SMED	20	10	50.00%		
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>31</b>	<b>51.67%</b>		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se aprecia la productividad actual que tiene la empresa siendo así en el mes de enero de 1.40 tn/h, en el mes de febrero de 1.45 tn/h, en el mes de marzo de 1.52 tn/h y en el mes de abril de 1.44 tn/h, siendo así en promedio en los 4 primeros meses del año 2021 una productividad de 1.45 tn/h, dada por la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Recurso\ utilizado}$$

$$Productividad = \frac{2324\ tn}{1601.10\ h}$$

$$Productividad = 1.45\ tn/h$$

**Tabla 18:**  
Productividad actual

Mes	Semana	Unidades producidas (tn)	Recurso utilizado (h)	Productividad (tn/h)
Enero	S1	135	101.23	1.33
	S2	147	110.09	1.34
	S3	147	106.30	1.38
	S4	147	93.03	1.58
<b>Subtotal</b>		<b>576</b>	<b>410.65</b>	<b>1.40</b>
Febrero	S1	135	100.71	1.34
	S2	135	101.91	1.32
	S3	153	94.31	1.62
	S4	159	105.60	1.51
<b>Subtotal</b>		<b>582</b>	<b>402.52</b>	<b>1.45</b>
Marzo	S1	132	86.96	1.52
	S2	147	101.30	1.45
	S3	150	91.51	1.64
	S4	156	105.39	1.48
<b>Subtotal</b>		<b>585</b>	<b>385.16</b>	<b>1.52</b>
Abril	S1	131	88.56	1.48
	S2	152	102.94	1.48
	S3	137	105.16	1.30
	S4	161	106.12	1.52
<b>Subtotal</b>		<b>581</b>	<b>402.78</b>	<b>1.44</b>
<b>Total</b>		<b>2324</b>	<b>1601.10</b>	<b>1.45</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Objetivo específico 1

Determinar en qué medida la implementación de manufactura celular reducirá los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

##### 4.1.2.1. Situación antes (Pre test)

El primer problema secundario está relacionado por los tiempos muertos en el proceso de elaboración de alimentos extruidos para peces y camarones debido al transporte innecesarios, esperas de trabajo, deficiencia del diagrama de recorrido de la empresa generando exceso de distancias, reproceso de la máquina extrusora en un 10% y exceso de actividades que no agregan valor al proceso productivo siendo así un 40% de tiempos muerto en la línea.

Por ende, esto genera al sistema productivo de alimentos extruidos para peces y camarones exceso de tiempos de esperas en las órdenes de producción dado por la no cobertura de stock y la deficiencia en la línea de producción un lead time no ajustable a lo planificado siendo superior al takt time equivalente al 40% no llegando superar al 90% a causa del exceso de tiempo muertos, el cual afecta en la disminución de la productividad.

##### 4.1.2.2. Muestra antes (Pre test)

En la tabla 19 se aprecia los tiempos muertos de espera para el mes de enero de 6960 segundos/tn, en el mes de febrero de 6682 segundos/tn, en el mes de marzo de 6545 segundos/tn y en el mes de abril de 6709 segundos/tn, siendo así en promedio en los 4 primeros meses del año 2021 un tiempo muerto de espera de 6723 segundos/tn, dada por la siguiente fórmula:

$$\textit{T tiempo muerto} = kc - \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\textit{T tiempo muerto} = 8 * \frac{7776000 \textit{ segundos}}{2324 \textit{ tn}} - 20040 \frac{\textit{segundos}}{\textit{tn}}$$

$$\textit{T tiempo muerto} = 6723 \textit{ segundos/tn}$$

**Tabla 19:**  
Tiempo muerto de espera actual

Mes	Semana	k		c		Tiempo estándar de proceso (seg/tn)	Tiempo muerto de espera (seg/tn)
		N° de estaciones	Tiempo disponible (seg)	Producción (tn)	kc (seg/tn)		
Enero	S1	8	486000	135	28800	20040	8760
	S2	8	486000	147	26449	20040	6409
	S3	8	486000	147	26449	20040	6409
	S4	8	486000	147	26449	20040	6409
<b>Subtotal</b>		<b>8</b>	<b>1944000</b>	<b>576</b>	<b>27000</b>	<b>20040</b>	<b>6960</b>
Febrero	S1	8	486000	135	28800	20040	8760
	S2	8	486000	135	28800	20040	8760
	S3	8	486000	153	25412	20040	5372
	S4	8	486000	159	24453	20040	4413
<b>Subtotal</b>		<b>8</b>	<b>1944000</b>	<b>582</b>	<b>26722</b>	<b>20040</b>	<b>6682</b>
Marzo	S1	8	486000	132	29455	20040	9415
	S2	8	486000	147	26449	20040	6409
	S3	8	486000	150	25920	20040	5880
	S4	8	486000	156	24923	20040	4883
<b>Subtotal</b>		<b>8</b>	<b>1944000</b>	<b>585</b>	<b>585</b>	<b>26585</b>	<b>6545</b>
Abril	S1	8	486000	131	29589	20040	9549
	S2	8	486000	152	25512	20040	5472
	S3	8	486000	137	28421	20040	8381
	S4	8	486000	161	24179	20040	4139
<b>Subtotal</b>		<b>8</b>	<b>1944000</b>	<b>581</b>	<b>26749</b>	<b>20040</b>	<b>6709</b>
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>7776000</b>	<b>2324</b>	<b>26763</b>	<b>20040</b>	<b>6723</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.3. Aplicación de la Teoría

En la figura 25 se detallan las tareas realizadas según el ciclo de Deming de la implementación de la herramienta de manufactura esbelta de manufactura celular con el objetivo de alcanzar la mejora continua.

La implementación de la herramienta manufactura celular, se desarrolló siguiendo el ciclo Deming, cuyas tareas se indican en la figura 21.



**Figura 25.** Tareas a realizar según el ciclo de Deming – Manufactura celular

Fuente: Elaboración propia

## **A. Etapa de planificar – manufactura celular**

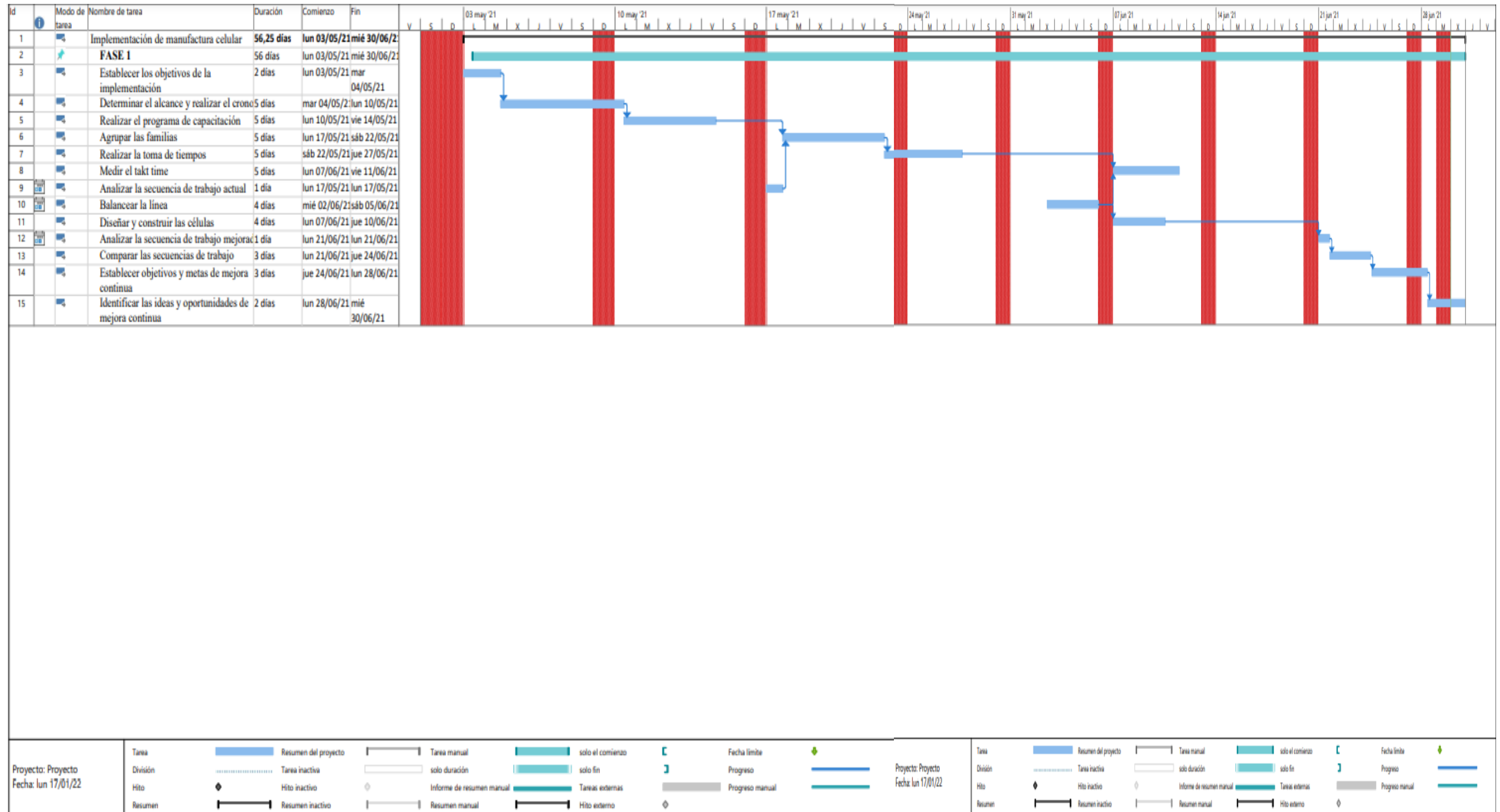
### **a) Objetivos de la implementación**

El objetivo de la implementación de la herramienta manufactura celular es reducir los tiempos muertos de espera de las órdenes de producción a un máximo de 2600 segundos/tn, siendo actualmente de 6723 segundos/tn.

**b) Alcance y cronograma de la implementación**

El alcance de la implementación de la manufactura celular es al área de producción, según la tabla 20, se muestra el tiempo de la implementación siendo 2 meses.

**Tabla 20:**  
Cronograma de la implementación de manufactura celular



Fuente: Elaboración propia

### c) Programa de capacitación

En la tabla 21 se muestra el programa de capacitación realizado a los trabajadores de la empresa Naltech SAC., con la finalidad de concientizar de los beneficios que brinda la herramienta de Lean Manufacturing Manufactura Celular, el cual fue realizado la primera semana del mes de mayo del año 2021 teniendo por sí 5 capacitación con los temas en relación a la metodología, el cual se obtuvo un cumplimiento del 100 % de las capacitaciones, en el anexo G se puede evidencia el registro de las capacitaciones y además, en la figura 26 se muestra la capacitación de los trabajadores.

**Tabla 21:**

Programa de capacitación de manufactura celular

RAZÓN SOCIAL		DOMICILIO		RUC				
Naltech SAC		Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú		20530611681				
Objetivo		Lograr el cumplimiento eficaz de las capacitaciones						
Áreas		Producción						
Indicador		(N° de capt. efectuadas / N° Total de capt. planificadas x 100)						
N°	Temario	Meta	Avance	Semana 1 mayo-21				
				Lu	Ma	Mi	Ju	Vi
1	Introducción de la Manufactura celular	100%	prog	1	x			
			ejec	100%	x			
2	Objetivos y beneficios de la Manufactura celular	100%	P	1		x		
			E	100%		x		
3	Balance de línea en una empresa	100%	P	1			x	
			E	100%			x	
4	Pasos de implementación de Manufactura celular	100%	P	1				x
			E	100%				x
5	Casos de éxitos de Manufactura Celular	100%	P	1				x
			E	100%				x

Fuente: Elaboración propia



**Figura 26.** Capacitación de los trabajadores

Fuente: Elaboración propia



## B. Etapa de hacer – manufactura celular

### a) Agrupación de familias

Para la agrupación de células, es primordial realizar la selección de grupo de familias de los productos pertenecientes a la manufactura celular, la empresa Naltech SAC, tiene 10 productos en su línea de producción de alimentos extruidos para camarones, de los cuales según la matriz de familia de productos realizado en la tabla 22, se obtuvo 2 grupos de familia, cuya diferencia es el proceso de pre-molienda.

**Tabla 22:**  
Matriz de familias de productos

N°	Familias	Productos	Proceso de producción								
			Armar Batch	Mezclar	Pre- molienda	Molienda Refinada	Extrusión	Secado	Engrasado	Empaque	
1	Familia 1	AQUATECH CM 40% INI 1 (0.8x1.2)	X	X	X	X	X	X	X	X	
2		AQUATECH CM 35% INI 1 (0.8x1.2)	X	X	X	X	X	X	X	X	
3		AQUATECH CM 40% INI 1 (0.8x1.3)	X	X	X	X	X	X	X	X	
4		AQUATECH CM 35% INI 1 (0.8x1.3)	X	X	X	X	X	X	X	X	
5		AQUATECH CM 35% INI PRE (1.2x1.2)	X	X	X	X	X	X	X	X	
6	Familia 2	AQUATECH CM 28% ENGORDE TUM (2.5x3.5)	X	X		X	X	X	X	X	
7		AQUATECH CM 35% PRE (1.7x3.5)	X	X		X	X	X	X	X	
8		AQUATECH CM 28% ENGORDE MED (2.5x3.5)	X	X		X	X	X	X	X	
9		AQUATECH CM 35% ENGORDE TUM (1.3x1.3)	X	X		X	X	X	X	X	
10		AQUATECH CM 35% ENGORDE TUM PRE (2.5x3.5)	X	X		X	X	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia

## b) Toma de tiempos

En la tabla 23 se aprecia el registro de toma de tiempos preliminares realizados a los procesos de producción, siendo así 26 muestras, donde el proceso de armar Batch tuvo como tiempo mayor y menor de 25 y 19.8 minutos, el proceso de mezclar de 4.2 y 3.2 minutos, el proceso de pre-molienda de 43.9 y 36.6 minutos, el proceso de molienda refinada de 43.9 y 35.2 minutos, el proceso de extrusión de 58.9 y 54.6 minutos, el proceso de secado de 55.9 y 51.8 minutos, el proceso de engrasado de 55.5 y 46.5 minutos y el proceso de empaque de 50.5 y 41.2 minutos.

**Tabla 23:**

Registro de tomas de tiempos preliminares - actual

<b>REGISTRO DE TOMA DE TIEMPOS</b>																												
<b>EMPRESA: Naltech SAC</b>														<b>Elaborado por: José Miguel Guevara Regalado</b>														
<b>ÁREA: Producción</b>														<b>PROCESO: Alimento para camarones</b>														
N°	Proceso	Número de observaciones (minutos)																										Total (min)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	Armar Batch	19.8	20.8	21.5	22.5	24.6	24.6	24.7	24.8	24.6	24.8	24.6	25.0	24.8	24.6	24.7	24.9	24.7	24.9	24.8	24.9	24.7	24.8	25.0	24.8	24.8	25.0	629.4
2	Mezclar	3.2	3.5	3.5	4.0	3.8	4.1	4.0	4.2	4.1	4.0	3.9	4.0	3.8	4.0	4.0	4.1	3.9	4.0	3.9	4.0	3.9	3.9	3.8	4.0	4.0	3.8	101.4
3	Pre-molienda	36.6	42.1	43.0	43.2	43.9	42.7	43.0	43.8	43.3	43.0	42.9	43.7	43.4	43.9	43.4	43.1	43.9	43.8	43.3	43.1	43.9	43.2	43.8	43.7	43.5	43.1	1120.0
4	Molienda Refinada	35.2	43.3	43.2	43.4	42.9	42.9	43.2	43.1	43.2	43.4	43.5	43.4	43.6	43.3	43.9	42.9	43.0	43.7	43.5	43.1	43.4	43.7	43.5	43.3	43.3	43.0	1117.7
5	Extrusión	54.6	57.8	58.0	58.7	58.0	58.6	58.2	58.4	58.5	58.2	58.1	58.0	57.8	58.9	58.0	58.7	58.4	58.1	58.3	57.8	58.4	58.5	57.8	58.5	58.2	58.7	1510.8
6	Secado	51.8	55.8	55.3	55.1	54.9	55.8	55.7	54.9	55.1	55.9	55.7	55.9	55.3	55.1	55.3	55.1	55.0	55.5	54.9	55.9	55.8	55.4	55.3	54.9	54.9	55.1	1435.2
7	Engrasado	46.5	50.5	55.3	54.9	54.7	54.6	55.0	55.3	55.3	55.5	55.3	55.1	54.4	55.4	55.2	54.4	55.2	55.5	54.7	55.4	55.4	55.5	54.4	54.8	55.3	54.9	1418.3
8	Empaque	47.3	44.3	41.2	44.8	47.8	49.3	46.5	48.5	48.2	49.5	48.5	50.5	49.5	47.3	49.5	47.3	49.1	50.0	49.2	50.2	50.3	47.3	49.7	49.2	47.3	47.3	1249.5

Fuente: Elaboración propia

Luego de las observaciones preliminares, se estimó el número de muestras utilizando el enfoque estadístico, utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{40 * \sqrt{n' * \sum(x)^2 - \sum x^2}}{\sum x} \right)^2$$

**Tabla 24:**  
Cálculo del número de muestras actual

<b>Empresa Naltech SAC</b>				
<b>Área: Producción</b>		<b>Proceso: Alimentos para camarones</b>		
<b>Elaborado por: José Miguel Guevara Regalado</b>				
Ítem	Actividades	$\sum X$	$\sum (X)^2$	# de muestras
1	Armar Batch	629.4	15284.5	6.00
2	Mezclar	101.4	396.8	5.00
3	Pre-molienda	1120.0	48292.3	2.00
4	Molienda Refinada	1117.7	48114.5	3.00
5	Extrusión	1510.8	87799.2	1.00
6	Secado	1435.2	79238.0	1.00
7	Engrasado	1418.3	77456.2	2.00
8	Empaque	1249.5	60161.5	3.00

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25:**  
Muestra de tiempos - actual

<b>MUESTRA DE TIEMPOS</b>								
<b>EMPRESA: Naltech SAC</b>			<b>Elaborado por: José Miguel Guevara Regalado</b>					
<b>ÁREA: Producción</b>			<b>PROCESO: Alimento para camarones</b>					
N°	Proceso	Número de observaciones (minutos)						Tiempo promedio
		1	2	3	4	5	6	
1	Armar Batch	19.8	20.8	21.5	22.5	24.6	24.6	22.3
2	Mezclar	3.2	3.5	3.5	4.0	3.8		3.6
3	Pre-molienda	36.6	42.1					39.4
4	Molienda Refinada	35.2	43.3	43.2				40.6
5	Extrusión	54.6						54.6
6	Secado	51.8						51.8
7	Engrasado	46.5	50.5					48.5
8	Empaque	47.3	44.3	41.2				44.2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 se observan las muestras de tiempos, según el cálculo realizado en la tabla 24, donde se muestra los tiempos promedio de cada proceso de producción.

Asimismo, se determinó el tiempo estándar, tal como se muestra en la tabla 26, de cada operación con el enfoque de Westinghouse, utilizando las siguientes fórmulas:

$$FC = H + E + CG + CS$$

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo promedio} * (1 + FC)$$

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} * (1 + \text{tolerancia})$$

**Tabla 26:**

Tiempo estándar - actual

<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>											
<b>EMPRESA:</b> Naltech SAC			<b>Elaborado por:</b> José Miguel Guevara Regalado								
<b>ÁREA:</b> Producción			<b>PROCESO:</b> Alimento para camarones								
N°	Actividades	Tiempo promedio (min)	Westinghouse					1+FC	Tiempo Normal (min)	Tolerancia	Tiempo Estándar (min)
			H	E	CD	CS					
1	Armar Batch	22.3	0.00	0.02	0.00	0.01	1.03	23.0	0.09	25.00	
2	Mezclar	3.6	0.00	0.02	0.00	0.01	1.03	3.7	0.09	4.00	
3	Pre-molienda	39.4	-0.05	0.00	0.05	0.01	1.01	39.7	0.09	43.33	
4	Molienda Refinada	40.6	-0.05	0.00	0.02	0.01	0.98	39.8	0.09	43.33	
5	Extrusión	54.6	-0.05	0.00	0.02	0.01	0.98	53.5	0.09	58.33	
6	Secado	51.8	-0.05	0.00	0.02	0.01	0.98	50.8	0.09	55.33	
7	Engrasado	48.5	0.00	0.02	0.02	0.00	1.04	50.4	0.09	55.00	
8	Empaque	44.2	-0.05	0.02	0.05	0.01	1.03	45.6	0.09	49.67	

Fuente: Elaboración propia

### c) Medición del takt time

En la tabla 13 se aprecia los datos para el cálculo del Takt time, el cual es el tiempo equilibrio que un proceso productivo debe tener, siendo así el Takt time de la empresa Naltech SAC de 3120.19 segundos por tn con una demanda diaria de 26 tn.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$$

$$\text{Takt time} = \frac{22.5 \frac{h}{\text{día}} * 3600 \frac{\text{segundos}}{h}}{26 \frac{tn}{\text{día}}} = 3120.19 \text{ segundos/tn}$$

#### **d) Lead time de producción actual**

Se realizó el cálculo del Lead time, debido a que la empresa presentó pedidos entregados a destiempo, y según la demanda diaria de 26 toneladas de alimentos extruido y los tiempos ciclo de cada proceso, se tiene un Lead time o tiempo de entrega de 29.83 h siendo mayor al tiempo disponible de 22.5 h diarias.

$$\text{Lead time} = T.\text{unidad1} + T.\text{operación lenta}(\text{Lote} - 1)$$

$$\text{Lead time} = 20040 \text{ segundos} + 3500 \text{ segundos}(26 - 1)$$

$$\text{Lead time} = 107399.78 \text{ segundos} \cong 29.83 \text{ h}$$

#### **e) Cobertura de stock en la línea de producción actual**

Se realizó el cálculo de la cobertura de stock en la línea de producción actual de la empresa, estuvo dada en relación al tiempo disponible diaria de 22.5 horas y el cuello de botella de 3500 segundos/tn, siendo así capacidad de 23 tn/día el cual es inferior a la demanda diaria de la empresa de 26 tn/día.

$$\text{Cobertura de stock en la línea de producción} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo de ciclo actual}}$$

$$\text{Cobertura de stock en la línea de producción} = \frac{22.5 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 3600 \frac{\text{segundos}}{\text{h}}}{3500 \text{ segundos/tn}}$$

$$\text{Cobertura de stock en la línea de producción} == 23 \text{ tn/día}$$

#### **f) Secuencia de trabajo actual**

En la figura 27 se detalla el diagrama de análisis de proceso de alimentos extruido para camarones, dado por 10 operaciones, 9 inspección, 5 transporte y 2 espera y almacenamiento, y el proceso con el mayor tiempo ciclo de 60 minutos la extrusión; siendo así el tiempo total del proceso de 357.90 minutos y 209 metros de recorrido.

<b>DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO DE ALIMENTOS EXTRUIDO PARA CAMARONES</b>				Código	<b>DAP-01</b>			
				Elaborado	José Miguel Guevara Regalado			
				Fecha	17/05/2021			
Símbolo	Descripción	Total Parcial	Total General	Comentarios				
○	Operación	10	28	<b>Lote de 26 tn</b>  <b>TIEMPO TOTAL (Minutos): 357.90 min.</b>				
□	Inspección	9						
⇒	Transporte	5						
⊖	Espera	2						
▽	Almacenamiento	2						
Procesos	Operación	Inspección	Transporte	Espera	Almacenar	Tiempo	Distancia	Observaciones
	○	□	⇒	⊖	▽	Min.	Mt.	
<b>Armar Batch</b>						<b>34.0</b>	<b>48</b>	Exceso de recorrido
Traslado de insumos a tolva de descarga			●			9.0	30	No agrega valor
Inspección de insumos según hoja de Batch		●	●			10.0	-	Exceso de tiempo
Pesado de insumos y aditivos	●					5.0	-	
Verificación de celdas de carga de pesado		●				3.0	-	
Almacenamiento en tolvas de insumos mayores					●	2.0	18	No agrega valor
Revisión de la receta del Batch		●				5.0	-	
<b>Mezclar</b>						<b>9.0</b>	<b>25</b>	
Descarga de insumos mayores			●			5.0	-	No agrega valor
Mezclado insumos	●					4.0	25	
<b>Pre-molienda</b>						<b>47.0</b>	<b>10</b>	
Agregar Aditivos al homogenizador	●					20.0	-	
Zarandeo pre molienda	●					27.0	10	Exceso de tiempo
<b>Molienda Refinada</b>						<b>47.4</b>	<b>5</b>	
Molienda de la mezlca	●					32.4	5	Exceso de tiempo
Inspección de de granulometria		●				15.0	-	

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO DE ALIMENTOS EXTRUIDO PARA CAMARONES				Código		DAP-01		
				Elaborado		José Miguel Guevara Regalado		
				Fecha		17/05/2021		
Simbolo	Descripción	Total Parcial	Total General	Comentarios				
○	Operación	10	28	Lote de 26 tn <b>TIEMPO TOTAL (Minutos): 357.90 min.</b>				
□	Inspección	9						
⇒	Transporte	5						
⊖	Espera	2						
▽	Almacenamiento	2						
Procesos	Operación	Inspección	Transporte	Espera	Almacenar	Tiempo	Distancia	Observaciones
	○	□	⇒	⊖	▽	Min.	Mt.	
<b>Extrusión</b>						60.0	18	Cuello de botella
Acondicionamiento y Cocción	●					3.0	10	
Extrusión	●					22.0	4	Exceso de tiempo
Inspección del producto a salida del cañón		●				35.0	4	
<b>Secado</b>						55.5	25	
Secado y enfriado del alimento	●					8.0	5	Exceso de tiempo
Inspección del producto a salida del secador		●				17.5	10	
Espera de resultados de humedad				●		24.5	-	No agrega valor
Traslado mediante elevadores hacia tolvas			●			5.5	10	No agrega valor
<b>Engrasado</b>						55.0	18	
Calibración de pre engrasado				●		15.0	-	No agrega valor
Inspección de balanza antes de engrasar		●				15.0	-	
Engrasado de los pellets	●					15.0	3	Exceso de tiempo
Inspección de pellets engrasado		●				10.0	15	
<b>Empaque</b>						50.0	60	Exceso de recorrido
Traslado a enfriador de pellets			●			10.0	10	No agrega valor
Almacenamiento en silos por ensacar					●	10.0	5	No agrega valor
Envasado de productos	●					15.0	10	Exceso de tiempo
Calibración de balanza y ensacadora semiautomática		●				5.0	-	
Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén			●			10.0	35	No agrega valor
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>357.9</b>	<b>209</b>	

Figura 27. Diagrama de análisis de proceso actual

Fuente: Elaboración propia

### g) Balanceo de la línea

En la tabla 27 se muestran las características de los procesos actuales, para el balanceo de la línea dado por el tiempo ciclo y el número de trabajadores respectivamente.

**Tabla 27:**  
Características de los procesos actuales

N°	Operación	Tiempo (seg/tn)	N° de trabajadores	Porcentaje
1	Armar Batch	1500	1	7.5%
2	Mezclar	240	1	1.2%
3	Pre-molienda	2600	1	13.0%
4	Molienda Refinada	2600	1	13.0%
5	Extrusión	3500	1	17.5%
6	Secado	3320	1	16.6%
7	Engrasado	3300	1	16.5%
8	Empaque	2980	1	14.9%
<b>Total</b>		<b>20040</b>	<b>8</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la tabla 28 se muestra la agrupación de las células de manufactura, siendo así 4 operaciones con 9 trabajadores respectivamente y el tiempo ciclo de mayor duración es de 2600 segundos/tn y el de menor es 1740 segundos/tn.

**Tabla 28:**  
Agrupación de células

Trabajadores	Op 1 y Op 2	Op3	Op 3, Op4	Op5	Op5, Op6	Op5, Op6, Op7	Op6	Op7	Op7, Op8	Op8
1	<b>1740.0</b>	2600.0	5200.0	3500.0	6820.0	10120.0	3320.0	3300.0	6280.0	2980.0
2	870.0	1300.0	<b>2600.0</b>	1750.0	3410.0	5060.0	1660.0	1650.0	3140.0	1490.0
3	580.0	866.7	1733.3	1166.7	<b>2273.3</b>	3373.3	1106.7	1100.0	<b>2093.3</b>	993.3
4	435.0	650.0	1300.0	875.0	1705.0	2530.0	830.0	825.0	1570.0	745.0
5	348.0	520.0	1040.0	700.0	1364.0	2024.0	664.0	660.0	1256.0	596.0
6	290.0	433.3	866.7	583.3	1136.7	1686.7	553.3	550.0	1046.7	496.7
7	248.6	371.4	742.9	500.0	974.3	1445.7	474.3	471.4	897.1	425.7
8	217.5	325.0	650.0	437.5	852.5	1265.0	415.0	412.5	785.0	372.5
N° de trabajadores	1		2		3				3	
N° de trabajadores	9									

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 29 se aprecia el registro de toma de tiempos preliminares realizados a los procesos de producción, siendo así 26 muestras, donde el proceso de armar Batch y mezclar tuvo como tiempo mayor y menor de 29 y 22.9 minutos, el proceso de pre-molienda y molienda refinada de 45.5 y 34.6 minutos, el proceso de extrusión y secado de 38.4 y 32 minutos, el proceso de engrasado y empaque de 35.4 y 28.3 minutos.

**Tabla 29:**  
Registro de tomas de tiempos preliminares - mejorado

		<b>REGISTRO DE TOMA DE TIEMPOS</b>																										
		<b>EMPRESA: Naltech SAC</b>													<b>Elaborado por: José Miguel Guevara Regalado</b>													
		<b>ÁREA: Producción</b>													<b>PROCESO: Alimento para camarones</b>													
<b>N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Número de observaciones (minutos)</b>																										<b>Total (min)</b>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	Armar Batch y mezclar	22.9	24.1	24.9	26.1	28.6	28.5	28.6	28.7	28.6	28.8	28.5	29.0	28.8	28.6	28.6	28.8	28.6	28.9	28.7	28.9	28.6	28.8	29.0	28.8	28.7	29.0	730.1
2	Pre-molienda y molienda refinada	34.6	37.9	37.9	41.4	41.2	44.4	43.3	45.5	44.4	43.3	42.3	43.5	41.2	43.3	43.3	44.4	42.3	43.3	42.4	43.2	42.4	42.3	41.2	43.3	43.3	41.2	1096.8
3	Extrusión y secado	32.0	36.8	37.6	37.8	38.4	37.3	37.6	38.3	37.8	37.6	37.5	38.2	37.9	38.4	37.9	37.7	38.4	38.3	37.8	37.7	38.4	37.8	38.3	38.2	38.0	37.7	979.3
4	Engrasado y empaque	28.3	34.9	34.8	34.9	34.5	34.5	34.8	34.7	34.8	34.9	35.0	34.9	35.1	34.8	35.4	34.5	34.6	35.2	35.0	34.7	35.0	35.2	35.0	34.8	34.9	34.6	899.9

Fuente: Elaboración propia

Luego de las observaciones preliminares, se estimó el número de muestras utilizando el enfoque estadístico, utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{40 * \sqrt{n' * \sum(x)^2 - \sum x^2}}{\sum x} \right)^2$$

**Tabla 30:**  
Cálculo del número de muestras mejorado

<b>Empresa Naltech SAC</b>				
<b>Área:</b> Producción		<b>Proceso:</b> Alimentos para camarones		
<b>Elaborado por:</b> José Miguel Guevara Regalado				
Ítem	Actividades	$\sum X$	$\sum (X)^2$	# de muestras
1	Armar Batch y mezclar	730.1	20566.9	6.00
2	Pre-molienda y molienda refinada	1096.8	46408.9	5.00
3	Extrusión y secado	979.3	36920.4	2.00
4	Engrasado y empaque	899.9	31189.4	3.00

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31:**  
Muestra de tiempos - mejorado

<b>MUESTRA DE TIEMPOS</b>								
<b>EMPRESA:</b> Naltech SAC		<b>Elaborado por:</b> José Miguel Guevara Regalado						
<b>ÁREA:</b> Producción		<b>PROCESO:</b> Alimento para camarones						
N°	Proceso	<b>Número de observaciones (minutos)</b>						<b>Tiempo promedio</b>
		1	2	3	4	5	6	
1	Armar Batch y mezclar	22.9	24.1	24.9	26.1	28.6	28.5	25.9
2	Pre-molienda y molienda refinada	34.6	37.9	37.9	41.4	41.2		38.6
3	Extrusión y secado	32.0	36.8					34.4
4	Engrasado y empaque	28.3	34.9	34.8				32.7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se observan las muestras de tiempos, según el cálculo realizado en la tabla 30, donde se muestra los tiempos promedio de cada proceso de producción.

Asimismo, se determinó el tiempo estándar, tal como se muestra en la tabla 32, de cada operación con el enfoque de Westinghouse, utilizando las siguientes fórmulas:

$$FC = H + E + CG + CS$$

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo promedio} * (1 + FC)$$

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} * (1 + \text{tolerancia})$$

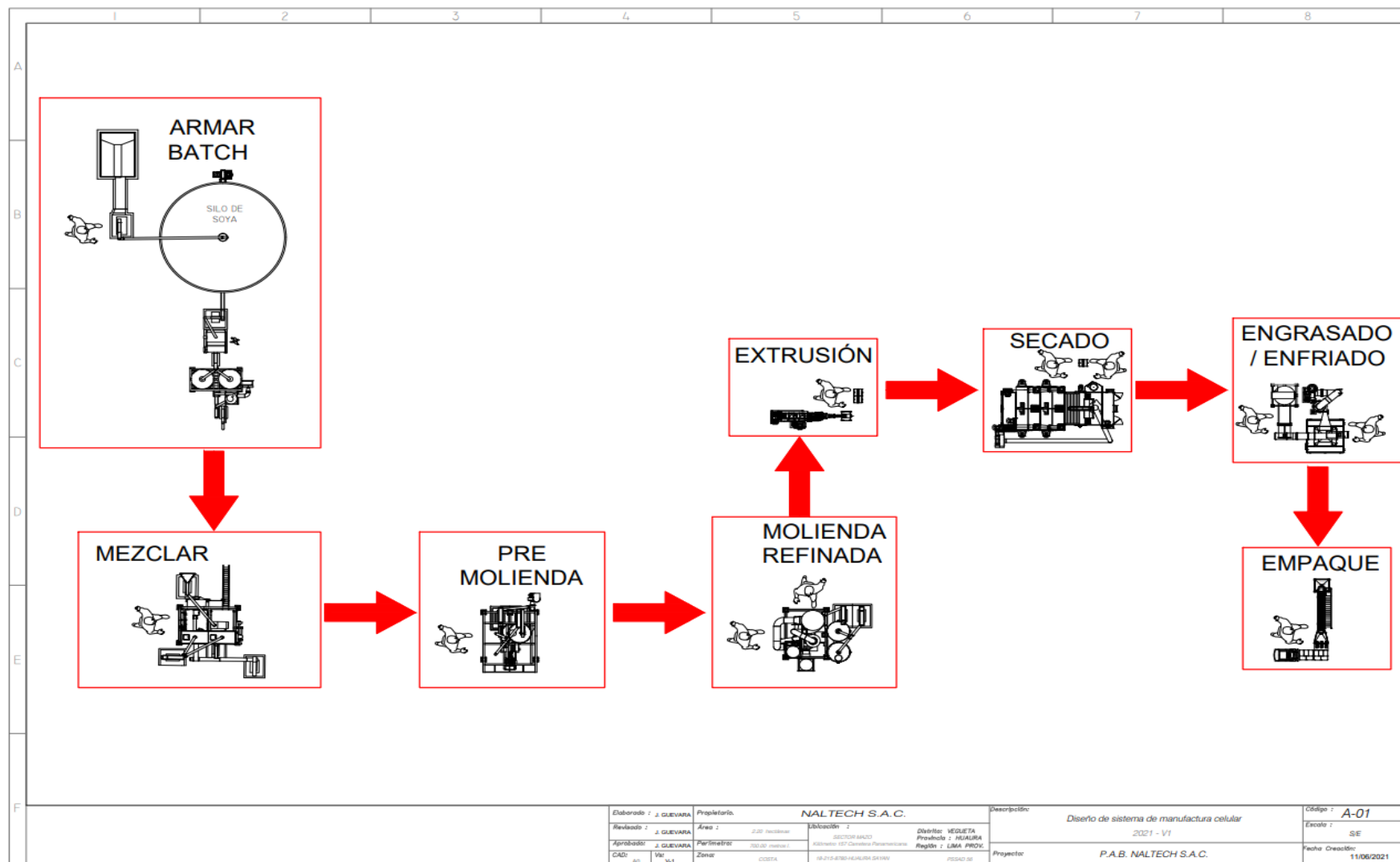
**Tabla 32:**  
Tiempo estándar - mejorado

		<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>								
		<b>EMPRESA:</b> Naltech SAC				<b>Elaborado por:</b> José Miguel Guevara Regalado				
		<b>ÁREA:</b> Producción				<b>PROCESO:</b> Alimento para camarones				
		<b>Westinghouse</b>								
<b>Nº</b>	<b>Actividades</b>	<b>Tiempo promedio (min)</b>	<b>H</b>	<b>E</b>	<b>CD</b>	<b>CS</b>	<b>1+FC</b>	<b>Tiempo Normal (min)</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Tiempo Estándar (min)</b>
1	Armar Batch y mezclar Pre-molienda	25.9	0.00	0.02	0.00	0.01	1.03	26.6	0.09	29.0
2	y molienda refinada	38.6	0.00	0.02	0.00	0.01	1.03	39.8	0.09	43.33
3	Extrusión y secado	34.4	-0.05	0.00	0.05	0.01	1.01	34.8	0.09	37.89
4	Engrasado y empaque	32.7	-0.05	0.00	0.02	0.01	0.98	32.0	0.09	34.89

Fuente: Elaboración propia

#### **h) Diseño y construcción de las células**

En la figura 28 se aprecia el diseño de la agrupación de células mejorado, el cual tiene un tipo de célula serpentina, empezando por el proceso de armar Batch, mezclar, pre molienda, molienda refinada, extrusión, secado, engrasado o enfriado y finalmente el empaque; con un total de 9 trabajadores.



**Figura 28.** Diseño de las células de manufactura

Fuente: Elaboración propia

### C. Etapa de verificar– manufactura celular

#### a) Secuencia de trabajo mejorado

En la figura 29 se detalla el diagrama de análisis de proceso de alimentos extruido para camarones, dado por 10 operaciones, 9 inspección, 5 transporte y 2 espera y almacenamiento, y el proceso con el mayor tiempo ciclo de 46.4 minutos la pre-molienda y molienda refinada; siendo así el tiempo total del proceso de 154.90 minutos y 130 metros de recorrido.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO DE ALIMENTOS EXTRUIDO PARA CAMARONES				Código		DAP-02			
				Elaborado		José Miguel Guevara Regalado			
				Fecha		21/06/2021			
Simbolo	Descripción	Total Parcial	Total General	Comentarios					
○	Operación	9	22	Lote de 26 tn TIEMPO TOTAL (Minutos): 154.90 min.					
□	Inspección	5							
⇒	Transporte	5							
⊖	Espera	2							
▽	Almacenamiento	1							
Procesos		Operación	Inspección	Transporte	Espera	Almacenar	Tiempo	Distancia	Observaciones
		○	□	⇒	⊖	▽	Min.	Mt.	
<b>Armar Batch y mezclar</b>							30.0	42	Exceso de recorrido
Traslado de insumos a tolva de descarga							9.0	15	No agrega valor
Inspección de insumos según hoja de Batch							2.0	-	
Pesado de insumos y aditivos							5.0	-	
Verificación de celdas de carga de pesado							3.0	-	
Almacenamiento en tolvas de insumos mayores							2.0	9	No agrega valor
Descarga de insumos mayores							5.0	-	No agrega valor
Mezclado insumos							4.0	18	
<b>Pre-molienda y molienda refinada</b>							46.4	5	Cuello de botella
Agregar Aditivos al homogenizador							5.0	-	
Molienda de la mezcla							32.4	5	
Inspección de de granulometria							9.0	-	Exceso de tiempo

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO DE ALIMENTOS EXTRUIDO PARA CAMARONES				Código	DAP-02			
				Elaborado	José Miguel Guevara Regalado			
				Fecha	21/06/2021			
Simbolo	Descripción	Total Parcial	Total General	Comentarios				
○	Operación	9	22	Lote de 26 tn <b>TIEMPO TOTAL (Minutos): 154.90 min.</b>				
□	Inspección	5						
⇒	Transporte	5						
⊖	Espera	2						
▽	Almacenamiento	1						
Procesos	Operación	Inspección	Transporte	Espera	Almacenar	Tiempo	Distancia	Observaciones
	○	□	⇒	⊖	▽	Min.	Mt.	
<b>Extrusión y secado</b>						40.0	18	
Acondicionamiento y Cocción	●					3.0	3	
Extrusión	●					22.0	4	Exceso de tiempo
Secado y enfriado del alimento	●					8.0	5	Exceso de tiempo
Espera de resultados de humedad				●		1.5	-	No agrega valor
Traslado mediante elevadores hacia tolvas			●			5.5	6	No agrega valor
<b>Engrasado y empaque</b>						38.5	40	Exceso de recorrido
Calibración de pre engrasado				●		15.0	-	No agrega valor
Engrasado de los pellets	●					3.0	3	
Inspección de pellets engrasado		●				1.0	8	
Traslado a enfriador de pellets			●			1.5	6	No agrega valor
Envasado de productos	●					15.0	6	
Calibración de balanza y ensacadora		●				1.5	-	
Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén			●			1.5	18	No agrega valor
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>154.9</b>	<b>105</b>	

**Figura 29.** Diagrama de análisis de proceso mejorado

Fuente: Elaboración propia

### **b) Lead time de producción mejorado**

Después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta se realizó el cálculo del Lead time, según la demanda diaria de 26 toneladas de alimentos extruido y los tiempos ciclo de cada proceso mejorado, por lo que, se tiene un Lead time o tiempo de entrega de 20.47 h siendo menor al tiempo disponible de 22.5 h diarias permitiendo así entregar la mayor cantidad de sus pedidos a tiempo.

$$\text{Lead time} = T.\text{unidad1} + T.\text{operación lenta}(\text{Lote} - 1)$$

$$\text{Lead time} = 8706.7 \text{ segundos} + 2600 \text{ segundos}(26 - 1)$$

$$\text{Lead time} = 73706.7 \text{ segundos} \cong 20.47 \text{ h}$$

### **c) Cobertura de stock en la línea de producción mejorado**

Después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta se realizó el cálculo de la cobertura de stock en la línea de producción mejorada de la empresa estuvo dada en relación al tiempo disponible diario de 22.5 horas y el nuevo cuello de botella de 2600 segundos/tn, siendo así capacidad de 31.15 tn/día el cual es mayor a la demanda diaria de la empresa de 26 tn/día permitiendo así atender la mayor cantidad de tus pedidos solicitados.

$$\text{Capacidad de la célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo de ciclo actual}}$$

$$\text{Capacidad de la célula} = \frac{22.5 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 3600 \frac{\text{segundos}}{\text{h}}}{2600 \frac{\text{segundos}}{\text{tn}}}$$

$$\text{Cobertura de stock en la línea de producción} = 31.15 \text{ tn/día}$$

### **d) Comparación de las secuencias de trabajo**

Según la tabla 33, la comparación de las secuencias de trabajo con la implementación de la manufactura celular, se redujo el número de operaciones en un 50%, el tiempo de proceso en un 56.72%, el cuello de botella en un 22.67% y la distancia de recorrido en un 27.24% y se incrementó el número de trabajadores en un 12.50%.

**Tabla 33:**  
Comparación de la secuencia de trabajo

<b>Descripción</b>	<b>Antes</b>	<b>Mejorado</b>	<b>Reducción/incremento</b>
Números de operaciones	8	4	50%
Tiempo de proceso	357.9 min	154.9 min	56.72%
Cuello de botella	60.0 min	46.4 min	22.67%
Distancia de recorrido	209 metros	130 metros	27.24%
Nº de trabajadores	8	9	12.50%
Lead time	29.83 h	20.47 h	31.38%
Cobertura de stock en la línea de producción	23 tn/día	31.15 tn/día	35.43%

Fuente: Elaboración propia

#### **D. Etapa de actuar – manufactura celular**

##### **a) Objetivos y metas de mejora continua**

Tras la implementación de la herramienta de manufactura celular, se obtuvo que el tiempo muerto de espera se redujo a 2557 segundos/tn, sin embargo, se estima como meta alcanzar un tiempo muerto de espera menor o igual a 2400 segundos/tn en un periodo de 3 meses, tal como se aprecia en la tabla 34.

**Tabla 34:**  
Comparación de la secuencia de trabajo

<b>OBJETIVOS</b>	<b>METAS</b>
Reducir los tiempos muertos de espera 2557 segundos/tn a 2400 segundos/tn como mínimo, en un periodo de 3 meses.	<i>Tiempo muerto <math>\leq</math> 2400 seg/tn</i>

Fuente: Elaboración propia

##### **b) Ideas y oportunidades de mejora continua**

Finalizada la implementación de la herramienta de manufactura celular, se realizó una reunión con los trabajadores de la empresa Naltech SAC., con el objetivo de escuchar



las ideas y oportunidades con el fin de alcanzar la mejora continua en el proceso productivo de alimentos extruidos para camarones, tal como se aprecia en la figura 30.

	<b>FORMULARIO DE PROYECTO DE IDEAS</b>	<b>Código:</b> NSAC-FPI-01
		<b>Revisión:</b> 001
		<b>Aprobado por:</b> Líder de la implementación de manufactura celular
<b>Área:</b>	Producción	
<b>Líder:</b>	José Gabriel Guevara Regalado	
<b>Miembros:</b>	Trabajadores del área de producción	
<b>Fecha:</b>	28/06/2021	
<b>Asunto:</b>	Ideas de mejora	
<b>Situación actual</b>	Actualmente el tiempo muerto de espera del área de producción es de 2557 segundos/tn; si bien es cierto se logró una reducción del tiempo muerto encontrado de 6723 segundos/tn; se estima alcanzar un tiempo muerto de menor o igual a 240 segundos/tn.	
<b>Justificación:</b>		
<b>Meta:</b>	<i>Tiempo muerto ≤ 2400 seg/tn</i>	
<b>Periodo:</b>	3 meses	
<b>Comentario:</b>	Cumplir con los tiempos analizados, calculados y estipulados en los diagrama de análisis de proceso; ejecutar las distancias de recorrido; controlar los desperdicios; capacitar a los operarios sobre sus nuevas funciones; retroalimentación de la metodología aplicada.	

  
 José Gabriel Guevara Regalado  
 (Líder de Manufactura Celular)

**Figura 30.** Ideas y oportunidades de manufactura celular

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.4. Situación después (Post Test)

En la tabla 35 se aprecia los tiempos muertos de espera mejorados para el mes de julio siendo de 3128 segundos/tn, en el mes de agosto de 2601 segundos/tn, en el mes de septiembre de 2398 segundos/tn y en el mes de octubre de 2147 segundos/tn, siendo así en promedio en los 4 meses después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta de 2557 segundos/tn, dada por la siguiente fórmula:

$$Tiempo\ muerto = kc - \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\text{Tiempo muerto} = 4 * \frac{7776000 \text{ segundos}}{2761 \text{ tn}} - 8707.67 \frac{\text{segundos}}{\text{tn}}$$

$$\text{Tiempo muerto} = 2557 \text{ segundos/tn}$$

El cual evidencia que la implementación de la manufactura celular disminuye el lead time de producción y aumenta la cobertura de stock en la línea de producción permitiendo así reducir los tiempos muertos de espera de las órdenes de producción.

#### 4.1.2.5. Muestra después (Post test)

**Tabla 35:**

Tiempo muerto de espera mejorado

Mes	Semana	k		C		Tiempo estándar de proceso (seg/tn)	Tiempo muerto de espera (seg/tn)
		Nº de estaciones	Tiempo disponible (seg)	Producción (tn)	kc (seg/tn)		
Julio	S1	4	486000	155	12510	8707.67	3802
	S2	4	486000	165	11782	8707.67	3074
	S3	4	486000	167	11613	8707.67	2905
	S4	4	486000	169	11489	8707.67	2782
<b>Subtotal</b>		<b>4</b>	<b>1944000</b>	<b>657</b>	<b>11836</b>	<b>8707.67</b>	<b>3128</b>
Agosto	S1	4	486000	165	11782	8707.67	3074
	S2	4	486000	166	11697	8707.67	2989
	S3	4	486000	173	11211	8707.67	2503
	S4	4	486000	183	10623	8707.67	1915
<b>Subtotal</b>		<b>4</b>	<b>1944000</b>	<b>688</b>	<b>11309</b>	<b>8707.67</b>	<b>2601</b>
Septiembre	S1	4	486000	161	12045	8707.67	3337
	S2	4	486000	171	11368	8707.67	2661
	S3	4	486000	183	10623	8707.67	1915
	S4	4	486000	185	10519	8707.67	1812
<b>Subtotal</b>		<b>4</b>	<b>1944000</b>	<b>700</b>	<b>11105</b>	<b>8707.67</b>	<b>2398</b>
Octubre	S1	4	486000	169	11489	8707.67	2782
	S2	4	486000	179	10872	8707.67	2165
	S3	4	486000	183	10623	8707.67	1915
	S4	4	486000	185	10485	8707.67	1778
<b>Subtotal</b>		<b>4</b>	<b>1944000</b>	<b>716</b>	<b>10854</b>	<b>8707.67</b>	<b>2147</b>
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>7776000</b>	<b>2761</b>	<b>11265</b>	<b>8707.67</b>	<b>2557</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.6. Beneficio económico

En la tabla 36 se muestra el ahorro que tiene la empresa debido a la disminución del tiempo de espera de las órdenes de producción, en el cual al ser multiplicado por el costo por hora de los trabajadores se tiene un beneficio económico de S/29 953.97.

**Tabla 36:**  
Beneficio económico del objetivo específico 1

Variable dependiente	Indicador	Diferencia Pre-Post test	Tiempo (horas/tn)	Producción (tn)	Costo de mano de obra (S/.h)	Beneficio económico (soles)
Tiempo muerto	% Tiempo de espera de las órdenes de producción	4166 seg/tn	3195	2761	S/9.38	S/29 953.97

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3. Objetivo específico 2

Determinar en qué medida la implementación de 5S' reducirá los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

##### 4.1.3.1. Situación antes (Pre test)

El segundo problema secundario está relacionado con el tiempo de entrega de los pedidos de la empresa en la elaboración de alimentos extruidos causado por el exceso de objetos innecesarios en el área de producción, objetos fuera de lugar el cual repercute en el orden del área de producción, el incumplimiento de los eventos de limpieza en un 23.82% no existiendo orden y limpieza, la falta de procesos estandarizados y deficiente organización y disciplina en el proceso productivo el cual impacta en el tiempo de entrega aumentando de 6 días a 10 días teniendo así un 15,6% de pedidos entregados a destiempo el cual influye en la disminución de la productividad.

##### 4.1.3.2. Muestra antes (Pre test)

En la tabla 37 se aprecia el tiempo de entrega actual que tiene la empresa siendo así en el mes de enero de 658.50 horas, en el mes de febrero del 677.14 horas, en el mes de marzo de 667.78 horas y en el mes de abril de 676.36 horas, siendo así en promedio en los 4 primeros meses del año 2021 un tiempo de entrega de 2679.77 horas dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de entrega} = \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\text{Tiempo de entrega} = 2140.44 + 442.63 + 96.70$$

$$\text{Tiempo de entrega} = 2679.77 \text{ horas}$$

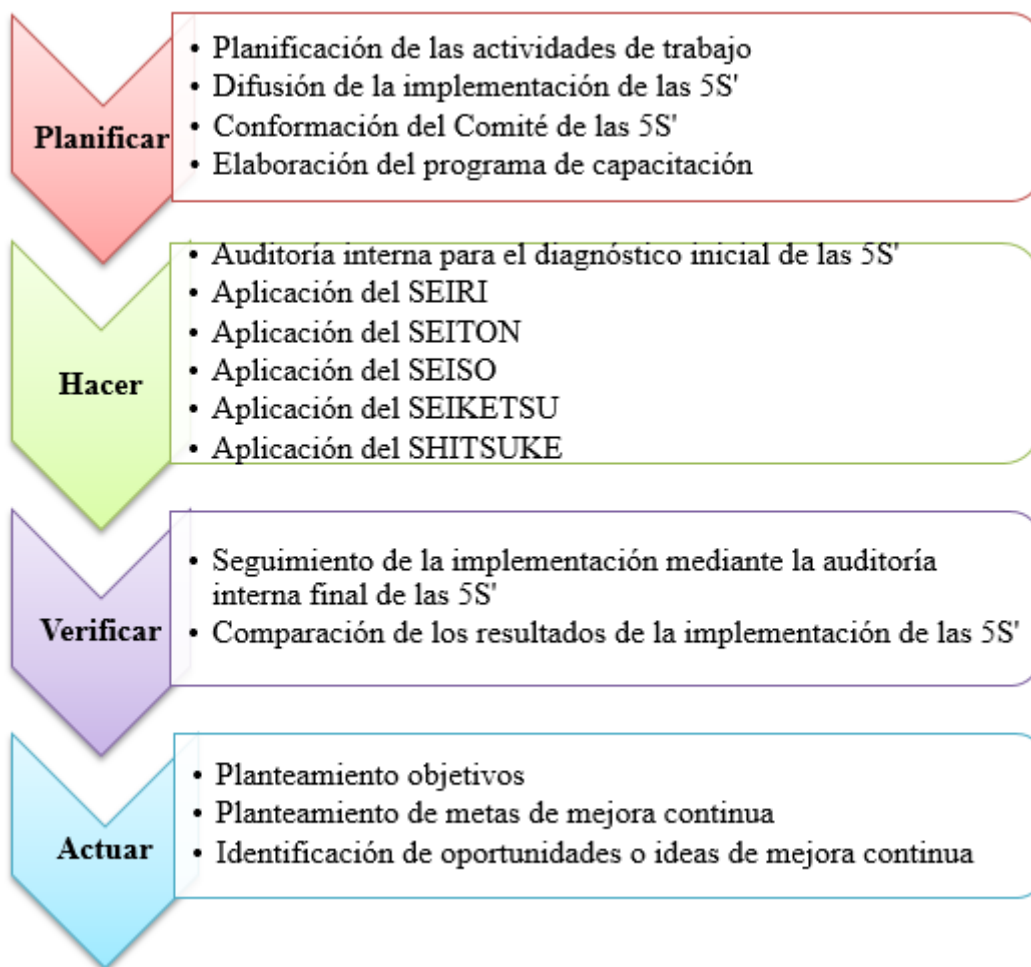
**Tabla 37:**  
Tiempo de entrega actual

Mes	Semana	Tiempo de funcionamiento ( $t_1$ )	Tiempo de preparación de los equipos ( $t_2$ )	Tiempo de parada no planificada ( $t_3$ )	Tiempo de entrega
Enero	S1	133.25	26.88	5.14	165.27
	S2	133.87	17.21	6.57	157.65
	S3	133.67	19.95	7.43	161.05
	S4	133.78	35.48	5.27	174.53
<b>Sub-total</b>		<b>534.57</b>	<b>99.52</b>	<b>24.41</b>	<b>658.50</b>
Febrero	S1	134.95	26.81	7.43	169.19
	S2	134.97	25.92	7.14	168.03
	S3	134.94	34.35	6.29	175.58
	S4	134.97	23.95	5.43	164.35
<b>Sub-total</b>		<b>539.83</b>	<b>111.02</b>	<b>26.29</b>	<b>677.14</b>
Marzo	S1	131.74	37.64	7.14	176.52
	S2	131.85	24.26	6.29	162.40
	S3	130.80	32.15	7.14	170.08
	S4	132.09	22.41	4.28	158.78
<b>Sub-total</b>		<b>526.47</b>	<b>116.46</b>	<b>24.85</b>	<b>667.78</b>
Abril	S1	134.86	41.16	5.14	181.16
	S2	134.90	26.53	5.43	166.86
	S3	134.89	23.44	6.29	164.62
	S4	134.92	24.51	4.29	163.72
<b>Sub-total</b>		<b>539.57</b>	<b>115.64</b>	<b>21.15</b>	<b>676.36</b>
<b>Total</b>		<b>2140.44</b>	<b>442.63</b>	<b>96.70</b>	<b>2679.77</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.3. Aplicación de la Teoría

Basándose en la herramienta de mejora continua Ciclo de Deming se llevó a cabo la implementación de la metodología 5S' para lo cual se desarrollaron las siguientes tareas:



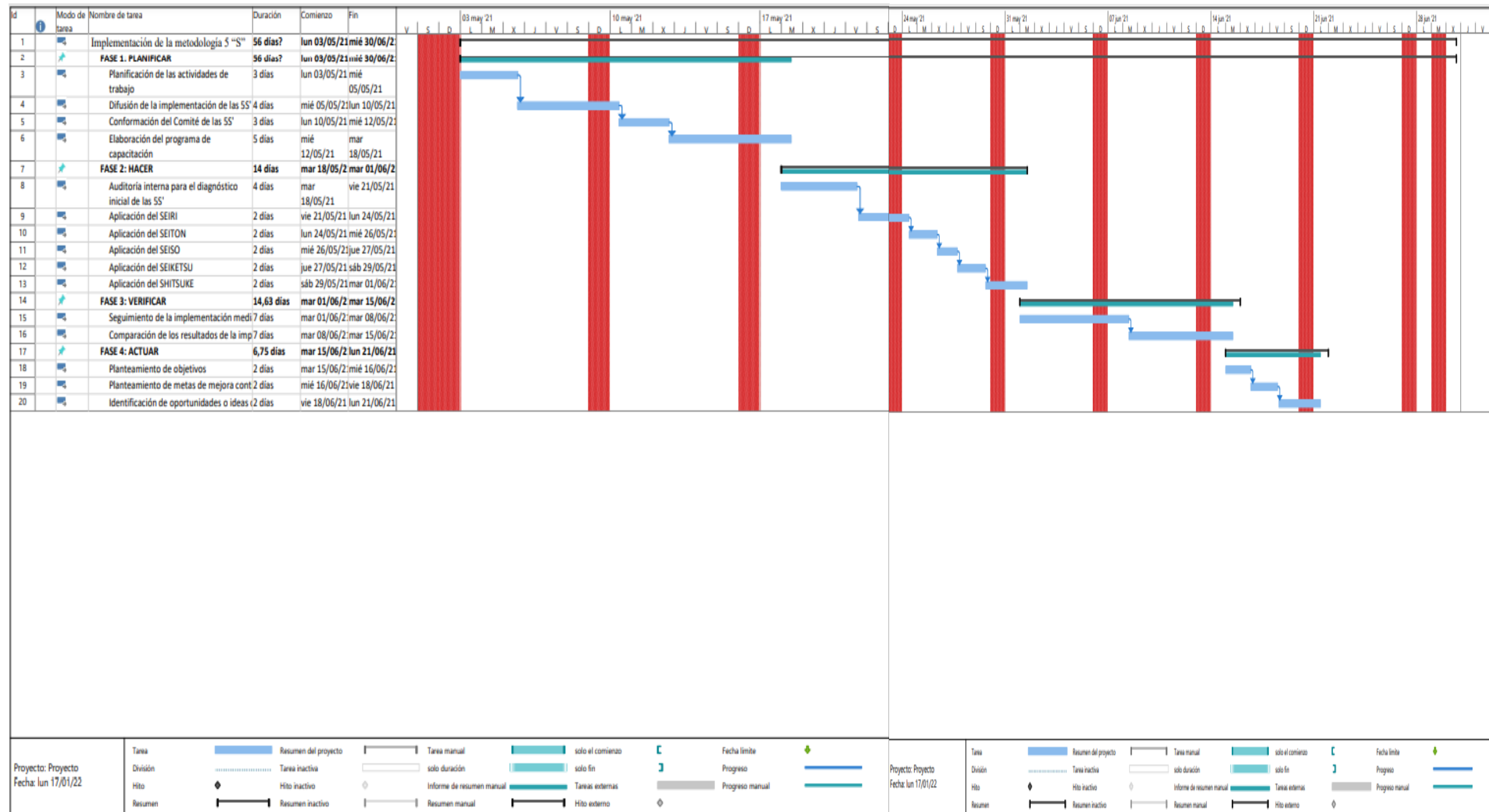
**Figura 31.** Implementación de las 5S' en función al ciclo Deming

Fuente: Elaboración propia

## A. Etapa de planificar – 5S'

### a) Planificación de las actividades de trabajo

Este paso consistió en la elaboración de un plan de trabajo empleando un cronograma de actividades para llevar a cabo la implementación de las 5S', tal como se aprecia en la figura 28, con un tiempo de duración de la implementación de 2 meses de mayo y junio del año 2021.

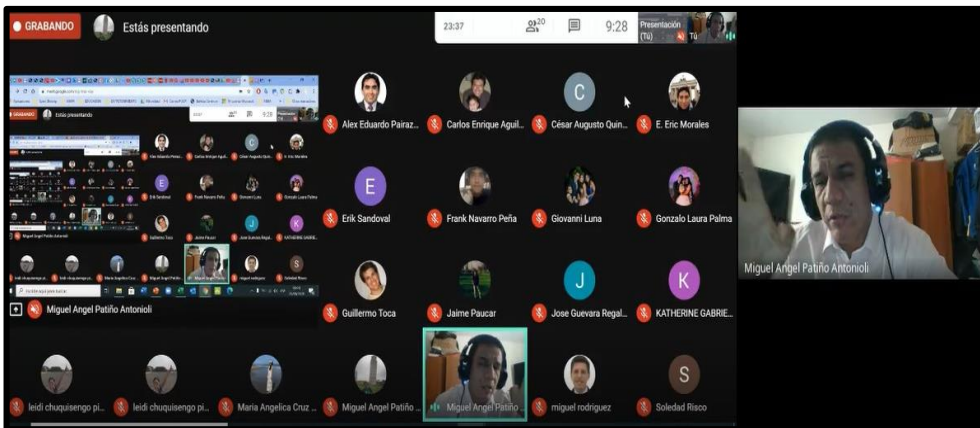


**Figura 32.** Cronograma de actividades de la implementación de las 5S

Fuente: Elaboración propia

## b) Difusión de la implementación de las 5S'

Para lograr encaminar a todos los trabajadores hacia un mismo objetivo es importante la difusión de las decisiones que han sido tomadas, de ello también depende la funcionalidad de la metodología de las 5S'. Por lo tanto, en la empresa Naltech SAC se realizó la difusión de la implementación de las 5S' a los trabajadores indicando cuáles son las metas que se esperan lograr y los objetivos de la aplicación. También se llevó a cabo la elección de los integrantes del comité de las 5S'.

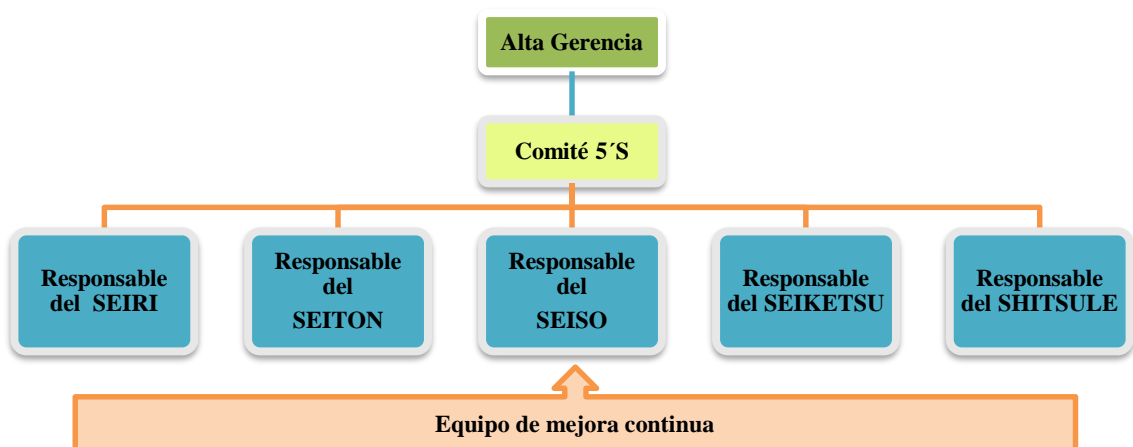


**Figura 33.** Difusión de la implementación de las 5S'

Fuente: Elaboración propia

## c) Comité de las 5S'

El comité es el responsable de velar que se cumplan de las metas y objetivos que se han trazado integrando a cada uno de los trabajadores dentro del proceso. Su estructura organizacional fue establecida de la siguiente manera.



**Figura 34.** Estructura Organizacional del comité 5S'

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38:**  
Organización del comité 5S'

<b>Cargos-Comité 5S'</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Puesto de trabajo</b>
Coordinador-Comité 5S'	Joel Nato Acosta	Gerente de Producción
Responsable-SEIRI	Johnny Quispe Bernabé	Jefe de Mantenimiento
Responsable-SEITON	Jenny Salinas Castillo	Jefe de Administración y Finanzas
Responsable-SEISO	Jesús Saldarriaga Palacios	Supervisor de Calidad
Responsable-SEIKETSU	Verónica Camones Meza	Supervisor de Producción
Responsable-SHITSUKE	Edward Núñez León	Jefe de Nutrición y Calidad
Coordinador de la mejora continua	Cesar Pérez Garro	Jefe de Planta

Fuente: Elaboración propia

A su vez, para que la implementación se lleve a cabo de forma exitosa se determinó y estableció las funciones de cada uno de los miembros del comité 5S' las cuales se detallan a continuación y se evidenció a los integrantes que conforman dicho comité en la figura 35.

✓ **Coordinador-Comité 5S':**

Función: Facilitar la integración del personal corporativo mediante la planificación, preparación y coordinación de actividades relevantes para la aplicación de las 5S.

✓ **Responsable-SEIRI**

Función: Supervisar la aplicación del SEIRI y velar por el cumplimiento.

✓ **Responsable-SEITON**

Función: Supervisar la aplicación del SEITON y velar por el cumplimiento.

✓ **Responsable-SEISO**

Función: Supervisar la aplicación del SEISO y velar por el cumplimiento.

✓ **Coordinador-SEIKETSU**

Función: Supervisar la aplicación del SEIKETSU y velar por el cumplimiento.

✓ **Coordinador-SHITSUKE**

Función: Supervisar la aplicación del SHITSUKE y velar por el cumplimiento.

✓ **Coordinador-Mejora continua**

Función: Monitorear y supervisar las estrategias de mejora continua.





**Figura 35.** Integrantes del comité 5S'

Fuente: Elaboración propia

#### d) Programa de capacitación

Se llevaron a cabo capacitaciones a los miembros que conforman el comité 5S' y a todos los trabajadores que integran la empresa. Para ello se desarrolló un programa de capacitación el cuál se muestra a continuación.

**Tabla 39:**

Programa de capacitación de las 5S'

<b>RAZÓN SOCIAL</b>		<b>DOMICILIO</b>		<b>RUC</b>				
Naltech SAC		Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú		20530611681				
Objetivo		Lograr el cumplimiento eficaz de las capacitaciones						
Áreas		Producción						
Indicador		(N° de capact. efectuadas / N° Total de capact. planificadas x 100						
N°	Temario	Meta	Avance	Semana 2 y 3 mayo-21				
				L	M	M	J	V
1	Introducción del método 5S'	100%	P 1	X				
			E 100%					
2	1S: Seleccionar/Clasificar	100%	P 1		X			
			E 100%					
3	2S-Ordenar y 3S-Limpiar	100%	P 1			X		
			E 100%					
4	4S-Estandarizar y 5S-Disciplina	100%	P 1				X	
			E 100%					
5	Casos de éxtios-5S'	100%	P 1				X	
			E 100%					

Fuente: Elaboración propia

## B. Etapa de hacer – 5S'

### a) Auditoría interna inicial de las 5S'

Con la finalidad de realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa Naltech SAC respecto a las 5S se llevó a cabo una auditoría interna inicial basándose en las cinco dimensiones de dicha metodología.

#### ➤ Clasificación – SEIRI

En relación a esta dimensión, se evidenció que en el área de producción existe una clasificación deficiente tanto de los instrumentos como equipos de trabajo conllevando a una pérdida de tiempo, en la búsqueda de dichos elementos. Dicha deficiencia en la clasificación se evidencia en la siguiente figura.



**Figura 36.** SEIRI - Inicial

Fuente: Elaboración propia

➤ **Orden – SEITON**

Respecto a esta segunda dimensión, el orden que se tiene en el área de producción es deficiente debido a la presencia de materiales y equipos en los pasillos, además de que estos no se están delimitados. Todo ello se evidencia en la siguiente figura.



**Figura 37.** SEITON - Inicial

Fuente: Elaboración propia

➤ **Limpieza – SEISO**

La limpieza permite mantener en buen estado tanto los materiales como los equipos. No obstante, en el área de producción de la empresa Naltech SAC existe una deficiente limpieza puesto que hay presencia de polvo, derrame de suciedad y aceite en los materiales y equipos el cual se evidencia en la siguiente figura.



**Figura 38.** SEISO - Inicial

Fuente: Elaboración propia

➤ **Estandarización – SEIKETSU**

Respecto a esta cuarta dimensión, como se mostró en anterioridad, clasificación de los materiales y equipos no existe, asimismo, no existe un proceso definido para la limpieza y orden del área de producción. Por lo tanto, la estandarización del área de producción es deficiente.

➤ **Disciplina – SHITSUKE**

Esta quinta dimensión tiene como fin la mejora continua del área de producción asegurando el cumplimiento de las cuatro dimensiones detalladas anteriormente. Sin embargo, el área de producción no cumple con alguna de ellas, presentando así una disciplina deficiente.

Por último, se realizó un check list del cumplimiento inicial del método 5S' evidenciado en la tabla 40 y figura 39 en el cual se asignó un puntaje entre 0 a 5 cuya respectiva interpretación es en escala likert desde muy malo hasta muy bueno, alcanzando el porcentaje en la clasificación-1S del 37.50%, en el orden-2S de 25.00%, en la limpieza-3S de 43.75%, en la estandarización-4S del 56.25%, en la disciplina-5S del 50.00%, siendo así en promedio de manera general un cumplimiento total un 42.50%, tal como se indica la tabla 38 el cumplimiento respecto a las 5S' es regular.

**Tabla 40:**  
Nivel de cumplimiento inicial de las 5S'

<b>Área de Producción</b>					
<b>Evaluación de Clasificación</b>	<b>Puntuación:</b>				
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Existen elementos innecesarios en los puestos de trabajo?		1			
¿Cómo es la codificación del mobiliario, equipos, etc.?			2		
¿Cómo es la sistematización de los materiales empleados?		1			
¿En general cómo calificas el área de producción de la empresa?			2		
<b>Subtotal</b>			<b>6</b>		
<b>Evaluación de Orden</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Las máquinas y equipos se encuentran correctamente identificados?		1			
¿Los equipos, máquinas y mobiliarios se hallan delimitados y libres de impedimentos?		1			
¿Las áreas de movimiento se encuentran libres de objetos y demarcadas?		1			
¿Es fácil reconocer el lugar de cada elemento?		1			
<b>Subtotal</b>			<b>4</b>		
<b>Evaluación de la limpieza</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿En qué estado se encuentra la limpieza de las máquinas, equipos, mobiliario, etc.?		1			
¿Cómo se halla la limpieza en los pasillos del área de movimiento?				3	
¿Los productos están limpios, con su respectiva etiqueta y empaque de caracterización?			2		
¿En términos generales cómo se halla la limpieza del área de producción?		1			
<b>Subtotal</b>			<b>7</b>		
<b>Evaluación de la estandarización</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Las máquinas y equipos se encuentran bien delimitados?		1			
¿Los productos están colocados correctamente?			2		
¿Se respetan consistentemente todas las normas y procedimientos?				3	
¿Los residuos de grasa, desechos de basura, aceite y otros están almacenados correctamente?				3	
<b>Subtotal</b>			<b>9</b>		
<b>Evaluación de la disciplina</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores en el almacenamiento de las herramientas y equipos?		1			

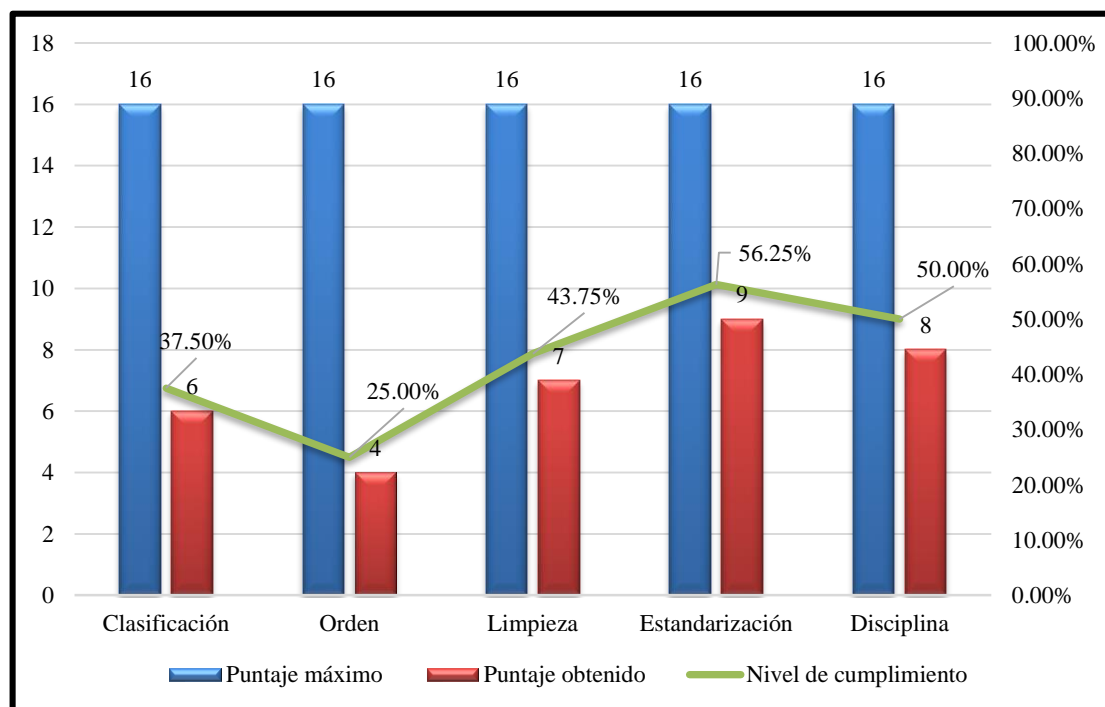
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores con la limpieza, orden, y la clasificación?		2	
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores sobre el uso correcto de EPP's?		2	
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores sobre el reciclaje de residuos?			3
<b>Subtotal</b>			<b>8</b>
<b>Etapas de las 5S</b>	<b>Puntaje obtenido</b>	<b>Puntaje máximo</b>	<b>Porcentaje</b>
Clasificación	6	16	37.50%
Orden	4	16	25.00%
Limpieza	7	16	43.75%
Estandarización	9	16	56.25%
Disciplina	8	16	50.00%
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>80</b>	<b>42.50%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41:**  
Rango de valoración de las 5S'

Nivel de cumplimiento	Porcentaje
Insatisfactorio	0-30%
Regular	31-50%
Promedio	51-70%
Bueno	70-90%
Excelente	91-100%

Fuente: Huánuco y López (2018)



**Figura 39.** Nivel de cumplimiento inicial de las 5S'

Fuente: Elaboración propia

## b) Implementación del SEIRI

### ➤ Identificación de los objetos

En la tabla 42 se detalla la clasificación de los objetos en el área de producción, el total asciende a 28 objetos en el área de trabajo de los cuales el 37.04% son necesarios en el área y el 62.96% son objetos innecesarios.

**Tabla 42:**

Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios

N°	Elemento	Clasificación	
		Necesario (N)	Innecesario (IN)
1	Tuercas y anillos	N	
2	Tablones		IN
3	Galones de refrigerante	N	
4	Cartones		IN
5	Líquidos de freno	N	
6	Bujías	N	
7	Tuberías		IN
8	Cajas vacías		IN
9	Galones de aceite	N	
10	Cigüeñal	N	
11	Esmeril	N	
12	Polos sucios		IN
13	Camisas sucias		IN
14	Fierro		IN
15	Caja de herramientas	N	
16	Mascarillas	N	
17	Recogedor viejo		IN
18	Escoba vieja		IN
19	Trapeador viejo		IN
20	Pedazos de cartón		IN
21	Parihuelas	N	
22	Carretillas	N	
23	Sacos rotos		IN
24	Pallets viejos		IN
25	Tamices ASTM		IN
26	Bidón de agua viejos		IN
27	Ladrillos		IN
28	Palos de madera		IN
<b>Total</b>		<b>11</b>	<b>17</b>
<b>Participación</b>		<b>37.04%</b>	<b>62.96%</b>

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Clasificación} = \frac{\# \text{ objetos necesarios}}{\# \text{ objetos totales}} * 100$$

$$\text{Clasificación} = \frac{11}{28} * 100 = 37.04\%$$

➤ **Clasificación de objetos innecesarios**

En la tabla 43 se muestra la clasificación de los objetos innecesarios en el área de producción, donde el 29.41% de los objetos innecesario son ajenos al área por lo cual tienen que ser reubicados, el 29.41% de los objetos innecesarios tienen que ser eliminados y el 41.18% de los objetos innecesarios son defectuosos por lo cual tienen que ser cambiados o reparados.

**Tabla 43:**  
Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios

N°	Elemento	Clasificación	
		Motivo de la tarjeta	Acción a realizar
1	Tablones	Ajenos al lugar	Reubicar
2	Cartones	No necesario	Eliminar
3	Tuberías	Ajenos al lugar	Reubicar
4	Cajas vacías	No necesario	Eliminar
5	Polos sucios	Defectuoso	Cambiar
6	Camisas sucias	Defectuoso	Cambiar
7	Fierro	Ajenos al lugar	Reubicar
8	Recogedor viejo	Defectuoso	Cambiar
9	Escoba vieja	Defectuoso	Cambiar
10	Trapeador viejo	Defectuoso	Cambiar
11	Pedazos de cartón	No necesario	Eliminar
12	Sacos rojos	No necesario	Eliminar
13	Pallets viejos	Defectuoso	Cambiar
14	Tamices ASTM	Ajenos al lugar	Reubicar
15	Bidón de agua viejos	Defectuoso	Cambiar
16	Ladrillos	Ajenos al lugar	Reubicar
17	Palos de madera	No necesario	Eliminar
	<b>Acción a realizar</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
	Reubicar	5	29.41%
	Eliminar	5	29.41%
	Cambiar	7	41.18%

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Orden} = \frac{\# \text{ objetos en su lugar}}{\# \text{ objetos totales}} * 100$$



$$Orden = \frac{7}{17} * 100 = 41.18\%$$

➤ **Implementación de tarjetas rojas**

Después, de realizar la identificación de los objetos innecesarios, se procedió a realizar la eliminación de los elementos innecesarios mediante la tarjeta roja mostrada en la figura 40 ya que esta herramienta de control visual permite distinguir y evidenciar a simple vista dichos elementos.

Tarjeta Roja		
Nombre del elemento		Cantidad
Fecha		Área
Propuesta por		
CATEGORÍA	Materia prima	
	Máquinas y equipos	
	Herramientas	
	Mobiliaria	
	Productos químicos	
	Equipos de Seguridad	
	Otro (Especificar)	
ESTADO Y/O MOTIVO DE RETIRO	Material sobrante	
	Defectuoso o deteriorado	
	Contaminante o peligroso	
	Obsoleto	
	Vencido/vencido	
	Otro (especificar)	

**Figura 40.** Modelo de tarjeta roja

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la figura 41 se observa la implementación de las tarjetas rojas a los 17 objetos innecesarios en el área de producción.




**Figura 41.** Implementación de las tarjetas rojas

Fuente: Elaboración propia

➤ **Informe de la implementación de tarjeta roja**

Y, por último, se realizó un informe de la implementación de las tarjetas rojas el cual estuvo a cargo del jefe de mantenimiento quién es a su vez el responsable de la aplicación del SEIRI, dicho informe se evidencia en la figura 42.

	<b>INFORME DE TARJETAS ROJAS</b>		<b>Código</b>	NSAC-ITR-01
			<b>Revisión</b>	1
<b>Responsable</b>	Johnny Quispe Bernabé		<b>Fecha de Elaboración</b>	22/05/2021
<b>Aprobado por</b>	Coordinador de comité 5S		<b>Fecha de aprobación</b>	24/05/2021
<b>Nombre del ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Motivo</b>	<b>Acción sugerida</b>	
Tablones	10	Ajenos al lugar	Reubicar	
Cartones	3	No necesario	Eliminar	
Tuberías	5	Ajenos al lugar	Reubicar	
Cajas vacías	2	No necesario	Eliminar	
Polos sucios	8	Defectuoso	Cambiar	
Camisas sucias	8	Defectuoso	Cambiar	
Fierro	10	Ajenos al lugar	Reubicar	
Recogedor viejo	15	Defectuoso	Cambiar	
Escoba vieja	6	Defectuoso	Cambiar	
Trapeador viejo	4	Defectuoso	Cambiar	
Pedazos de cartón	5	No necesario	Eliminar	
Sacos rojos	28	No necesario	Eliminar	
Pallets viejos	6	Defectuoso	Cambiar	
Bidón de agua viejos	1	Defectuoso	Cambiar	
Ladrillos	1	Ajenos al lugar	Reubicar	
Palos de madera	1	No necesario	Eliminar	

**Figura 42.** Informe de implementación de las tarjetas rojas

Fuente: Elaboración propia

**c) Implementación del SEITON**

Con la aplicación del SEITON se busca disminuir el tiempo en la búsqueda de equipos, materiales u otros ubicándolos de tal forma que sean encontrados y regresados a su lugar de forma rápida. Por tanto, una vez eliminados los elementos innecesarios se sucedió a ordenar los necesarios en el área de producción teniendo en cuenta los siguientes aspectos claves:

- Delimitación de cada una de las áreas.
- Ubicación en lugares de rápido acceso.

Para la ubicación de los elementos, se tuvo en consideración los siguientes criterios señalados en la tabla 44.

**Tabla 44:**  
Criterios para la organización de los elementos

Frecuencia de uso	Ubicación
Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Varias veces al día	Colocar cerca del operario
Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Algunas veces por mes	Colocar en áreas comunes
Algunas veces al año	Colocar en el almacén

Fuente: Rojas y Salazar (2019)

En base a lo anterior, se muestra a continuación el antes y después de los materiales y equipos que se encontraban desorganizados.



**Figura 43.** Antes y después de la organización de la zona de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia



**Figura 44.** Antes y después de la organización de zona de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia



**Figura 45.** Antes y después de la organización de producto terminado

Fuente: Elaboración propia

➤ **Identificación de los objetos**

En la tabla 45 se detalla la clasificación de los objetos en el área de producción, el total asciende a 8 objetos en el área de trabajo de los cuales el 75.00% son necesarios en el área y el 25.00% son objetos innecesarios.

**Tabla 45:**  
Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios mejorado

N°	Elemento	Clasificación	
		Necesario (N)	Innecesario (IN)
1	Tuercas y anillos	N	
2	Cilindros viejos		IN
3	Cigüeñal	N	
4	Esmeril	N	
5	Fierro		IN
6	Caja de herramientas	N	
7	Parihuelas	N	
8	Pallets viejos		IN
<b>Total</b>		<b>6</b>	<b>2</b>
<b>Participación</b>		<b>75.00%</b>	<b>25.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Clasificación} = \frac{\# \text{ objetos necesarios}}{\# \text{ objetos totales}} * 100$$

$$\text{Clasificación} = \frac{6}{8} * 100 = 75.00\%$$

➤ **Clasificación de objetos innecesarios**

En la tabla 46 se muestra la clasificación de los objetos innecesarios en el área de producción, donde el 33.33% de los objetos innecesario son ajenos al área por lo cual tienen que ser reubicados y el 66.67% de los objetos innecesarios son defectuosos por lo cual tienen que ser cambiados o reparados.

**Tabla 46:**  
Clasificación de los objetos necesarios e innecesarios mejorado

N°	Elemento	Clasificación	
		Motivo de la tarjeta	Acción a realizar
1	Cilindros viejos	Defectuoso	Cambiar
2	Fierro	Ajenos al lugar	Reubicar
3	Pallets viejos	Defectuoso	Cambiar
	<b>Acción a realizar</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
	Reubicar	1	33.33%
	Eliminar	0	0.00%
	Cambiar	2	66.67%

Fuente: Elaboración propia

$$Orden = \frac{\# \text{ objetos en su lugar}}{\# \text{ objetos totales}} * 100$$

$$Orden = \frac{2}{3} * 100 = 66.67\%$$


**d) Implementación del SEISO**

La aplicación del Seiso tiene como finalidad la identificación y eliminación de las fuentes de suciedad como polvo, impurezas y desperdicios los cuales a su vez generan desorden, falta de productividad e incluso podrían ocasionar accidentes de trabajo.

En base a ello, en la figura 46 se estableció un control inicial del nivel de cumplimiento de los eventos de limpieza. Donde solo se cumple el 46.67% de los eventos proyectados en la empresa.

$$Limpieza = \frac{\# \text{ eventos de limpieza cumplidas}}{\# \text{ eventos de limpieza proyectadas}} * 100$$


$$Limpieza = \frac{7}{15} * 100 = 46.67\%$$

	<b>CHECK LIST DE NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL SEISO INICIAL</b>			Código: NSAC-CLNCS-01
				Revisión: 001
				Aprobado por: Coordinador de comité 5S
				Fecha de aprobación: 18/05/2021
Nº	Ítem	Si	No	Observaciones
1	Las herramientas se encuentran bien apiladas y ordenadas de manera adecuada		X	Desorden de las herramientas de trabajo
2	Se tiene una dinámica de reciclaje		X	La dinámica de reciclaje no es constante
3	Los lugares para el almacenamiento de basura se encuentran ordenados	X		
4	Los resguardos de las maquinarias se encuentran debidamente asegurados		X	No existe un registro de resguardo
5	Los botes de basura son adecuados en tamaño y número	X		
6	Los pisos se encuentran limpios, secos y sin desperdicios		X	Estado deficiente
7	Los pisos y pasillos se encuentran libres de obstáculos		X	Estado deficiente
8	Los extintores se encuentran en debidamente señalizados y al alcance en caso de ser necesitados	X		
9	Los baños se encuentran abastecidos de agua y demás implementos necesarios	X		
10	Las máquinas y los equipos se encuentran libres de residuos de cualquier clase		X	Obstrucción de residuos
11	Las herramientas de trabajo se encuentran limpias		X	Herramientas no limpias
12	Existe un control para los riesgos tanto físicos como químicos	X		
13	Las normas legales en temas de SST se están aplicando en el lugar de trabajo	X		
14	El sistema de iluminación y ventilación es suficiente y se encuentra en buen estado	X		
15	El personal usa los elementos de protección personal y estos se encuentran en buen estado		X	Los EPP's no se encuentran en buen estado

**Figura 46.** Check list del nivel de cumplimiento del SEISO inicial

Fuente: Elaboración propia



Por lo tanto, al verificar la inexistencia de un procedimiento de limpieza se elaboró y diseñó el instructivo de limpieza de las máquinas y equipos, el cual se muestra en la figura 47. Asimismo, se asignó al supervisor de Calidad la responsabilidad de llevar a cabo la capacitación a los trabajadores respecto a la importancia de mantener limpio sus lugares de trabajo. Respecto a la limpieza del lugar de trabajo, se estableció que cada trabajador debe realizar la limpieza de su área antes de la finalización de su turno.

		Instructivo de Limpieza y Desinfección de Máquinas						Fecha	27/05/2021
		Área		Elaborado por		Revisado por		Versión	001
		Producción	José Gabriel Guevara		Jesús Saldarriaga Palacios		Aprobado por		
								Joel Nato Acosta	
Frecuencia	Responsable	Equipo	Instrucción	Materiales	Estándar requerido (Condición de limpieza)	Productos Químicos	Concentración	Medidas de seguridad	Verificador
<b>Cada 2 días</b>	Operario de la máquina	Faja Transportadora 1, 2 y 3	Lavado 1. Lavar con agua a presión 2. Tomar una esponja, agregar detergente y escobillar 3. Realizar enjuague con agua a presión. 4. Sonetizar con agua clorada.	Guantes, esponja, rociador de agua	Libre de suciedad, sarro, materia prima y de agentes desinfectantes	Cloro	10-30 ml de Cloro por 1L de agua	Emplear Guantes	Supervisor de Calidad
	Operario de la máquina	Tolva de recepción, de pulverizado, de extrusión, de engrasado, tolva de producto terminado	Lavado 1. Lavar con agua a presión 2. Limpie y las partes que presenten óxido frote con lija. 3. Enjuague con área a presión. 4. Sonetizar con agua clorada	Guantes, lija, cepillo, rociador de agua	Libre de suciedad, sarro, materia prima y de agentes desinfectantes	Cloro	10-30 ml de Cloro por 1L de agua	Emplear Guantes	Supervisor de Calidad

**Figura 47.** Instructivo de limpieza y desinfección de maquinaria y equipos

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la figura 48 se estableció un formato que se debe llenar cada sábado con la finalidad de verificar el cumplimiento del tercer pilar de la metodología. Donde el porcentaje de cumplimiento se incrementa a un 86.67%.

		<b>CHECK LIST DE NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL SEISO</b>		Código: NSAC-CLNCS-01	
				Revisión: 001	
				Aprobado por: Coordinador de comité 5S	
				Fecha de aprobación: 27/05/2021	
Nº	Ítem	Si	No	Observaciones	
1	Las herramientas se encuentran bien apiladas y ordenadas de manera adecuada	X			
2	Se tiene una dinámica de reciclaje		X	La dinámica de reciclaje no es constante	
3	Los lugares para el almacenamiento de basura se encuentran ordenados	X			
4	Los resguardos de las maquinarias se encuentran debidamente asegurados		X	No existe un registro de resguardo	
5	Los botes de basura son adecuados en tamaño y número	X			
6	Los pisos se encuentran limpios, secos y sin desperdicios	X			
7	Los pisos y pasillos se encuentran libres de obstáculos	X			
8	Los extintores se encuentran en debidamente señalizados y al alcance en caso de ser necesitados	X			
9	Los baños se encuentran abastecidos de agua y demás implementos necesarios	X			
10	Las máquinas y los equipos se encuentran libres de residuos de cualquier clase	X			
11	Las herramientas de trabajo se encuentran limpias	X			
12	Existe un control para los riesgos tanto físicos como químicos	X			
13	Las normas legales en temas de SST se están aplicando en el lugar de trabajo	X			
14	El sistema de iluminación y ventilación es suficiente y se encuentra en buen estado	X		 JOEL NATO ACOSTA (Coordinador del comité 5S)	
15	El personal usa los elementos de protección personal y estos se encuentran en buen estado		X	Los EPP's no se hallan en buen estado	

**Figura 48.** Check list del nivel de cumplimiento del SEISO mejorado

Fuente: Elaboración propia

$$Limpieza = \frac{\# \text{ eventos de limpieza cumplidas}}{\# \text{ eventos de limpieza proyectadas}} * 100$$


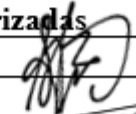
$$Limpieza = \frac{13}{15} * 100 = 86.67\%$$



**e) Implementación del SEIKETSU**

La cuarta "s" significa estandarización; esta fase implica reconocer ocurrencias inusuales mediante el uso de pautas básicas y transparentes para cada miembro de la región. A diferencia de las otras fases de la técnica, esta etapa se esfuerza por desarrollar normas que recuerden a todos los miembros que el orden y la limpieza son algo cotidiano.

Por lo que, en primera instancia se aplicó la lista de verificación de las 3S para medir el nivel de cumplimiento de las actividades estandarizadas siendo así del 44.44%.

	<b>LISTA DE VERIFICACIÓN DE LAS 3S</b>		<b>Código:</b> PROD-LISTV3S-01
			<b>Revisión:</b> 001
<b>Aprobado por:</b>	Joel Nato Acosta		<b>Cargo:</b> Coordinador de comité
<b>Responsable:</b>	Verónica Camones Meza		<b>Cargo:</b> Responsable de Aplic. SEIKETSU
<b>Fecha:</b>	20/05/2021		
<b>3 primeras S</b>	<b>Criteria</b>	<b>Calificación (0-3)</b>	
Donde, para la calificación 0 (Deficiente) y 3 (Excelente)			
<b>SEIRI (Clasificar)</b>	¿Se realiza la eliminación de los objetos que son innecesarios?	1	
<b>SEITON (ordenar)</b>	¿Se mantiene organizada y ordenada el área de trabajo?	2	
<b>SEISO (Limpieza)</b>	¿Se encuentra limpia el área de trabajo, los equipos, maquinas, etc.?	1	
<b>Puntaje Total</b>		4	
<b>Nivel de cumplimiento de actividades estandarizadas</b>			
0-2	Deficiente		 <b>JOEL NATO ACOSTA</b> (Coordinador del comité 3S)
3-5	Regular		
6-7	Bueno		
8-9	Excelente		

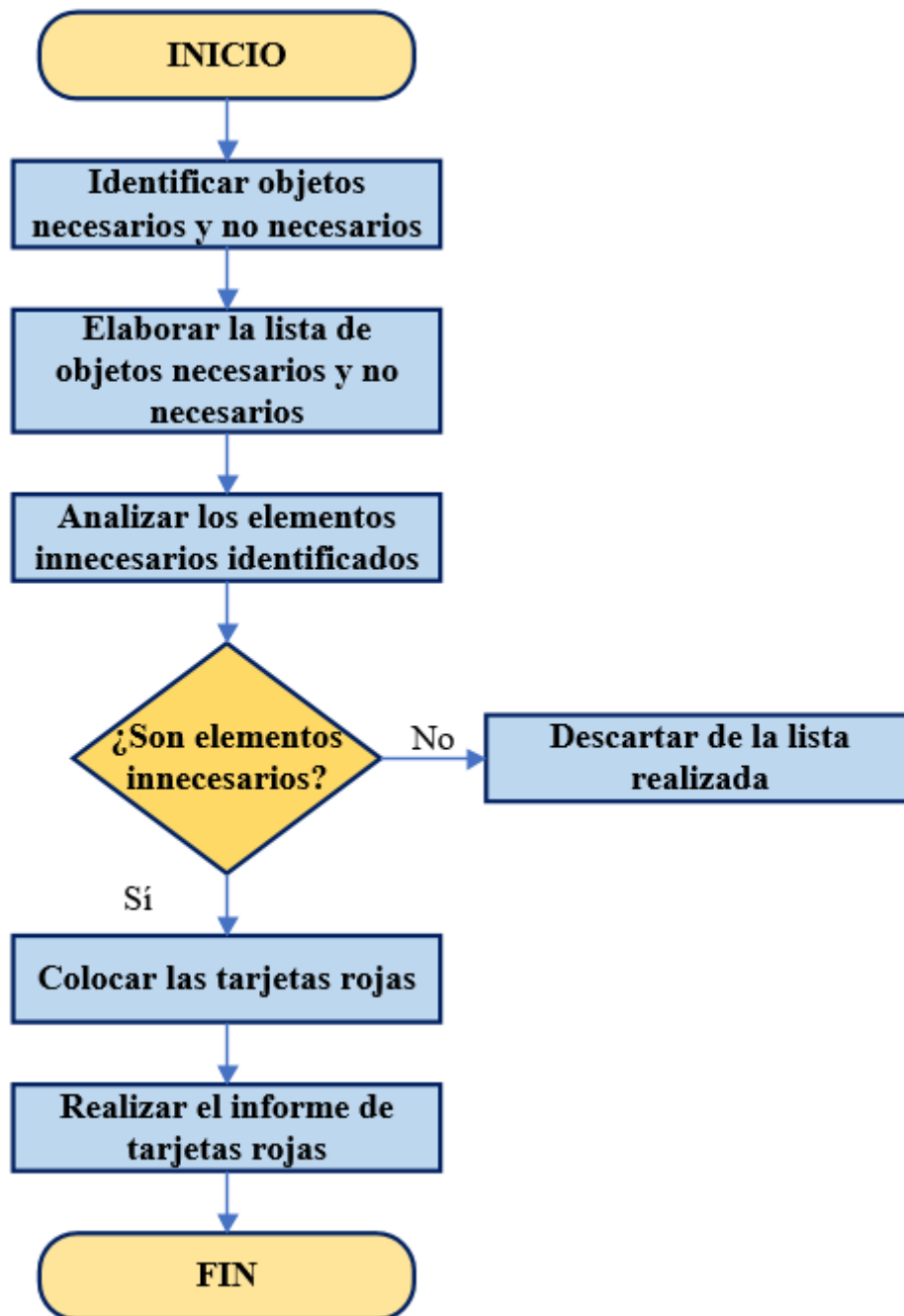
**Figura 49.** Lista de verificación de las 3S inicial

Fuente: Elaboración propia

$$Estandarización = \frac{\# \text{ actividades estandarizados}}{\# \text{ actividades totales}} * 100$$

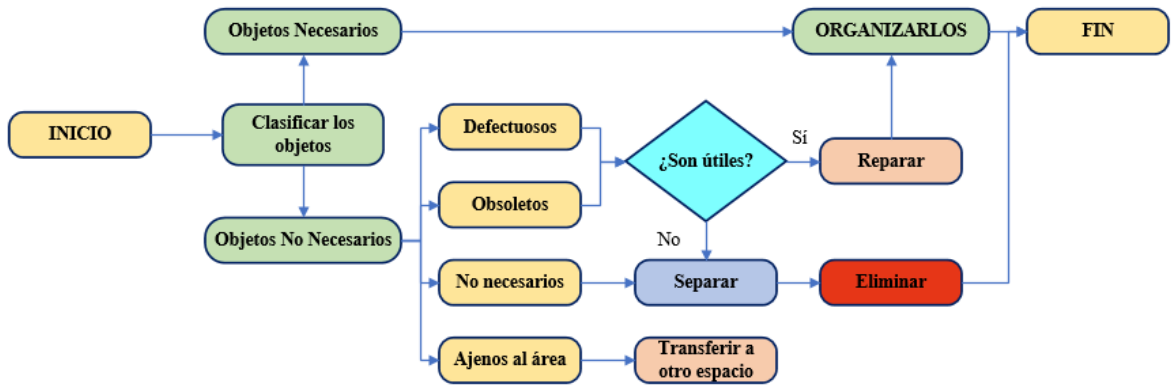
$$Estandarización = \frac{4}{9} * 100 = 44.44\%$$

Se estandarizó las acciones y actividades a realizar en la fase de ordenar (1S') tal como se aprecia en la figura 50, la fase de clasificación de los objetivos en la figura 51 y en la figura 52 la estandarización de la etapa de limpieza.



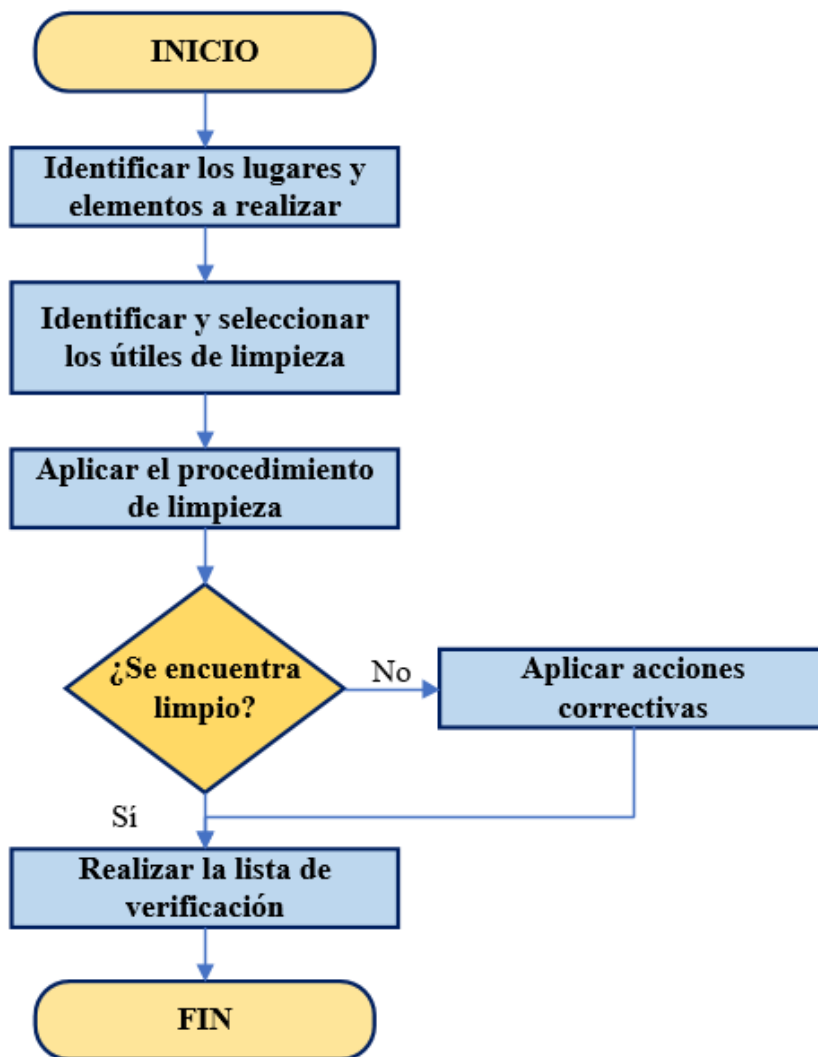
**Figura 50.** Estandarización de la etapa de SEIRI

Fuente: Elaboración propia



**Figura 51.** Estandarización de la etapa de clasificación de los objetos


Fuente: Elaboración propia



**Figura 52.** Estandarización de la etapa de limpieza

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, para la verificación del cumplimiento de las 3S posterior a la implementación se elaboró una lista de verificación mostrada en la figura 53, la cual se estableció llenar semanalmente siendo el responsable de su aplicación el supervisor de producción quien es a su vez el responsable de la aplicación del SEIKETSU. Siendo así el nivel de cumplimiento de las actividades estandarizadas del 77.78%.

	<b>LISTA DE VERIFICACIÓN DE LAS 3S</b>		<b>Código:</b> PROD-LISTV3S-01
			<b>Revisión:</b> 002
<b>Aprobado por:</b>	Joel Nato Acosta		<b>Cargo:</b> Coordinador de comité
<b>Responsable:</b>	Verónica Camones Meza		<b>Cargo:</b> Responsable de Aplic. SEIKETSU
<b>Fecha:</b>	28/05/2021		
<b>3 primeras S</b>	<b>Criterios</b>	<b>Calificación (0-3)</b>	
Donde, para la calificación 0 (Deficiente) y 3 (Excelente)			
<b>SEIRI (Clasificar)</b>	¿Se realiza la eliminación de los objetos que son innecesarios?	2	
<b>SEITON (ordenar)</b>	¿Se mantiene organizada y ordenada el área de trabajo?	2	
<b>SEISO (Limpieza)</b>	¿Se encuentra limpia el área de trabajo, los equipos, maquinas, etc.?	3	
<b>Puntaje Total</b>		7	
<b>Nivel de cumplimiento de actividades estandarizadas</b>			
0-2	Deficiente		
3-5	Regular		
6-7	Bueno		
8-9	Excelente		

**Figura 53.** Lista de verificación de las 3S mejorado

Fuente: Elaboración propia

$$Estandarización = \frac{\# \text{ actividades estandarizados}}{\# \text{ actividades totales}} * 100$$

$$Estandarización = \frac{7}{9} * 100 = 77.78\%$$

#### f) Implementación del SHITUSKE

Para cumplir con todos los pilares que componen el enfoque 5S, el último paso SHITSUKE (disciplina) es el más importante, ya que está dirigido al cumplimiento

integral de la metodología, donde se compruebe la dedicación, la autodisciplina y la implicación de cada persona de la empresa.

➤ **Capacitaciones**

En la tabla 39 se aprecia las capacitaciones realizadas a los trabajadores de la empresa Naltech SAC, las cuales se ejecutaron todas las programadas, en el anexo H se aprecia el registro de las capacitaciones efectuadas, con el objetivo de cumplir exitosamente la implementación de las 5S’.

➤ **Reconocimiento**

Todos los miembros del equipo 5S fueron recompensados por sus aportes a la implementación de la metodología con el fin de adquirir un fuerte compromiso de los colaboradores. La Figura 54 muestra la prueba del reconocimiento del responsable del SEIRI y de todos los miembros del equipo 5S.



**Figura 54.** Reconocimiento a los miembros del equipo 5S’

Fuente: Elaboración propia

**C. Etapa de verificar– 5S’**

**a) Seguimiento de las actividades**

Para evaluar la aplicación de la metodología, se llevó a cabo el seguimiento relevante de la implementación de la metodología 5S' dirigido y monitoreado por el coordinador del comité 5S'. Asimismo, se llevaron a cabo auditorías internas dirigidas al área de producción para evaluar el nivel de conformidad.

**b) Auditoría interna final de las 5S’**

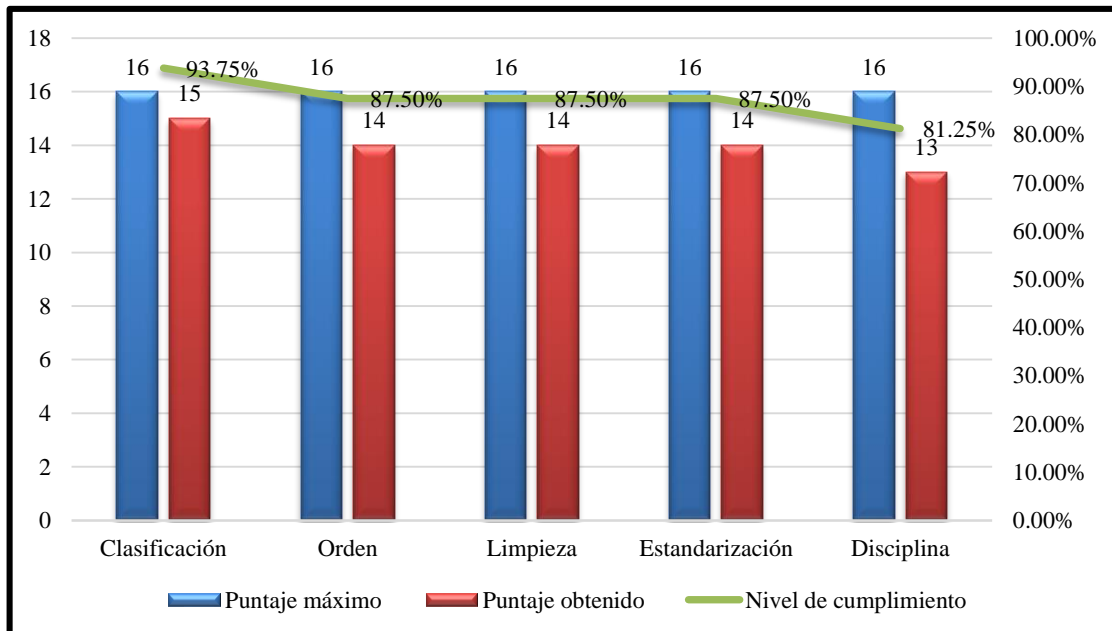
Por último, se realizó un check list del cumplimiento final del método 5S' evidenciado en la tabla 47 y figura 55 en el cual se asignó un puntaje entre 0 a 5 cuya respectiva interpretación es en escala likert desde muy malo hasta muy bueno, alcanzando el porcentaje en la clasificación-1S del 93.75%, en el orden-2S de 87.50%, en la limpieza-3S de 87.50%, en la estandarización-4S del 87.50%, en la disciplina-5S del 87.50%, siendo así en promedio de manera general un cumplimiento total un 87.50%, tal como se indica la tabla 38 el cumplimiento respecto a las 5S' es bueno.

**Tabla 47:**  
Nivel de cumplimiento final de las 5S'

<b>Área de Producción</b>					
<b>Evaluación de Clasificación</b>	<b>Puntuación:</b>				
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Existen elementos innecesarios en los puestos de trabajo?					4
¿Cómo es la codificación del mobiliario, equipos, etc.?					4
¿Cómo es la sistematización de los materiales empleados?					4
¿En general cómo calificas el área de producción de la empresa?				3	
<b>Subtotal</b>			<b>15</b>		
<b>Evaluación de Orden</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Las máquinas y equipos se encuentran correctamente identificados?					4
¿Los equipos, máquinas y mobiliarios se hallan delimitados y libres de impedimentos?				3	
¿Las áreas de movimiento se encuentran libres de objetos y demarcadas?				3	
¿Es fácil reconocer el lugar de cada elemento?					4
<b>Subtotal</b>			<b>14</b>		
<b>Evaluación de la limpieza</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿En qué estado se encuentra la limpieza de las máquinas, equipos, mobiliario, etc.?				3	
¿Cómo se halla la limpieza en los pasillos del área de movimiento?					4
¿Los productos están limpios, con su respectiva etiqueta y empaque de caracterización?					4
¿En términos generales cómo se halla la limpieza del área de producción?				3	
<b>Subtotal</b>			<b>14</b>		
<b>Evaluación de la estandarización</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Las máquinas y equipos se encuentran bien delimitados?					4

¿Los productos están colocados correctamente?	4
¿Se respetan consistentemente todas las normas y procedimientos?	3
¿Los residuos de grasa, desechos de basura, aceite y otros están almacenados correctamente?	3
<b>Subtotal</b>	<b>14</b>
<b>Evaluación de la disciplina</b>	<b>0 1 2 3 4</b>
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores en el almacenamiento de las herramientas y equipos?	3
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores con la limpieza, orden, y la clasificación?	3
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores sobre el uso correcto de EPP's?	4
¿Cómo es el desempeño de los trabajadores sobre el reciclaje de residuos?	3
<b>Subtotal</b>	<b>13</b>
<b>Etapas de las 5S</b>	<b>Puntaje obtenido Puntaje máximo Porcentaje</b>
Clasificación	15 16 93.75%
Orden	14 16 87.50%
Limpieza	14 16 87.50%
Estandarización	14 16 87.50%
Disciplina	13 16 81.25%
<b>Total</b>	<b>70 80 87.50%</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 55.** Nivel de cumplimiento final de las 5S'

Fuente: Elaboración propia

### c) Comparación de los resultados de la implementación de las 5S'

Como se evidencia en la tabla 48, inicialmente se tenía un 42.50% de cumplimiento respecto a la metodología de las 5S y con su implementación este incrementó en un 100% obteniendo un nivel de cumplimiento del 87.50%.

**Tabla 48:**

Comparación del antes y después de la implementación de las 5S'

Ítem	Antes	Después	Diferencia
Clasificación	37.50%	93.75%	100%
Orden	25.00%	87.50%	100%
Limpieza	43.75%	87.50%	100%
Estandarización	56.25%	87.50%	56%
Disciplina	50.00%	81.25%	63%
Total	<b>42.50%</b>	<b>87.50%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

### D. Etapa de actuar – 5S'

#### a) Objetivos y metas de mejora continua

En la tabla 49 se muestran los objetivos y metas trazados tras la implementación de las 5S', con el objetivo de alcanzar la mejora continua e incrementar el calificativo de muy bueno a excelente.

**Tabla 49:**

Objetivos y metas de la implementación de las 5S'

OBJETIVOS	METAS
Incrementar el porcentaje de nivel de cumplimiento de las 5S' de 87.50% a 91% como mínimo, en un periodo de 3 meses.	$91\% \leq NC. 5S \leq 100\%$

Fuente: Elaboración propia

#### b) Oportunidades de mejora continua

Finalizada la implementación de la herramienta de manufactura celular, se realizó una reunión con los trabajadores de la empresa Naltech SAC., con el objetivo de escuchar las ideas y oportunidades con el fin de alcanzar la mejora continua en el proceso productivo de alimentos extruidos para camarones, tal como se aprecia en la figura 56.



	<b>FORMULARIO DE PROYECTO DE IDEAS</b>	<b>Código:</b> NSAC-FPI-02
		<b>Revisión:</b> 001
		<b>Aprobado por:</b> Coordinador del comité 5S <sup>o</sup>
<b>Área:</b>	Producción	
<b>Líder:</b>	Joel Nato Acosta	
<b>Miembros:</b>	Trabajadores del área de producción	
<b>Fecha:</b>	28/06/2021	
<b>Asunto:</b>	Ideas de mejora	
<b>Situación actual Justificación:</b>	Actualmente el nivel de cumplimiento de las 5S <sup>o</sup> es del 87.50%; si bien es cierto se logró un aumento del nivel de cumplimiento encontrado de 42.50%; se estima alcanzar un nivel de cumplimiento mayor e igual a 91% con un meta superior al 100%.	
<b>Meta:</b>	91% ≤ NC. 5S ≤ 100%	
<b>Periodo:</b>	3 meses	
<b>Comentario:</b>	Cumplir con los planes de limpieza a los equipos, maquinarias y áreas de trabajo; utilizar correctamente los EPP's, cumplir con los planes de reciclaje, ejecutar la clasificación, codificación y orden de los elementos; realizar retroalimentaciones de la metodología 5S.	

**Figura 56.** Ideas y oportunidades de manufactura celular

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.4. Situación después (Post Test)

En la tabla 50 se aprecia el tiempo de entrega mejorado que tiene la empresa siendo así en el mes de julio de 645.40 horas, en el mes de agosto del 636.32 horas, en el mes de septiembre de 632.60 horas y en el mes de octubre de 614.88 horas, siendo así en el tiempo de entrega en promedio en los 4 meses después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta de 2529.19 horas, dada por la siguiente fórmula:

$$Tiempo\ de\ entrega = \sum_{i=1}^n t_i$$

$$Tiempo\ de\ entrega = 2139.71 + 267.39 + 122.10$$

$$Tiempo\ de\ entrega = 2529.19\ horas$$

El cual evidencia que la implementación de las 5S' disminuye la cantidad de objetos innecesarios, los objetos fuera de lugar, incrementa el cumplimiento de los eventos de limpieza y se estandarizada los procesos de la línea de producción permitiendo así reducir el tiempo de entrega de los pedidos permitiendo ser atendidos a tiempo.

#### 4.1.3.5. Muestra después (Post test)

**Tabla 50:**  
Tiempo de entrega mejorado

Mes	Semana	Tiempo de funcionamiento	Tiempo de preparación de los equipos	Tiempo de parada no planificada	Tiempo de entrega
Julio	S1	132.56	28.23	5.36	166.14
	S2	133.42	18.20	4.72	156.34
	S3	132.90	24.11	5.36	162.36
	S4	133.54	16.81	10.21	160.56
<b>Sub-total</b>		<b>532.42</b>	<b>87.35</b>	<b>25.64</b>	<b>645.40</b>
Agosto	S1	133.88	20.58	4.57	159.03
	S2	133.76	26.53	5.43	165.72
	S3	133.67	17.58	9.72	160.97
	S4	134.20	12.26	4.15	150.60
<b>Sub-total</b>		<b>535.51</b>	<b>76.94</b>	<b>23.86</b>	<b>636.32</b>
Septiembre	S1	134.96	20.11	8.57	163.64
	S2	134.82	12.96	7.57	155.35
	S3	134.50	17.17	9.15	160.82
	S4	134.10	11.97	6.72	152.79
<b>Sub-total</b>		<b>538.38</b>	<b>62.21</b>	<b>32.00</b>	<b>632.60</b>
Octubre	S1	132.95	13.44	8.39	154.78
	S2	132.93	8.61	11.58	153.12
	S3	133.73	9.97	9.77	153.48
	S4	133.79	8.87	10.85	153.51
<b>Sub-total</b>		<b>533.40</b>	<b>40.89</b>	<b>40.59</b>	<b>614.88</b>
<b>Total</b>		<b>2139.71</b>	<b>267.39</b>	<b>122.10</b>	<b>2529.19</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.6. Beneficio económico

En la tabla 51 se muestra el beneficio económico que tiene la empresa debido a la reducción del tiempo de entrega, pues hubo mayores pedidos atendidos a tiempo y con eso una mayor producción, llegando a un total de S/ 3 893 670.00.

**Tabla 51:**  
Beneficio económico del objetivo específico 2

Variable dependiente	Indicador	Diferencia Pre-Post test	Diferencia Producción Pre-Post test (tn)	Precio de venta (S/. /tn)	Beneficio económico (soles)
Tiempo de entrega	% Tiempo de entrega de los pedidos	24.27%	437	S/8,910.00	S/3 893 670.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Objetivo específico 3

Determinar en qué medida la implementación de SMED reducirá los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

##### 4.1.4.1. Situación antes (Pre test)

El tercer problema secundario tiene relación con el exceso del tiempo de cambio de la empresa, debido a los tiempos de preparación de las maquinarias en exceso siendo los más representativos los tiempos elevados de cambio de lote en la preparación del equipo extrusor, cambio de componentes y matrices para una nueva presentación del producto demorando en la configuración de los equipos para un nuevo arranque de máquinas desde la preparación de la línea de extrusión hasta el engrasado, falta de harina, termino de secado y tolvas de producto terminado llenas generando el 80% de las causas del tiempo de cambio en exceso, dado a que las actividades internas y externas tienen una participación semejante y equitativa por la falta de clasificación de las actividades internas y externas y al perfeccionamiento de las mismas generando tiempos que no agregan valor el cual afecta a la disminución de la productividad.

##### 4.1.4.2. Muestra antes (Pre test)

En la tabla 552 se aprecia el tiempo de cambio actual que tiene la empresa siendo así en el mes de enero del 99.52 horas, en el mes de febrero del 111.02 horas, en el mes de marzo del 116.46 horas y en el mes de abril de 115.64 horas, siendo así en promedio en los 4 primeros meses del año 2021 un tiempo de cambio de 442.63 horas, dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de cambio} = \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\text{Tiempo de cambio} = 82.33 + 168.79 + 117.74 + 73.77$$

$$\text{Tiempo de cambio} = 442.63 \text{ horas}$$

**Tabla 52:**

Tiempo de cambio actual

Mes	Semana	Tiempo de utillajes y herramientas ( $t_1$ )	Tiempo de parámetros estándar ( $t_2$ )	Piezas a ensamblar y otros ( $t_3$ )	Preparación general ( $t_4$ )	Tiempo de cambio
Enero	S1	5.00	10.25	7.15	4.48	26.88
	S2	3.20	6.56	4.58	2.87	17.21
	S3	3.71	7.61	5.31	3.32	19.95
	S4	6.60	13.53	9.44	5.91	35.48
<b>Sub-total</b>		<b>18.51</b>	<b>37.95</b>	<b>26.47</b>	<b>16.59</b>	<b>99.52</b>
Febrero	S1	4.99	10.22	7.13	4.47	26.81
	S2	4.82	9.88	6.89	4.32	25.92
	S3	6.39	13.10	9.14	5.72	34.35
	S4	4.45	9.13	6.37	3.99	23.95
<b>Sub-total</b>		<b>20.65</b>	<b>42.33</b>	<b>29.53</b>	<b>18.50</b>	<b>111.02</b>
Marzo	S1	7.00	14.35	10.01	6.27	37.64
	S2	4.51	9.25	6.45	4.04	24.26
	S3	5.98	12.26	8.55	5.36	32.15
	S4	4.17	8.55	5.96	3.74	22.41
<b>Sub-total</b>		<b>21.66</b>	<b>44.41</b>	<b>30.98</b>	<b>19.41</b>	<b>116.46</b>
Abril	S1	7.66	15.70	10.95	6.86	41.16
	S2	4.93	10.12	7.06	4.42	26.53
	S3	4.36	8.94	6.23	3.91	23.44
	S4	4.56	9.35	6.52	4.09	24.51
<b>Sub-total</b>		<b>21.51</b>	<b>44.10</b>	<b>30.76</b>	<b>19.27</b>	<b>115.64</b>
<b>Total</b>		<b>82.33</b>	<b>168.79</b>	<b>117.74</b>	<b>73.77</b>	<b>442.63</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4.3. Aplicación de la Teoría

La metodología SMED, se desarrolló a base de sus 4 etapas fundamentales para la mejora de los tiempos de cambio durante el área de producción.

#### A. Etapa preliminar

En la tabla 53 se identificaron todas las actividades del área de producción, contabilizando un total de 28 actividades conocidas como operación de cambio, que posteriormente se clasificó en interno y externo, teniendo un tiempo de 357.9 min equivalente a 5 horas, 57 minutos y 54 segundos.

**Tabla 53:**

Tiempo de actividad antes de la implementación del SMED

No.	Operación de cambio	Hora de inicio de Operación	Hora de fin de Operación	Tiempo de Operación	Tiempo Acumulado
1	Traslado de insumo a tolva de descarga	08:30:00	08:39:00	00:09:00	00:09:00
2	Inspección de insumos según hoja de Batch	08:39:00	08:49:00	00:10:00	00:19:00
3	Pesado de insumos y aditivos	08:49:00	08:54:00	00:05:00	00:24:00
4	Verificación de celdas de carga de pesado	08:54:00	08:57:00	00:03:00	00:27:00
5	Almacenamiento en tolvas de insumos mayores	08:57:00	08:59:00	00:02:00	00:29:00
6	Revisión de la receta del Batch	08:59:00	09:04:00	00:05:00	00:34:00
7	Descarga de insumos mayores	09:04:00	09:09:00	00:05:00	00:39:00
8	Mezclado insumos	09:09:00	09:13:00	00:04:00	00:43:00
9	Agregar Aditivos al homogeneizador	09:13:00	09:33:00	00:20:00	01:03:00
10	Zarandeo pre molienda	09:33:00	10:00:00	00:27:00	01:30:00
11	Molienda de la mezcla	10:00:00	10:32:24	00:32:24	02:02:24
12	Inspección de granulometría	10:32:24	10:47:24	00:15:00	02:17:24
13	Acondicionamiento y Cocción	10:47:24	10:50:24	00:03:00	02:20:24
14	Extrusión	10:50:24	11:12:24	00:22:00	02:42:24
15	Inspección del producto a salida del cañón	11:12:24	11:47:24	00:35:00	03:17:24
16	Secado y enfriado del alimento	11:47:24	11:55:24	00:08:00	03:25:24
17	Inspección del producto a salida del secador	11:55:24	12:12:54	00:17:30	03:42:54
18	Espera de resultados de humedad	12:12:54	12:37:24	00:24:30	04:07:24
19	Traslado mediante elevadores hacia tolvas	12:37:24	12:42:54	00:05:30	04:12:54
20	Calibración de pre engrasado	12:42:54	12:57:54	00:15:00	04:27:54
21	Inspección de balanza antes de engrasar	12:57:54	13:12:54	00:15:00	04:42:54
22	Engrasado de los pellets	13:12:54	13:27:54	00:15:00	04:57:54
23	Inspección de pellets engrasado	13:27:54	13:37:54	00:10:00	05:07:54
24	Traslado a enfriador de pellets	13:37:54	13:47:54	00:10:00	05:17:54
25	Almacenamiento en silos por ensacar	13:47:54	13:57:54	00:10:00	05:27:54
26	Envasado de productos	13:57:54	14:12:54	00:15:00	05:42:54
27	Calibración de balanza y ensacadora semiautomática	14:12:54	14:17:54	00:05:00	05:47:54
28	Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén	14:17:54	14:27:54	00:10:00	05:57:54

Fuente: Elaboración propia

## B. Primera etapa: Clasificación de actividades externas e internas

En la primera etapa se realiza la clasificación de las actividades externas e internas como se muestra en la tabla 54. Como también se puede observar, que se tiene 14 operaciones internas con un tiempo acumulado de 199 minutos y 14 externas con 158.9 minutos. Evidenciando que el total de las actividades internas se reducirá, pasando a la siguiente etapa.

**Tabla 54:**  
Clasificación de las actividades del proceso actual

Proceso	Actividades realizadas	T.A (min)	Clasificación (E/I)
<b>Armar Batch</b>	Traslado de insumo a tolva de descarga	9	E
	Inspección de insumos según hoja de Batch	10	I
	Pesado de insumos y aditivos	5	E
	Verificación de celdas de carga de pesado	3	E
	Almacenamiento en tolvas de insumos mayores	2	I
<b>Mezclar</b>	Revisión de la receta del Batch	5	E
	Descarga de insumos mayores	5	E
	Mezclado insumos	4	E
<b>Pre-molienda</b>	Agregar Aditivos al homogeneizador	20	I
	Zarandeo pre molienda	27	E
<b>Molienda Refinada</b>	Molienda de la mezcla	32.4	E
	Inspección de granulometría	15	I
<b>Extrusión</b>	Acondicionamiento y Cocción	3	E
	Extrusión	22	E
	Inspección del producto a salida del cañón	35	I
<b>Secado</b>	Secado y enfriado del alimento	8	E
	Inspección del producto a salida del secador	17.5	I
	Espera de resultados de humedad	24.5	I
	Traslado mediante elevadores hacia tolvas	5.5	E
<b>Engrasado</b>	Calibración de pre engrasado	15	E
	Inspección de balanza antes de engrasar	15	I
	Engrasado de los pellets	15	I
	Inspección de pellets engrasado	10	I
	Traslado a enfriador de pellets	10	I
	Almacenamiento en silos por ensacar	10	I
<b>Empaque</b>	Envasado de productos	15	E
	Calibración de balanza y ensacadora semiautomática	5	I
	Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén	10	I
<b>Tiempo total de las actividades</b>		<b>357.9</b>	

Fuente: Elaboración propia

Después de identificar las actividades y los tiempos internos y externos, se calculó el tiempo estándar interno del proceso de alimento extruido para camarones siendo de 24.88 minutos.

$$\text{Tiempo estándar interno} = \frac{\sum \text{Tiempos de preparación interna}}{N^{\circ} \text{ de procesos}}$$

$$\text{Tiempo estándar interno} = \frac{199 \text{ minutos}}{8}$$

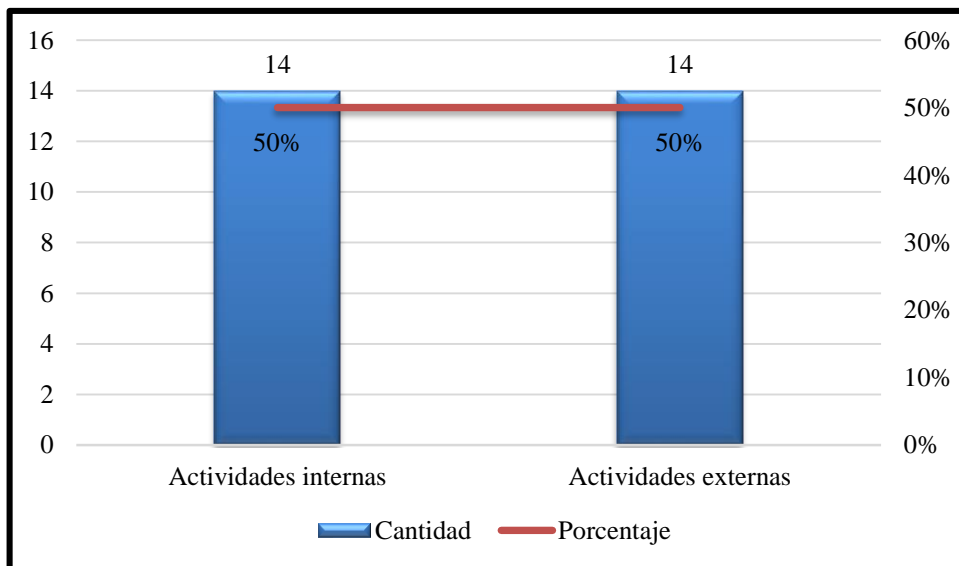
$$\text{Tiempo estándar interno} = 24.88 \text{ minutos}$$

Además, se halló el tiempo estándar externo del proceso de alimento extruido para camarones siendo de 19.86 minutos.

$$\text{Tiempo estándar externa} = \frac{\sum \text{Tiempos de preparación externa}}{N^{\circ} \text{ de procesos}}$$

$$\text{Tiempo estándar externa} = \frac{158.9 \text{ minutos}}{8}$$

$$\text{Tiempo estándar externa} = 19.86 \text{ minutos}$$



**Figura 57.** Actividades internas y externas actual

Fuente: Elaboración propia

### C. Segunda etapa: Convertir actividades internas a externas

En la siguiente tabla 55 se muestran las actividades modificadas, mediante la propuesta de cambio de la metodología SMED. Las cuales se convierten de internas a externas debido que se pueden realizar de maneras diferentes para reducir tiempos y lograr compensar a los que no se pueden convertir.

**Tabla 55:**  
Cambio de las actividades internas a externas

Proceso	Actividades realizadas	T.A (min)	Clasificación (E/I)	Cambio I→E
<b>Armar Batch</b>	Traslado de insumo a tolva de descarga	9	E	E
	Inspección de insumos según hoja de Batch	10	I	I
	Pesado de insumos y aditivos	5	E	E
	Verificación de celdas de carga de pesado	3	E	E
	Almacenamiento en tolvas de insumos mayores	2	I	E
<b>Mezclar</b>	Revisión de la receta del Batch	5	E	E
	Descarga de insumos mayores	5	E	E
	Mezclado insumos	4	E	E
<b>Pre- molienda</b>	Agregar Aditivos al homogeneizador	20	I	I
	Zarandeo pre molienda	27	E	E
<b>Molienda</b>	Molienda de la mezcla	32.4	E	E
<b>Refinada</b>	Inspección de granulometría	15	I	I
	Acondicionamiento y Cocción	3	E	E
	Extrusión	22	E	E
<b>Extrusión</b>	Inspección del producto a salida del cañón	35	I	E
	Secado y enfriado del alimento	8	E	E
<b>Secado</b>	Inspección del producto a salida del secador	17.5	I	E
	Espera de resultados de humedad	24.5	I	I
	Traslado mediante elevadores hacia tolvas	5.5	E	E
<b>Engrasado</b>	Calibración de pre engrasado	15	E	E
	Inspección de balanza antes de engrasar	15	I	E
	Engrasado de los pellets	15	I	I
	Inspección de pellets engrasado	10	I	I
<b>Empaque</b>	Traslado a enfriador de pellets	10	I	I
	Almacenamiento en silos por ensacar	10	I	E
	Envasado de productos	15	E	E
	Calibración de balanza y ensacadora semiautomática	5	I	I
	Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén	10	I	I
<b>Tiempo total de las actividades</b>		<b>357.9</b>		

Fuente: Elaboración propia

#### **D. Tercera etapa: Perfeccionar las tareas externas e internas con SMED**

En la tabla 56 se aprecia el perfeccionamiento de las tareas después del cambio de actividades internas a externas, según el criterio que las actividades internas se pueden



solo reducir o mantener y las actividades externas se pueden eliminar o mantener más no reducir.

**Tabla 56:**  
Perfeccionamiento de las tareas externas e internas con SMED

Proceso	Actividades realizadas	Cambio	Reducir	Eliminar	Mantener
		I→E	(R)	(E)	(M)
<b>Armar Batch</b>	Traslado de insumo a tolva de descarga	E			M
	Inspección de insumos según hoja de Batch	I	R		
	Pesado de insumos y aditivos	E			M
	Verificación de celdas de carga de pesado	E			M
	Almacenamiento en tolvas de insumos mayores	E			M
<b>Mezclar</b>	Revisión de la receta del Batch	E		E	
	Descarga de insumos mayores	E			M
	Mezclado insumos	E			M
<b>Pre-molienda</b>	Agregar Aditivos al homogeneizador	I	R		
	Zarandeo pre molienda	E		E	
<b>Molienda Refinada</b>	Molienda de la mezcla	E			M
	Inspección de granulometría	I	R		
<b>Extrusión</b>	Acondicionamiento y Cocción	E			M
	Extrusión	E			M
	Inspección del producto a salida del cañón	E		E	
<b>Secado</b>	Secado y enfriado del alimento	E			M
	Inspección del producto a salida del secador	E		E	
	Espera de resultados de humedad	I	R		
<b>Engrasado</b>	Traslado mediante elevadores hacia tolvas	E			M
	Calibración de pre engrasado	E			M
	Inspección de balanza antes de engrasar	E		E	
	Engrasado de los pellets	I	R		
	Inspección de pellets engrasado	I	R		
<b>Empaque</b>	Traslado a enfriador de pellets	I	R		
	Almacenamiento en silos por ensacar	E		E	
	Envasado de productos	E			M
	Calibración de balanza y ensacadora semiautomática	I	R		
	Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén	I	R		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 57 se muestra la clasificación final de las actividades externas e internas. Como también se puede observar, que se tiene 9 operaciones internas con un tiempo acumulado de 26 minutos y 14 externas con 133.9 minutos.

**Tabla 57:**  
Clasificación de las actividades del proceso mejorado

Proceso	Actividades realizadas	Tiempo mejorado (min)	Clasificación (E/I)
<b>Armar Batch</b>	Traslado de insumo a tolva de descarga	9	E
	Inspección de insumos según hoja de Batch	2	I
	Pesado de insumos y aditivos	5	E
	Verificación de celdas de carga de pesado	3	E
	Almacenamiento en tolvas de insumos mayores	2	E
<b>Mezclar</b>	Revisión de la receta del Batch	5	E
	Descarga de insumos mayores	5	E
	Mezclado insumos	4	E
<b>Pre-molienda</b>	Agregar Aditivos al homogeneizador	5	I
<b>Molienda Refinada</b>	Molienda de la mezcla	32.4	E
<b>Extrusión</b>	Inspección de granulometría	9	I
	Acondicionamiento y Cocción	3	E
	Extrusión	22	E
<b>Secado</b>	Secado y enfriado del alimento	8	E
	Espera de resultados de humedad	1.5	I
	Traslado mediante elevadores hacia tolvas	5.5	E
<b>Engrasado</b>	Calibración de pre engrasado	15	E
	Engrasado de los pellets	3	I
	Inspección de pellets engrasado	1	I
	Traslado a enfriador de pellets	1.5	I
<b>Empaque</b>	Envasado de productos	15	E
	Calibración de balanza y ensacadora semiautomática	1.5	I
	Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén	1.5	I
<b>Tiempo total de las actividades</b>		<b>159.9</b>	

Fuente: Elaboración propia

Después de identificar las actividades y los tiempos internos y externos mejorados, se calculó el tiempo estándar interno del proceso de alimento extruido para camarones siendo de 3.25 minutos.

$$Tiempo\ estándar\ interno = \frac{\sum Tiempos\ de\ preparación\ interna}{N^\circ\ de\ procesos}$$

$$Tiempo\ estándar\ interno = \frac{26\ minutos}{8}$$

**Tiempo estándar interno = 3.25 minutos**

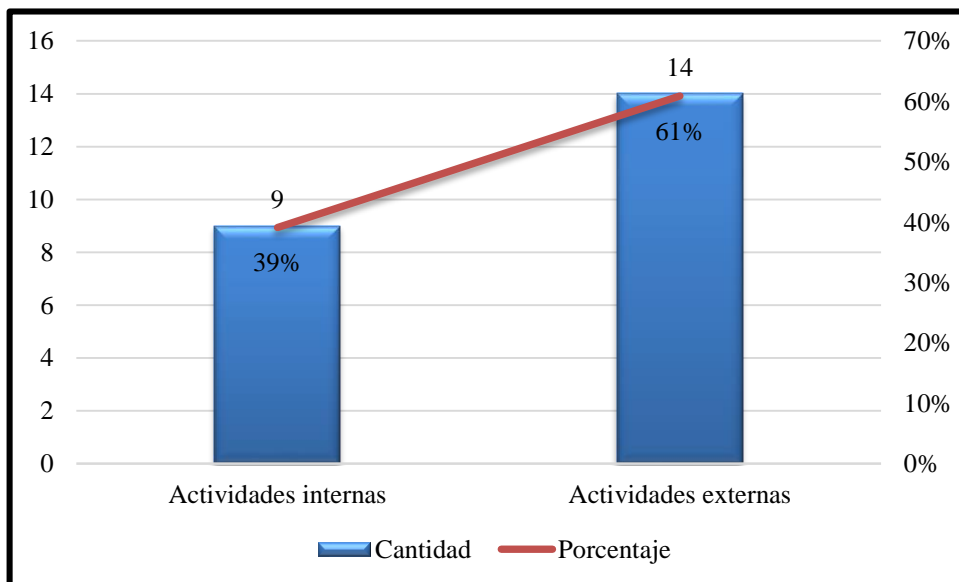
Además, se halló el tiempo estándar externo del proceso de alimento extruido para camarones siendo de 16.74 minutos.

$$\text{Tiempo estándar externa} = \frac{\sum \text{Tiempos de preparación externa}}{\text{N}^\circ \text{ de procesos}}$$

$$\text{Tiempo estándar externa} = \frac{133.9 \text{ minutos}}{8}$$

**Tiempo estándar externa = 16.74 minutos**

Asimismo, en la figura 58 se muestra que las actividades internas se reducen de 50% a 39% pasando de 14 a 9 actividades, por otro lado, las actividades externas se mantienen en cantidad de 14, pero aumenta el porcentaje de participación a 61%.



**Figura 58.** Actividades internas y externas actual

Fuente: Elaboración propia

### **E. Cuarta etapa: Comparación de los tiempos internas y externos**

A continuación, se muestra la comparación de los tiempos internos y externos de los 4 procesos de alimentos extruidos para camarones, en la tabla 58 se detalla del proceso de armar Batch y mezclar, en la tabla 59 del proceso de pre molienda y molienda refinada, en la tabla 60 del proceso de extrusión y secado, y en la tabla 61 del proceso de engrasado y empaque.

**Tabla 58:**

Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Armar Batch y Mezclar

<b>Proceso</b>	<b>Armar Batch</b>						<b>Mezclar</b>	
<b>Antes</b>	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7	Actividad 8
<b>Tiempo (min)</b>	9	10	5	3	2	5	5	4

<b>Proceso</b>	<b>Armar Batch y mezclar</b>							
<b>Después</b>	Actividad 1	Actividad 2 cambio	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7	Actividad 8
<b>Tiempo (min)</b>	9	2	5	3	2	5	5	4

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 59:**

Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Pre-molienda y Molienda refinada

<b>Proceso</b>	<b>Pre-molienda</b>		<b>Molienda refinada</b>	
<b>Antes</b>	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4
<b>Tiempo (min)</b>	20	27	32.4	15

<b>Proceso</b>	<b>Pre-molienda y molienda refinada</b>			
<b>Después</b>	Actividad 1 cambio	Actividad 2 eliminada	Actividad 3	Actividad 4 cambio
<b>Tiempo (min)</b>	5	-	32.4	9

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 60:**

Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Extrusión y Secado

<b>Proceso</b>	<b>Extrusión</b>				<b>Secado</b>		
<b>Antes</b>	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7
<b>Tiempo (min)</b>	3	22	35	8	17.5	24.5	5.5

<b>Proceso</b>	<b>Extrusión y secado</b>						
<b>Después</b>	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3 eliminada	Actividad 4	Actividad 5 eliminada	Actividad 6 cambio	Actividad 7
<b>Tiempo (min)</b>	3	22	-	8	-	1.5	5.5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 61:**

Comparación del tiempo actual y mejorado del proceso de Engrasado y Empaque

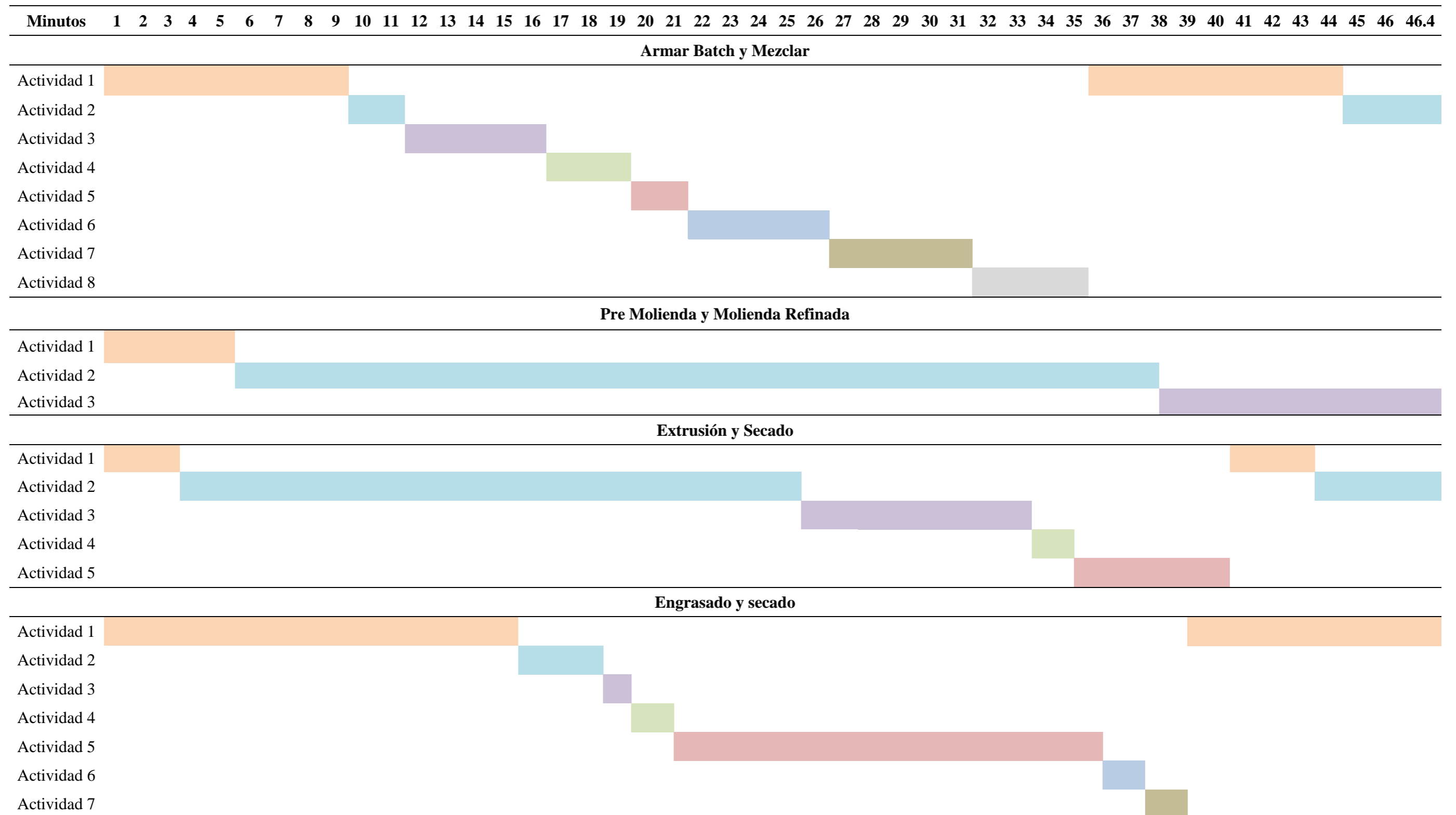
<b>Proceso</b>	<b>Engrasado</b>					<b>Empaque</b>			
<b>Antes</b>	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7	Actividad 8	Actividad 9
<b>Tiempo (min)</b>	15	15	15	10	10	10	15	5	10

<b>Proceso</b>	<b>Engrasado y empaque</b>								
<b>Después</b>	Actividad 1	Actividad 2 eliminada	Actividad 3 cambio	Actividad 4 cambio	Actividad 5 cambio	Actividad 6 eliminada	Actividad 7	Actividad 8 cambio	Actividad 9 cambio
<b>Tiempo (min)</b>	15	-	3	1	1.5	-	15	1.5	1.5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62:**  
Cuadro comparativo de los tiempos mejorados



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 62 se muestra el cuadro comparativo de los tiempos de cada proceso con sus actividades respectiva acorde al proceso de cuello de botella el cual es el proceso de pre molienda y molienda refinada con 46.4 minutos.

En la tabla 63 se identificaron todas las actividades del área de producción después de la implementación del SMED, contabilizando un total de 23 actividades, teniendo un tiempo de 159.9 min equivalente a 2 horas, 39 minutos y 54 segundos.

**Tabla 63:**  
Tiempo de actividad después de la implementación del SMED

No.	Operación de cambio	Hora de inicio de Operación	Hora de fin de Operación	Tiempo de Operación	Tiempo Acumulado
1	Traslado de insumo a tolva de descarga	08:30:00	08:39:00	00:09:00	00:09:00
2	Inspección de insumos según hoja de Batch	08:39:00	08:41:00	00:02:00	00:11:00
3	Pesado de insumos y aditivos	08:41:00	08:46:00	00:05:00	00:16:00
4	Verificación de celdas de carga de pesado	08:46:00	08:49:00	00:03:00	00:19:00
5	Almacenamiento en tolvas de insumos mayores	08:49:00	08:51:00	00:02:00	00:21:00
6	Revisión de la receta del Batch	08:51:00	08:56:00	00:05:00	00:26:00
7	Descarga de insumos mayores	08:56:00	09:01:00	00:05:00	00:31:00
8	Mezclado insumos	09:01:00	09:05:00	00:04:00	00:35:00
9	Agregar Aditivos al homogeneizador	09:05:00	09:10:00	00:05:00	00:40:00
10	Molienda de la mezcla	09:10:00	09:42:24	00:32:24	01:12:24
11	Inspección de granulometría	09:42:24	09:51:24	00:09:00	01:21:24
12	Acondicionamiento y Cocción	09:51:24	09:54:24	00:03:00	01:24:24
13	Extrusión	09:54:24	10:16:24	00:22:00	01:46:24
14	Secado y enfriado del alimento	10:16:24	10:24:24	00:08:00	01:54:24
15	Espera de resultados de humedad	10:24:24	10:25:54	00:01:30	01:55:54
16	Traslado mediante elevadores hacia tolvas	10:25:54	10:31:24	00:05:30	02:01:24
17	Calibración de pre engrasado	10:31:24	10:46:24	00:15:00	02:16:24
18	Engrasado de los pellets	10:46:24	10:49:24	00:03:00	02:19:24
19	Inspección de pellets engrasado	10:49:24	10:50:24	00:01:00	02:20:24
20	Traslado a enfriador de pellets	10:50:24	10:51:54	00:01:30	02:21:54
21	Envasado de productos	10:51:54	11:06:54	00:15:00	02:36:54
22	Calibración de balanza y ensacadora semiautomática	11:06:54	11:08:24	00:01:30	02:38:24
23	Entrega en sacos de producto conforme y observado al almacén	11:08:24	11:09:54	00:01:30	02:39:54

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la tabla 64 se aprecia la comparación de los indicadores antes y después de la implementación de la herramienta de manufactura esbelta el SMED; en primer lugar, se tiene el tiempo de producción el cual se reduce en un 55.32% de 357.9 minutos a 159.9 minutos; en segundo lugar, se tiene a las actividades internas con una reducción del 22% pasando de una participación de 50% a 39%; en tercer lugar, se tiene a las actividades externas con un incremento del 22% pasando de una participación de 50% a 61%; en cuarto lugar, se tiene una reducción del 86.94% en el tiempo interno de 199 minutos a 26 minutos; en quinto lugar, se tiene una reducción del 15.73% en el tiempo externo de 158.9 minutos a 133.9 minutos; en sexto lugar, se tiene una reducción del 86.94% en el tiempo estándar interno de 24.88 minutos a 3.25 minutos; y por último, se tiene una reducción del 15.71% en el tiempo estándar externo de 19.86 minutos a 16.74 minutos.

**Tabla 64:**  
Comparación de los indicadores del SMED

<b>Indicadores</b>	<b>Actual</b>	<b>Mejorado</b>	<b>Variación</b>
Tiempo de producción	357.9 min	159.9 min	↓ 55.32%
Actividades internas	50%	39%	↓ 22.00%
Actividades externas	50%	61%	↑ 22.00%
Tiempo interno	199 min	26 min	↓ 86.94%
Tiempo externo	158.9 min	133.9 min	↓ 15.73%
Tiempo estándar interno	24.88 min	3.25 min	↓ 86.94%
Tiempo estándar externo	19.86 min	16.74 min	↓ 15.71%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4.4. Situación después (Post Test)

En la tabla 65 se aprecia el tiempo de cambio mejorado que tiene la empresa siendo así en el mes de julio del 87.35 horas, en el mes de agosto de 76.94 horas, en el mes de septiembre del 62.21 horas y en el mes de noviembre de 40.89 horas, siendo así en promedio en los 4 meses posterior a la implementación de las herramientas de manufactura esbelta un tiempo de cambio de 267.39 horas, dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de cambio} = \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\text{Tiempo de cambio} = 10.42 + 11.37 + 2.84 + 242.76$$



*Tiempo de cambio = 267.39 horas*

El cual evidencia que la implementación del SMED disminuye el tiempo estándar interno y aumenta el tiempo estándar externo en la línea de producción permitiendo así reducir el tiempo de cambio de las maquinarias.

#### 4.1.4.5. Muestra después (Post test)

**Tabla 65:**  
Tiempo de cambio mejorado

Mes	Semana	Tiempo de utillajes y herramientas ( $t_1$ )	Tiempo de parámetros estándar ( $t_2$ )	Piezas a ensamblar y otros ( $t_3$ )	Preparación general ( $t_4$ )	Tiempo de cambio
Julio	S1	1.10	1.20	0.30	25.63	28.23
	S2	0.71	0.77	0.19	16.52	18.20
	S3	0.94	1.02	0.26	21.89	24.11
	S4	0.66	0.71	0.18	15.26	16.81
<b>Sub-total</b>		<b>3.40</b>	<b>3.71</b>	<b>0.93</b>	<b>79.30</b>	<b>87.35</b>
Agosto	S1	0.80	0.87	0.22	18.68	20.58
	S2	1.03	1.13	0.28	24.09	26.53
	S3	0.68	0.75	0.19	15.96	17.58
	S4	0.48	0.52	0.13	11.13	12.26
<b>Sub-total</b>		<b>3.00</b>	<b>3.27</b>	<b>0.82</b>	<b>69.86</b>	<b>76.94</b>
Septiembre	S1	0.78	0.85	0.21	18.26	20.11
	S2	0.50	0.55	0.14	11.77	12.96
	S3	0.67	0.73	0.18	15.59	17.17
	S4	0.47	0.51	0.13	10.87	11.97
<b>Sub-total</b>		<b>2.42</b>	<b>2.64</b>	<b>0.66</b>	<b>56.48</b>	<b>62.21</b>
Octubre	S1	0.52	0.57	0.14	12.20	13.44
	S2	0.34	0.37	0.09	7.81	8.61
	S3	0.39	0.42	0.11	9.05	9.97
	S4	0.35	0.38	0.09	8.05	8.87
<b>Sub-total</b>		<b>1.59</b>	<b>1.74</b>	<b>0.43</b>	<b>37.12</b>	<b>40.89</b>
<b>Total</b>		<b>10.42</b>	<b>11.37</b>	<b>2.84</b>	<b>242.76</b>	<b>267.39</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4.6. Beneficio económico

En la tabla 66 se muestra el beneficio económico que tiene la empresa debido a la disminución de los tiempos de cambio, el cual conlleva a un incremento de horas productivas para los operarios, obteniendo un beneficio económico de S/ 1 643.79.

**Tabla 66:**  
Beneficio económico del objetivo específico 3

Variable dependiente	Indicador	Diferencia Pre-Post test	Diferencia Tiempos de parada Pre-Post test (horas)	Costo de mano de obra (S/.h)	Beneficio económico (soles)
Tiempo de cambio	% Tiempo de cambio del producto	39.59%	175.24	S/9.38	S/1 643.79

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5. Análisis del proceso productivo final

##### a) Eficiencia de la línea mejorado

Según el nuevo lead time y el incremento de la capacidad de producción mejorado de la empresa, se calculó la eficiencia de la línea en relación al tiempo del proceso de 8706.7 segundos/tn, los puestos de trabajo de 4 y el tiempo ciclo de 2600 segundos/tn, incrementando la eficiencia de la línea a 83.872%.

$$Eficiencia\ de\ la\ línea = \frac{\sum\ tiempo\ de\ proceso}{N^{\circ}\ de\ puestos * Tiempo\ ciclo} \times 100$$

$$Eficiencia\ de\ la\ línea = \frac{8706.7\ segundos}{4 * 2600\ segundos} \times 100 = 83.72\%$$

##### b) NVA y WIP mejorado

En la tabla 67 se aprecian las actividades del proceso productivo de alimentos extruidos para camarones mejorado, dado por 8 procesos las cuales fueron agrupadas en 4 células, su tiempo ciclo y sus puestos de trabajo con un total de 9 trabajadores.

**Tabla 67:**  
Actividades del proceso productivo mejorado

Procesos	Descripción	Tiempo ciclo (seg)	Lote (tn)	Puesto de trabajo
1	Armar Batch y mezclar	1740.00	1	1
2	Pre-molienda y molienda refinada	2600.00	1	2
3	Extrusión y secado	2273.33	1	3
4	Engrasado y empaque	2093.33	1	3
<b>Total</b>		<b>8706.70</b>	<b>1</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se realizó el cálculo de los tiempos que no agregan valor (NVA) y del stock en proceso (WIP), tal como se muestra en la tabla 68 el resumen de dichos valores, y en el anexo I se aprecia el detalle de cada operación, mediante las siguientes fórmulas:

$$NVA_1 = \frac{INV * T_c}{T_d}$$

$$WIP_1 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

**Tabla 68:**  
NVA y WIP mejorado del proceso productivo

Procesos	Descripción	WIP (tn)	NVA (días)
1	Armar Batch y mezclar	10	0.56
2	Pre-molienda y molienda refinada	6	0.32
3	Extrusión y secado	14	0.17
4	Engrasado y empaque	15	0.36
<b>Total</b>		<b>45</b>	<b>1.41</b>

Fuente: Elaboración propia

### c) VSM actual

Después de haber identificado la familia de productos, calculado el Takt time, NVA y el WIP mejorado, en la figura 59, se muestra el Mapeo de Flujo de Valor Actual – VSM, donde se observa, que el tiempo ciclo total es de 8706.70ñ segundos, sin embargo, el tiempo que no agrega valor es de 1.41 días el cual es un tiempo de desperdicio para la demanda diaria de 26 toneladas de alimento extruido; siendo así los procesos que genera mayor tiempo que no agrega valor el armar Batch y mezclar con 0.56 días y el engrasado y empaque con 0.36 días.

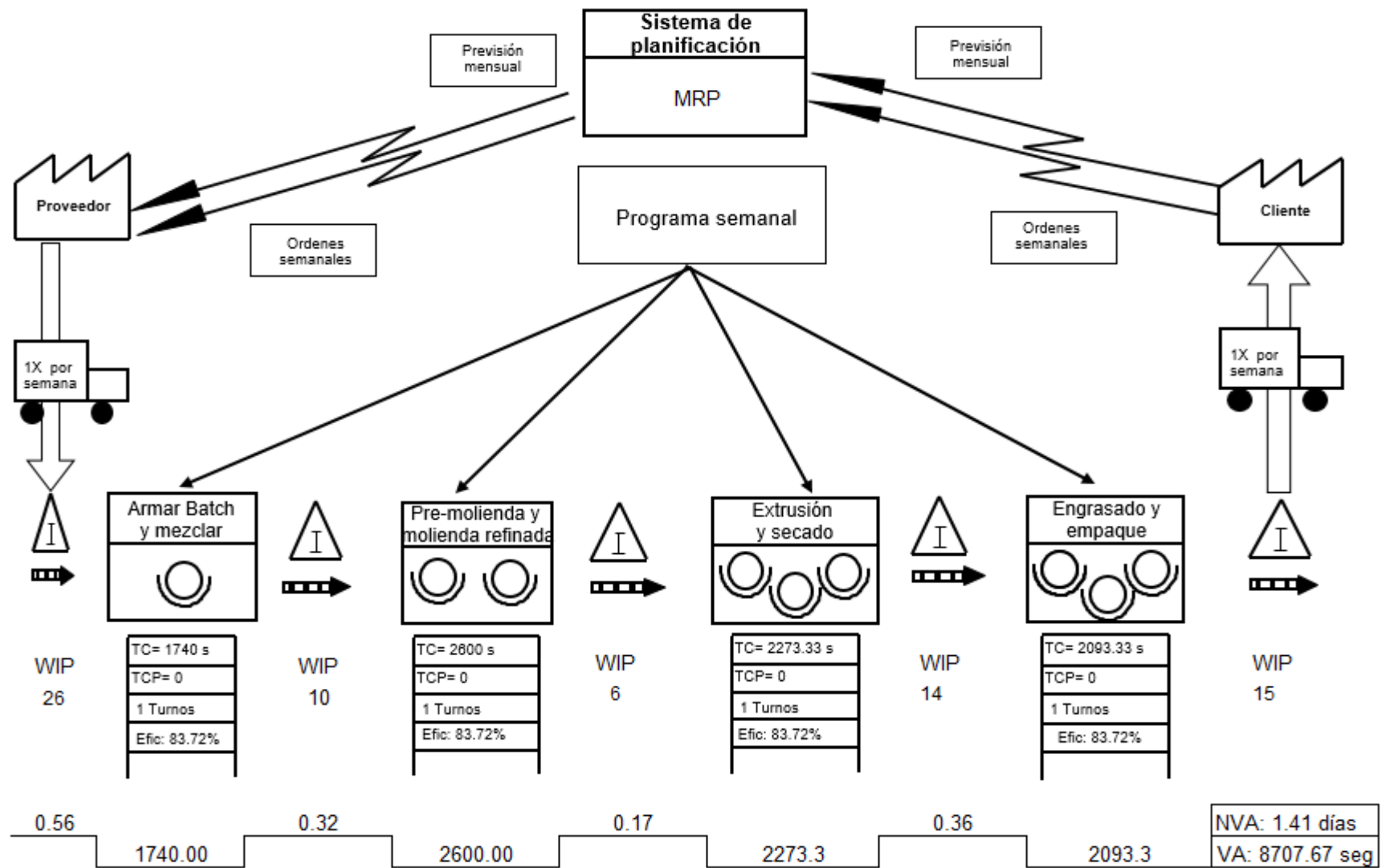


Figura 59. VSM mejorado del proceso productivo de alimentos extruidos

Fuente: Elaboración propia

#### d) Tiempo ciclo vs Takt time

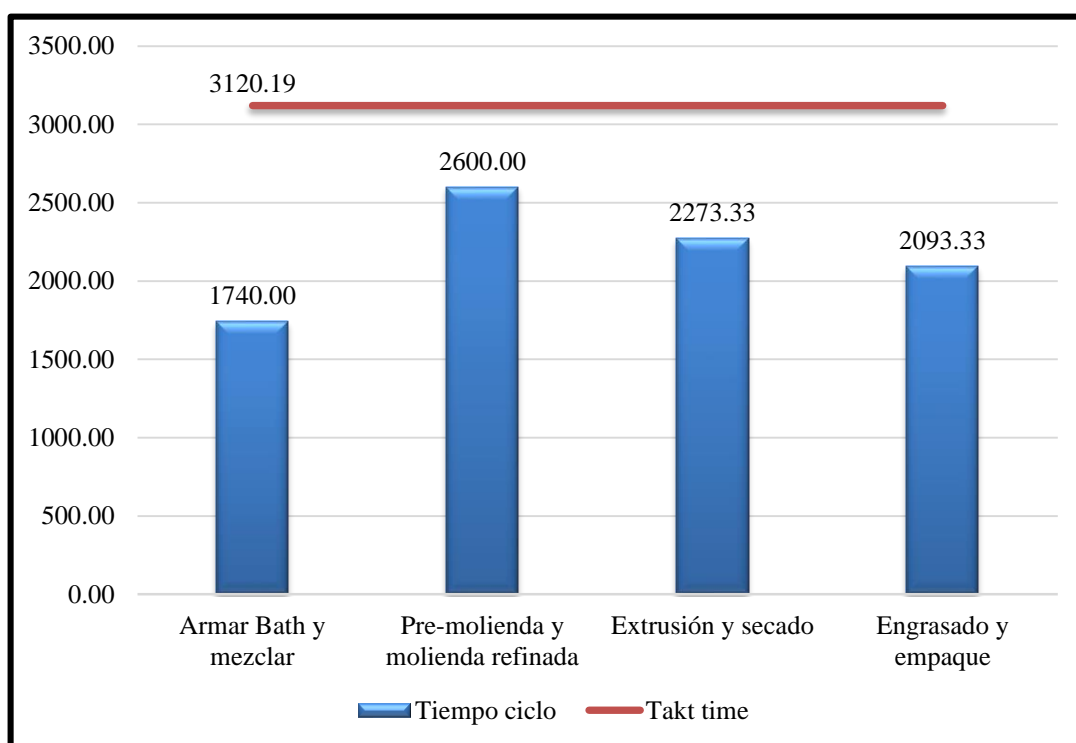
En la tabla 69 y figura 60 se muestra la comparación del tiempo ciclo de operación mejorado del proceso productivo de alimentos extruidos, donde todos los procesos son inferiores al Takt time de 3120.19 segundo, siendo la operación ligeramente cerca la de pre molienda y molienda refinada con 2600 segundos el cual es el nuevo cuello de botella.

**Tabla 69:**

Tiempo de ciclo mejorado vs el takt time

Procesos	Descripción	Tiempo ciclo (seg)	Takt time (seg)
1	Armar Batch y mezclar	1740.00	3120.19
2	Pre-molienda y molienda refinada	2600.00	3120.19
3	Extrusión y secado	2273.33	3120.19
4	Engrasado y empaque	2093.33	3120.19

Fuente: Elaboración propia



**Figura 60.** Tiempo ciclo mejorado vs Takt time

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 70, se aprecia el nivel de cumplimiento de la manufactura esbelta en la empresa después de la implementación de las herramientas tales como: manufactura

celular con un incremento al 75%, las 5S' con el 90% y el SMED con el 95%; siendo así el grado de cumplimiento en general del 86.67%.

**Tabla 70:**

Nivel de cumplimiento de manufactura esbelta mejorado

<b>Área: Producción</b>					
Fecha de evaluación: 28 de mayo del 2021					
Puntaje: 0= Nunca; 1= Casi nunca; 2= Ocasionalmente; 3= Casi siempre; 4= Siempre					
<b>Evaluación de Manufactura Celular</b>	<b>Puntuación:</b>				
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Se realiza la agrupación de familias de los productos a elaborar?				3	
¿Se establece o se calcula el Takt time de producción según la demanda del cliente?				3	
¿Se identifican los elementos, actividades o tiempos que no agregan y sí agregan valor?				3	
¿Se realiza el balance de la línea de producción para maximizar la capacidad de las células?				3	
¿Se diseña o se efectúa de manera óptima la ubicación de las máquinas en el área de producción?				3	
<b>Subtotal</b>			<b>15</b>		
<b>Evaluación de 5S'</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Se clasifica los objetos necesarios e innecesarios en el área de producción?					4
¿Se ordenan los objetos necesarios?					4
¿Se realiza un plan de limpieza en el área de producción?				3	
¿Se monitorea y/o controlan la clasificación, la limpieza y el orden?					4
¿Se desarrollan acciones o proyectos de mejora o innovación?				3	
<b>Subtotal</b>			<b>18</b>		
<b>Evaluación de SMED</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
¿Se identifican los tiempos de cambio mediante el seguimiento del proceso productivo?				3	
¿Se clasifican las actividades externas e internas del proceso productivo?					4
¿Se convierten las actividades internas en externas?					4
¿Se realiza la conversión del tiempo de cambio?					4
¿Se perfecciona el proceso del tiempo de cambio?					4
<b>Subtotal</b>			<b>10</b>		
<b>Etapas de las 5S</b>	<b>Puntaje máximo</b>	<b>Puntaje obtenido</b>	<b>Porcentaje</b>		
Manufactura Celular	20	15	75.00%		
5S'	20	18	90.00%		
SMED	20	19	95.00%		
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>52</b>	<b>86.67%</b>		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 71 se aprecia la productividad mejorada que tiene la empresa siendo así en el mes de julio de 1.57 tn/h, en el mes de agosto de 1.58 tn/h, en el mes de septiembre de 1.58 tn/h y en el mes de octubre de 1.59 tn/h, siendo así en promedio en los 4 meses posterior a la implementación de las herramientas de manufactura esbelta una productividad de 1.58 tn/h, dada por la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Recurso\ utilizado}$$

$$Productividad = \frac{2761\ tn}{1750.22\ h}$$

$$Productividad = 1.58\ tn/h$$

**Tabla 71:**  
Productividad mejorada

Mes	Semana	Unidades producidas (tn)	Recurso utilizado (h)	Productividad (tn/h)
Julio	S1	155	98.97	1.57
	S2	165	110.51	1.49
	S3	167	103.43	1.62
	S4	169	106.52	1.59
<b>Subtotal</b>		<b>657</b>	<b>419.44</b>	<b>1.57</b>
Agosto	S1	165	108.73	1.52
	S2	166	101.80	1.63
	S3	173	106.38	1.63
	S4	183	117.80	1.55
<b>Subtotal</b>		<b>687.6</b>	<b>434.71</b>	<b>1.58</b>
Septiembre	S1	161	106.28	1.52
	S2	171	114.29	1.50
	S3	183	108.18	1.69
	S4	185	115.41	1.60
<b>Subtotal</b>		<b>700.2</b>	<b>444.17</b>	<b>1.58</b>
Noviembre	S1	169	111.12	1.52
	S2	179	112.74	1.59
	S3	183	113.98	1.61
	S4	185	114.07	1.63
<b>Subtotal</b>		<b>716</b>	<b>451.92</b>	<b>1.59</b>
<b>Total</b>		<b>2761</b>	<b>1750.22</b>	<b>1.58</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Análisis de resultados

### Generalidades

Posterior al análisis, se presenta el planteamiento y el resultado de la prueba de normalidad y de hipótesis de la investigación, cuando se revelan los detalles de la información recopilada de muestras en una circunstancia de pre-prueba y post-prueba, tal que la comparación de la muestra pueda confirmarse utilizando las estadísticas inferenciales presentadas en la investigación según las hipótesis específicas desarrolladas.

El resultado de todas las pruebas fue procesado en el software SPSS versión 26.

### Prueba de Normalidad

La prueba de normalidad tuvo las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Los datos de la muestra, SI presentan una distribución normal.
- Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Los datos de la muestra, NO presentan una distribución normal.

Nivel de significancia: Sig.=0.05

### Regla de decisión:

- Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el nivel de significancia Sig. es mayor o igual al 5% (Sig. $\geq$ 0,05).  
Consecuentemente, los datos de la muestra, SI presentan una distribución normal.
- Se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) si el nivel de significancia Sig. es menor al 5% (Sig.<0,05).  
Consecuentemente, los datos de la muestra, NO presentan una distribución normal.

### Prueba de hipótesis

Se formularon las siguientes hipótesis en la contrastación de hipótesis:



- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): NO presenta diferencias estadísticas significativas entre las muestras PreTest y las muestras PostTest
- Hipótesis Alterna ( $H_1$ ): SI presenta diferencias estadísticas significativas entre las muestras PreTest y las muestras PostTest

Nivel de significancia: Sig.=0.05

**Regla de decisión:**

- Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), si el nivel de significancia Sig. es mayor o igual al 5% (Sig. $\geq$ 0,05), rechazando la hipótesis de la investigación.  
Consecuentemente: NO se emplea la Variable Independiente (Variable Teórica) de la investigación.
- Se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), si el nivel de significancia Sig. es menor al 5% (Sig.<0,05), aceptando la hipótesis de la investigación.  
Consecuentemente: SI se emplea la Variable Independiente (Variable Teórica) de la investigación.

**Primera hipótesis específica**

La implementación de manufactura celular reduce los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

✓ **Prueba de Normalidad**

○ **Muestra Pretest y Posttest**

Se cuenta con 16 datos de tiempo muerto de espera, en las muestras antes (PreTest) y en las muestras después (PostTest), de emplear la variable independiente (VI) en el presente estudio para la primera hipótesis específica.

**Tabla 72:**  
Muestra Pre Test y Post Test del tiempo muerto de espera

<b>Tiempo muerto de espera</b>			
Mes	SEMANAS	Tiempo muerto de espera (seg/tn)	Tiempo muerto de espera (seg/tn)
		Muestra Pre Test	Muestra Post Test
1	S-1	8760	3802
	S-2	6409	3074
	S-3	6409	2905
	S-4	6409	2782
	S-5	8760	3074
2	S-6	8760	2989
	S-7	5372	2503
	S-8	4413	1915
	S-9	9415	3337
3	S-10	6409	2661
	S-11	5880	1915
	S-12	4883	1812
4	S-13	9549	2782
	S-14	5472	2165
	S-15	8381	1915
	S-16	4139	1778
<b>TOTAL</b>		<b>6838.75</b>	<b>2588.06</b>

Fuente: Elaboración propia

○ **Prueba Pretest y Posttest**

La tabla de resumen de procesamiento de casos confirma que, del total de 16 muestras analizadas, se ha confirmado el 100 por ciento, lo que indica que no se perdió ningún dato.

**Tabla 73:**  
Resumen de procesamiento de datos del tiempo muerto

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>						
	<b>Casos</b>				<b>Total</b>	
	<b>Válido</b>		<b>Perdidos</b>			
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
<b>Tiempo_muerto_Pretest</b>	16	100%	0	0.0%	16	100%
<b>Tiempo_muerto_Posttest</b>	16	100%	0	0.0%	16	100%

Fuente: IBM SPSS Versión 26

## Estadísticos descriptivos

En la tabla 74 se aprecia una mejora en la reducción del tiempo muerto del Pre test y Post test; donde la media se reduce en un 62.38%, la mediana en un 55.71%, la desviación estándar en un 69.03% evidenciando la reducción del grado de dispersión, la curtosis en un 51.54% siendo más delgada, cercano a la media y más agrupado, y un aumento en la asimetría del 33.33% debido a que los datos se encuentran más apegados a la izquierda y con el avance del tiempo de la implementación se ajustaran a la derecha con la reducción del grado de dispersión.

**Tabla 74:**  
Análisis descriptivo del tiempo muerto

<b>Descriptivos</b>			
		<b>Estadístico</b>	<b>Error estándar</b>
Tiempo_muerto_Prestest	Media	6859.06	495.466
	Mediana	6144.50	
	Desviación estándar	1981.866	
	Asimetría	.138	.564
	Curtosis	-1.750	1.091
Tiempo_muerto_Postest	Media	2588.06	153.464
	Mediana	2721.50	
	Desviación estándar	613.856	
	Asimetría	.184	.564
	Curtosis	-.848	1.091

Fuente: IBM SPSS Versión 26

## Prueba de normalidad

En la tabla 75, se efectuó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, dado que la muestra es inferior a 50 datos, siendo el valor de Psig. para el tiempo muerto Pretest menor a 0.05 y para el tiempo muerto Post test mayor a 0.05, significando que los datos no proceden de una distribución normal, por lo cual son no paramétricos; y, por ende, se empleó el estadígrafo Wilcoxon.

**Tabla 75:**

Prueba de normalidad del tiempo muerto

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro Wilk		
	Estadísticos	gl	Sig.	Estadísticos	gl	Sig.
<b>Tiempo_muerto_Pre test</b>	0.189	16	0.128	0.88	16	<b>0.039</b>
<b>Tiempo_muerto_Pos test</b>	0.176	16	0.2	0.928	16	<b>0.231</b>

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Versión 26

✓ **Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La implementación de Manufactura celular no reduce los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

**H<sub>1</sub>:** La implementación de Manufactura celular reduce los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

○ **Prueba de significancia****Prueba no paramétrica de Wilcoxon**

En base lo mencionado anteriormente, en la tabla 76, se realizó la prueba de Wilcoxon, donde el valor de la significancia es menor a 0.05; por lo que, es rechazada la hipótesis nula y es aceptada la hipótesis alterna, significando que: La implementación de manufactura celular reduce los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

**Tabla 76:**

Prueba de Wilcoxon del tiempo muerto

Estadísticos de prueba	
	Tiempo_muerto_Postest - Tiempo_muerto_Prestest
Z	-3.516
Sig. Asintótica (bilateral)	0.000

Fuente: IBM SPSS Versión 26

## Segunda hipótesis específica

La implementación de 5S' reduce los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

### ✓ Prueba de Normalidad

#### ○ Muestra Pretest y Posttest

Se cuenta con 16 datos del tiempo de entrega, en las muestras antes (PreTest) y en las muestras después (PostTest), de emplear la variable independiente (VI) en el presente estudio para la segunda hipótesis específica.

**Tabla 77:**

Muestra Pre Test y Post Test del tiempo de entrega

<b>Tiempo de entrega</b>			
<b>Mes</b>	<b>SEMANAS</b>	<b>Tiempo de entrega (hora)</b>	<b>Tiempo de entrega (hora)</b>
		<b>Muestra Pre Test</b>	<b>Muestra Post Test</b>
<b>1</b>	<b>S-1</b>	165.27	166.14
	<b>S-2</b>	157.65	156.34
	<b>S-3</b>	161.05	162.36
	<b>S-4</b>	174.53	160.56
	<b>S-5</b>	169.19	159.03
<b>2</b>	<b>S-6</b>	168.03	165.72
	<b>S-7</b>	175.58	160.97
	<b>S-8</b>	164.35	150.60
	<b>S-9</b>	176.52	163.64
<b>3</b>	<b>S-10</b>	162.40	155.35
	<b>S-11</b>	170.08	160.82
	<b>S-12</b>	158.78	152.79
	<b>S-13</b>	181.16	154.78
<b>4</b>	<b>S-14</b>	166.86	153.12
	<b>S-15</b>	164.62	153.48
	<b>S-16</b>	163.72	153.51
<b>TOTAL</b>		<b>2679.77</b>	<b>2529.19</b>

Fuente: Elaboración propia

#### ○ Prueba paramétrica Pretest y Posttest

La tabla de resumen de procesamiento de casos confirma que, del total de 16 muestras analizadas, se ha confirmado el 100 por ciento, lo que indica que no se perdió ningún dato.

**Tabla 78:**

Resumen de procesamiento de datos del tiempo de entrega

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiempo_Entrega_Prestest	16	100%	0	0.0%	16	100%
Tiempo_Entrega_Postest	16	100%	0	0.0%	16	100%

Fuente: IBM SPSS Versión 26

**Estadísticos descriptivos**

En la tabla 79 se evalúa una mejora en la reducción del tiempo de entrega del Pretest y Postest; donde la media se reduce en un 5.62%, la mediana en un 5.05%, la desviación estándar se reduce en un 31.24% evidenciando la reducción del grado de dispersión, la curtosis un aumento del 283.42% siendo más grueso, y algo lejos a la media siendo menos agrupado, y teniendo así una reducción de la asimetría del 446.32% debido a que los datos se encuentran más apegados a la derecha por la reducción del grado de dispersión.

**Tabla 79:**

Análisis descriptivo del tiempo de entrega

<b>Descriptivos</b>			
		Estadístico	Desv. Error
Tiempo_Entrega_Prestest	Media	167.4868	2.48824
	Mediana	166.065	
	Desv. Desviación	9.95294	
	Asimetría	0.367	0.564
	Curtosis	0.386	1.091
Tiempo_Entrega_Postest	Media	158.0756	1.71092
	Mediana	157.685	
	Desv. Desviación	6.84369	
	Asimetría	-1.271	0.564
	Curtosis	1.48	1.091

Fuente: IBM SPSS Versión 26

**Prueba de normalidad**

En la tabla 80, se efectuó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, dado que la muestra es inferior a 30 datos, siendo el valor de Psig. para el tiempo de entrega Pretest mayor a 0.05 y para el tiempo de entrega

Postest menor a 0.05, significando que los datos no proceden de una distribución normal, por lo cual son no paramétricos y se empleó el estadígrafo Wilcoxon.

**Tabla 80:**

Prueba de normalidad del tiempo de entrega

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro Wilk		
	Estadísticos	gl	Sig.	Estadísticos	gl	<b>Sig.</b>
Tiempo_de_entrega _Pretest	0.172	16	0.200	0.96	16	<b>0.656</b>
Tiempo_de_entrega _Postest	0.225	16	0.030	0.88	16	<b>0.038</b>

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Versión 26

✓ **Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La implementación de 5S' no reduce los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

**H<sub>1</sub>:** La implementación de 5S' reduce los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021.

○ **Prueba de significancia**

**Prueba no paramétrica de Wilcoxon**

En base lo mencionado anteriormente, en la tabla 81, se realizó la prueba de Wilcoxon, donde el valor de la significancia es menor a 0.05; por lo que, es rechazada la hipótesis nula y es aceptada la hipótesis alterna, significando que: La implementación de 5S reduce los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

**Tabla 81:**

Prueba de Wilcoxon del tiempo de entrega

<b>Estadísticos de prueba</b>	
Tiempo_de_entrega_Postest - Tiempo_de_entrega_Pretest	
Z	-3.516
Sig. Asintótica (bilateral)	0.000

Fuente: IBM SPSS Versión 26

### Tercera hipótesis específica

La implementación de SMED reduce los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

#### ✓ Prueba de Normalidad

##### ○ Muestra Pretest y Posttest

Se cuenta con 16 datos del tiempo de cambio, en las muestras antes (PreTest) y en las muestras después (PostTest), de emplear la variable independiente (VI) en el presente estudio para la tercera hipótesis específica.

**Tabla 82:**

Muestra Pre Test y Post Test del tiempo de cambio

Mes	SEMANAS	Tiempo de cambio	
		Tiempo de cambio (hora)	Tiempo de cambio (hora)
		Muestra Pre Test	Muestra Post Test
1	S-1	26.88	28.23
	S-2	17.21	18.20
	S-3	19.95	24.11
	S-4	35.48	16.81
	S-5	26.81	20.58
2	S-6	25.92	26.53
	S-7	34.35	17.58
	S-8	23.95	12.26
	S-9	37.64	20.11
3	S-10	24.26	12.96
	S-11	32.15	17.17
	S-12	22.41	11.97
4	S-13	41.16	13.44
	S-14	26.53	8.61
	S-15	23.44	9.97
	S-16	24.51	8.87
<b>TOTAL</b>		<b>442.63</b>	<b>267.39</b>

Fuente: Elaboración propia

##### ○ Prueba paramétrica Pretest y Posttest

La tabla de resumen de procesamiento de casos confirma que, del total de 16 muestras analizadas, se ha confirmado el 100 por ciento, lo que indica que no se perdió ningún dato.



**Tabla 83:**  
Resumen de procesamiento del tiempo de cambio

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiempo_de_Cambio_Prestest	16	100%	0	0,0%	16	100%
Tiempo_de_Cambio_Postest	16	100%	0	0,0%	16	100%

Fuente: IBM SPSS Versión 26

### Estadísticos descriptivos

En la tabla 84 se evalúa una mejora en la reducción del tiempo de cambio del Pre test y Post test; donde la media se reduce en un 39.61%, la mediana en un 35.21%, la desviación estándar se reduce en un 1.93% evidenciando la reducción del grado de dispersión, la curtosis se reduce en un 22.83% siendo más delgada, cercana a la media y más agrupado, y la asimetría se reduce en un 21.54% debido a que los datos se encuentran más apegados a la derecha por la reducción del grado de dispersión.

**Tabla 84:**  
Análisis descriptivo del tiempo de cambio

<b>Descriptivos</b>			
		Estadístico	Desv. Error
Tiempo_de_Cambio_Prestest	Media	27.6656	1.36705
	Mediana	26.225	
	Desv. Desviación	5.46821	
	Asimetría	-0.622	0.564
	Curtosis	-0.898	1.091
Tiempo_de_Cambio_Postest	Media	16.7125	1.34072
	Mediana	16.99	
	Desv. Desviación	5.36286	
	Asimetría	-0.488	0.564
	Curtosis	-0.693	1.091

Fuente: IBM SPSS Versión 26

### Prueba de normalidad

En la tabla 85, se efectuó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, dado que la muestra es inferior a 30 datos, siendo el valor de Psig. para el tiempo de cambio Pretest mayor a 0.05 y para el tiempo de cambio Postest mayor a 0.05, significa que los datos proceden de una

distribución normal, por lo cual son paramétricos; y, por ende, se empleó el estadígrafo T-Student.

**Tabla 85:**

Prueba de normalidad del tiempo de cambio

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro Wilk		
	Estadísticos	gl	Sig.	Estadísticos	gl	Sig.
Tiempo_de_Cambio_Prestest	0.232	16	0.021	0.894	16	0.063
Tiempo_de_Cambio_Postest	0.15	16	0.200*	0.948	16	0.464

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Versión 26

✓ **Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La implementación de SMED no reduce los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

**H<sub>1</sub>:** La implementación de SMED reduce los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

○ **Prueba de significancia**

**T de Student de Muestras emparejadas**

En la estadística de muestra emparejada, se observa que el promedio del tiempo de cambio del pre test es de 27.6656, a diferencia del post test donde se puede evidenciar una reducción debido a que su promedio es de 16.99.

**Tabla 86:**

Estadísticas de muestras emparejadas para el tiempo de cambio

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Tiempo_de_Cambio_Prestest	27.6656	16	5.46821	1.36705
	Tiempo_de_Cambio_Postest	16.99	16	5.36286	1.34072

Fuente: IBM SPSS Versión 26

En la correlación de muestra emparejada, se observa un coeficiente de 0.384, lo que significa que es baja.

**Tabla 87:**

Correlaciones de muestras emparejadas para el tiempo de cambio

<b>Correlaciones de muestras emparejadas</b>				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Tiempo_de_Cambio_Pretest & Tiempo_de_Cambio_Postest	16	0.384	0.142

Fuente: IBM SPSS Versión 26

En base lo mencionado anteriormente, en la tabla 88, se realizó la prueba de T-Student, donde el valor de la significancia es menor a 0.05; por lo que, es rechazada la hipótesis nula y es aceptada la hipótesis alterna, significando que: La implementación de SMED reduce los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021.

**Tabla 88:**

Prueba de T-Student del tiempo de cambio

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>					
		Diferencias emparejadas 95% de intervalo de confianza de la diferencia Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Tiempo_de_Cambio_Pretest - Tiempo_de_Cambio_Postest	-6.17025	-6.236	15	0

Fuente: IBM SPSS Versión 26

#### 4.2.1. Resumen de resultados

En la tabla 89 se aprecia el resumen de las variables dependientes específicas donde tiene una diferencia o reducción entre el pre y post test del 62.38% en el tiempo de espera de las órdenes de producción, una reducción del 5.62% en el tiempo de entrega de los pedidos y una reducción del 39.61% en el tiempo de cambio el producto.

**Tabla 89:**  
Resumen de resultados

Hipótesis Específica	Variables Independiente	Variables Dependiente	Indicador	PreTest	PostTest	Diferencia
1	Manufactura celular	Tiempo muerto	% Tiempo de espera de las órdenes de producción	6879.06 seg/tn	2588.06 seg/tn	62.38%
2	5S'	Tiempo de entrega	% Tiempo de entrega de los pedidos	167.49 horas	158.08 horas	5.62%
3	SMED	Tiempo de cambio	% Tiempo de cambio del producto	27.67 horas	16.71 horas	39.61%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 90 se muestra el total del beneficio económico que se obtiene con la implementación de la manufactura celular, 5S y SMED, donde se tiene un total de S/ 3 925 267.76.

**Tabla 90:**  
Beneficio económico total

Descripción	Beneficio económico (soles)
Manufactura celular	S/29 953.97
5S'	S/3 893 670.00
SMED	S/1 643.79
<b>Total</b>	<b>S/ 3 925 267.76</b>

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

1. Con la implementación de las herramientas de Manufactura esbelta, tales como: Manufactura celular, 5S' y SMED, se mejoró la productividad en un 8.97% del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021; pasando de 1.45 tn/h a 1.58 tn/h logrando una mejora en el grado de implementación de 51.67% a 86.67%. Asimismo, se obtuvo un beneficio económico total de S/ 3 925 267.76. Con ello, se corroboraría la investigación de Tapia (2017), el cual indicó que las herramientas de manufactura esbelta más empleadas tanto en la industria manufacturera como automotriz son 5S y SMED, mientras que la manufactura celular es menos utilizada, pero al ser ejecutadas en conjunto pueden obtener beneficios satisfactorios en las organizaciones.
2. Con la implementación de manufactura celular, mediante la agrupación de familias, la toma de tiempos, la medición del Takt time, la identificación de la secuencia de trabajo, el balance de la línea, el diseño y la construcción de las nuevas células de manufactura; se disminuyó en un 31.38% el lead time y aumento en un 35.43% la cobertura de stock en la línea de producción.
3. Asimismo, se redujo el tiempo muerto en un 62.38% del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021; pasando de 6879.06 segundos/tn a 2588.06 segundos/tn generando un beneficio económico de S/29 953.97. Por lo tanto, estos resultados coinciden con lo planteado por Jonas y Wamack (2018), los cuales indicaron que el objetivo de esta herramienta es reducir los tiempos que no agregan valor.
4. Con la implementación de 5S', mediante la identificación de los objetos necesarios e innecesarios, la eliminación de los objetos innecesarios, el orden de los objetos necesarios, un plan de limpieza, la estandarización de las actividades de trabajo y la disciplina de procesos adecuados y normativos, se mejoró nivel de cumplimiento de la metodología incrementando del 42.50% al 87.50%.

5. Además, se redujo el tiempo de entrega en un 5.62% del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año 2021; pasando de 167.49 horas a 158.08 horas generando un beneficio económico de S/3 893 670.00. Estos resultados, coinciden con la investigación de Sandivar (2016), donde se concluyó que la aplicación de esta herramienta permite una jornada laboral más eficiente, eficaz y ordenada facilitando el cumplimiento de los pedidos a tiempo.
6. Con la implementación de SMED; mediante la identificación de las actividades, la clasificación de las actividades en internas y externas, la conversión de las actividades internas a externas y el perfeccionamiento de las tareas externas e internas; se disminuyó en un 15.71% el tiempo de las actividades externas y en un 86.94% el tiempo de las actividades internas.
7. Asimismo, se redujo los tiempos de cambio de producto en un 39.61% del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC, año-2021; pasando de 27.67 horas a 16.71 horas generando un beneficio económico de S/1 643.79. Mientras que, en la investigación de Hualla y Cárdenas (2017), esta herramienta le permitió reducir el tiempo de Set-up en un 25%, el tiempo de limpieza en un 46.7% y el tiempo de las paradas de los equipos por mes en un 71.43%.

## **5.2. Recomendaciones**

1. Para alcanzar un mayor incremento de la productividad mediante las herramientas de Manufactura esbelta, se mantenga un flujo constante y controlado del proceso, implementar métodos de control, identificar constantemente los desperdicios y el flujo de valor del proceso de producción.
2. La continuidad del trabajo en la planta y la reducción de inventarios mediante la implementación de una gestión de inventarios de los materiales, materia prima e insumos, con el fin de mantener la reducción de los tiempos muertos en el proceso productivo.
3. Cumplir con los tiempos analizados, calculados y estipulados en el diagrama de análisis de proceso, con el fin de controlar los desperdicios y ejecutar correctamente las distancias de recorrido.
4. El compromiso de la alta dirección para brindar los recursos necesarios y capacitaciones constantes con el fin de velar la continuidad de la reducción de los tiempos innecesarios, la mejora del orden y limpieza en el área de producción, y reducir lo tiempos de entrega de los pedidos de la empresa.
5. Cumplir con los planes de limpieza a los equipos, maquinarias y áreas de trabajo, con el fin de disminuir el porcentaje de objetos innecesarios y objetos fuera de lugar.
6. Cumplir con los procedimientos de tiempo de cambio a fin de mantener una disminución constante de los tiempos improductivos.
7. Necesaria la implementación de un mantenimiento productivo total con el fin de mantener la reducción de los desperdicios, aumentar la disponibilidad y la eficiencia global de los equipos del área de producción.

## REFERENCIAS

- Aldavert et al. (2018). *5S para la mejora continua: La base del Lean* (4 ed.). España: Alda Talent. <https://bit.ly/3yF78Z6>
- Al-Saiady, M. (2019). *Alimentos Extrusados para Peces y Camarones*. International Aquafeed: <https://bit.ly/3RJ4B95>
- Arboleda, J., & Rubiano, F. (2017). Modelo propuesto para la implementación de la metodología SMED en una empresa de alimentos de Santiago de Cali. *Revista de Investigación*, 10(2), 103-117. doi:<https://bit.ly/3aDJBjc>
- Azuero, Á. E. (diciembre de 2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *KOINONIA*, IV, 110-127. <https://bit.ly/3O65mWD>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación: Serie integral por competencias* (3 ed.). México: Grupo Editorial Patria. <https://bit.ly/2WjnP7B>
- Bhade, S., & Hegde, S. (2020). Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED. *Materialstoday: Proceedings*, 24, 463-472. doi:<https://bit.ly/3yFacV6>
- Bortone, E. (2018). *Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones*. Texas: Omenga Proten, Inc. USA.
- Buzón, J. (2019). *Lean Manufacturing*. España: Editorial Elearning S.L. <https://bit.ly/3o6eFel>
- Campilho et al. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedio Manufacturing*, 51, 1416-1422. doi:<https://bit.ly/3PfQcz0>
- Ceballos, B., & Dávila, J. (2017). Experiencia docente de aplicación de Kaizen en una empresa. *Working Papers in Operations Management*, 8, 58-61. <https://bit.ly/3yBxcEf>
- Cifuentes, E. (2019). *Procesos productivos con Lean Manufacturing para la calidad de los productos terminados en la empresa Fundición Aleaciones Técnicas Especiales SAC*. Lima: UNFV. <https://bit.ly/3IDOHZu>



- Corral-Ramírez et al. (2017). Desarrollo de estaciones de trabajo en la implementación de células de manufactura. *Revista de la Invención Técnica*, 1(2), 25-32. <https://bit.ly/3AIunnH>
- Cuatrecasas, L. (2021). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible NE: Técnicas para la planificación y diseño de procesos mono y multiproducto con soporte informático*. España: Profit Editorial.
- Cuatrecasas, L., & González, J. (2017). *Gestión integral de la calidad* (5 ed.). Barcelona: Profit Editorial I. <https://bit.ly/3NYPi97>
- Dopacio et al. (2018). *Práctica de organización, producción y operaciones*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Escudero, B. (2020). Mejora del Lean Time y Productividad en el proceso armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*(39), 51-72. doi:<https://bit.ly/3o0Inli>
- Favela et al. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista Lasallista de Investigación*, 16(1), 115-133. <https://bit.ly/3z2SM67>
- Fernández-Bedoya, V. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor TES*, 4(3), 65-76. doi:<https://bit.ly/3o0xPSV>
- Fontalvo et al. (2018). La productividad y sus factores :incidencia nen el mejoramiento organizacional. *scielo*.
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación: Manual autoinformativo interactivo* (1 ed.). Huancayo: Universidad Continental.
- Grados, C. (2020). *Implementación del Sistema OEE en una línea de producción de pisos de una empresa maderera*. Lima: Universidad Ricardo Palma. <https://bit.ly/3ccp3yL>
- Hoyos et al. (2017). Párametros de calidad y metodologías para determinar las propiedades físicas de alimentos extruidos para peces. *Información Tecnológica*, 28(5), 101-114. <https://bit.ly/3AJBdJH>

- Hualla, R., & Cárdenas, C. (2017). *Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PDV y PEAD aplicando herramientas de calidad y Lean Manufacturing*. San Miguel: PUCP. <https://bit.ly/3Iy47yi>
- Huánuco, L., & López, P. (2018). Impacto de las 5S en la Calidad Microbiológica del Aire. *Industrial Data*, 21(2), 17-24. <https://bit.ly/3OcHMHS>
- Ibarra, V., & Ballesteros, L. (2017). Manufactura esbelta. *Conciencia Tecnológica*(53). <https://bit.ly/3PrQ3bA>
- Jonas, D., & Wamack, J. (2018). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestión 2000. <https://bit.ly/3ANdyYW>
- Liker, J. (2019). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Gestión 2000. <https://bit.ly/3cbE9Vh>
- Maldonado, J. E. (2018). *Metodología de la Investigación Social*. Bogota: Ediciones de la U. <https://bit.ly/3awYzrm>
- Martins et al. (2018). A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 647-654. doi:<https://bit.ly/3Ryg8HQ>
- Mendoza, D. (2020). *PANORAMA DE LA ACUICULTURA MUNDIAL, AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE Y EN EL PERÚ*. Lima: Ministerio de la Producción. <https://bit.ly/3PmUfcP>
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y redacción de la tesis*. (5 ed.). Bogotá: Ediciones de la U. Recuperado el 2021, de <https://bit.ly/3RvDdLt>
- Pachas, J. (2019). *Aplicación de un programa de mejora continua utilizando Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el nivel de gestión del proceso de cartonera de la empresa la Calera en la provincia de Chíncha*. Lima: URP. <https://bit.ly/3O3QjN5>

- Pantoja, C., Orejuela, J., & Bravo, J. (2017). Metodología de distribución de plantas en ambientes de agrupación celular. *Estudios Generales*, 33, 132-140. doi:<https://bit.ly/3PlzK0J>
- Patil et al. (2021). Application of value stream mapping to enhance productivity by reducing manufacturing lead time in a manufacturing company: A case study. / *Journal of Applied Research and Technology*, 19(1), 11-22. <https://bit.ly/3AL95Wm>
- Pérez, M. (2017). *Mejora en la gestión de los talleres externos de confección en una empresa exportadora; enfocado en un nivel de cumplimiento y calidad*. Lima: UNMSM. <https://bit.ly/3ALag8e>
- Piñero, E., Vivas, F., & Flores, L. (2018). Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 6(20), 99-110. <https://bit.ly/3z4hwe4>
- Research and Markets. (2021). *Análisis del Mercado de Alimentos Acuícolas hasta el 2026*. International Aquafeed: <https://bit.ly/3RwML8P>
- Rojas, A., & Gisbert, V. (2017). Lean Manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 116-124. <https://bit.ly/3PpjsmZ>
- Rojas, C., & Salazar, S. (2019). *Aplicación de la metodología 5'S para la optimización en la Gestión de Almacén en una empresa importadora de equipos de laboratorio*. Lima.
- Sandivar, R. (2016). *Propuesta de mejora del proceso de una línea de producción de parabrisas para autos usando herramientas de manufactura esbelta*. San Miguel: PUCP. <https://bit.ly/3PtVvuR>
- Sarria, M., Fonseca, G., & Bocanegra, C. (2017). Modelo metodológico de implementación de Lean Manufacturing. *Revista EAN*(83), 51-71. <https://bit.ly/2qDFCbT>
- Shingo, S. (2017). *Una revolución en la producción: el sistema SMED* (3 ed.). Routledge. <https://bit.ly/3z1jZ99>
- Silva et al. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1355-1362. doi:<https://bit.ly/3PpZEjj>

- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing: Paso a Paso*. Barcelano: Marge Books. <https://bit.ly/3PH6bqb>
- Socconini, L., & Martín, P. (2019). *LEAN ENERGYA 4.0. Guía de implementación*. Barcelona: Marge Books. <https://bit.ly/3o1Fnou>
- Soto, P. (2017). *Aplicación del Lean Manufacturing para incrementar la productividad en las Pymes de confecciones textiles en la región Arequipa. Caso: Empresa "CP"*. Arequipa: UNSA. <https://bit.ly/3P73Gx9>
- Sousa et al. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611-622. doi:<https://bit.ly/3yYTAJb>
- Tapia et al. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. *Ciencia & Trabajo*, 19(60), 171-178. <https://bit.ly/2KPSUyw>
- Vargas, J., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería industrial*, V(17), 153-174. <https://bit.ly/3PH66Tp>
- Veres et al. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900-905. doi:<https://bit.ly/3uJVXNz>
- Vieira et al. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38, 892-899. doi:<https://bit.ly/3P49Can>
- Womack, J., Jones, D., & Ross, D. (2017). *La máquina que cambió el mundo: La historia de la Producción Lean, el arma secreta de Toyota que revolucionó la industria mundial del automóvil*. Barcelona: Profit Editorial. <https://bit.ly/3o1slyk>

## ANEXOS

### Anexo A. Declaración de Autenticidad

#### 1. DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

##### DECLARACIÓN DEL GRADUADO

Por el presente, el graduado (Apellidos y nombres)

Guevara Regalado José Gabriel

En condición de egresado del programa de posgrado:

Maestría en Ingeniería industrial con mención en planeamiento y gestión empresarial

Deja constancia que ha realizado la tesis titulada

Mejora de la Productividad y la Calidad en el proceso de elaboración de alimento extruido para Peces y Camarones aplicando herramientas de Manufactura Esbelta

Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por el mismo y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.

Deja constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o del internet.

Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduado se somete a lo dispuesto en las normas de la universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes



14/0/092021

-----  
Firma del Graduado

-----  
FECHA

## Anexo B. Autorización de consentimiento para realizar la investigación

### 1. AUTORIZACIÓN DE CONSENTIMIENTO PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN

#### DECLARACION DEL RESPONSABLE DEL AREA O DEPENDENCIA DONDE SE REALIZARA LA INVESTIGACION

Dejo constancia que el área o dependencia que dirijo, ha tomado conocimiento del proyecto de tesis titulado:

Mejora de la Productividad y la Calidad en el proceso de elaboración de alimento extruido para Peces y Camarones aplicando herramientas de Manufactura Esbelta

El que es realizado por el Sr. /Srta. Estudiante (Apellidos y nombres):

**Guevara Regalado José Gabriel**

, en condición de estudiante – investigador del programa de:

Maestría en ingeniería industrial con mención en planeamiento y gestión empresarial


Así mismo señalamos que según nuestra normativa interna procederemos con el apoyo al desarrollo del proyecto de investigación, dando las facilidades del caso para la aplicación de los instrumentos de recolección de datos.

En razón de lo expresado doy mi consentimiento para el uso de información y/o aplicación de los instrumentos de recolección de datos.

Nombre de la empresa	Autorización para el uso del nombre de la empresa en el informe final	SI <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Nutritional Technologies SAC</b>		NO

Apellidos y Nombres del Jefe o Responsable de la empresa	Cargo:
Nato Acosta, Joel Augusto	Gerente de Producción

Teléfono (incluyendo anexo) fijo y/o celular	Correo electrónico de la empresa
946032872	jnato@aquatech.pe

  
Firma

15/07/21  
FECHA

Anexo C. Matriz de consistencia


Problemas Principal	Objetivos General	Hipótesis General	Variable independiente	Indicador V.I.	Variable dependiente	Indicador V.D.
¿En qué medida la implementación de Manufactura Esbelta mejorará la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021?	Determinar en qué medida la implementación de Manufactura Esbelta mejorará la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	La implementación de Manufactura Esbelta mejora la productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	Implementación de Manufactura Esbelta.	<i>Grado de Implementación de manufactura esbelta</i>	Productividad	$\frac{\text{Productividad}}{\text{Unidades producidas}} = \frac{\text{Recursos utilizados}}$
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas				
¿En qué medida la implementación de manufactura celular reducirá los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021?	Determinar en qué medida la implementación de manufactura celular reducirá los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	La implementación de manufactura celular reduce los tiempos muertos del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	Manufactura celular	<p><i>Cobertura de stock</i>  <math>= \text{Cobertura de stock en la línea de producción (antes y después de la mejora)}</math></p> <p><i>Lead Time de producción</i>  <math>= \text{Lead Time (antes y después de la mejora)}</math></p> <p><math display="block">\text{Clasificación} = \frac{\# \text{ objetos necesarios}}{\# \text{ objetos totales}} * 100</math></p> <p><math display="block">\text{Orden} = \frac{\# \text{ objetos en su lugar}}{\# \text{ objetos totales}} * 100</math></p> <p><math display="block">\text{Limpieza} = \frac{\# \text{ eventos de limpieza cumplidas}}{\# \text{ eventos de limpieza proyectadas}} * 100</math></p> <p><i>Estandarización</i>  <math>= \frac{\# \text{ actividades estandarizados}}{\# \text{ actividades totales}} * 100</math></p> <p><math display="block">\text{Disciplina} = \frac{\text{Puntaje obtenido de auditoría}}{\text{Puntaje total de auditoría}}</math></p>	Tiempo muerto	<p><math display="block">\% \text{Tiempo Muerto de Espera} = \frac{\text{Tiempo de espera de las órdenes de producción}}{\text{(antes y después de la mejora)}}</math></p>
¿En qué medida la implementación de 5S reducirá los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021?	Determinar en qué medida la implementación de 5S reducirá los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	La implementación de 5S reduce los tiempos de entrega del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	5S		Tiempo de entrega	<p><math display="block">\% \text{Tiempo Entrega} = \frac{\text{Tiempo de entrega de los pedidos}}{\text{(antes y después de la mejora)}}</math></p>
¿En qué medida la implementación de SMED reducirá los tiempos de cambio del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021?	Determinar en qué medida la implementación de SMED reducirá los tiempos de cambio de producto de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	La implementación de SMED reduce los tiempos de cambio del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones en la empresa Naltech SAC Año-2021	SMED	<p><math display="block">\text{Tiempo estándar interno} = \frac{\sum \text{Tiempos de preparación interna}}{\text{Nº de procesos}}</math></p> <p><math display="block">\text{Tiempo estándar externa} = \frac{\sum \text{Tiempos de preparación externa}}{\text{Nº de procesos}}</math></p>	Tiempo de cambio	<p><math display="block">\% \text{Tiempo cambio} = \frac{\text{Tiempo de cambio del producto}}{\text{(antes y después de la mejora)}}</math></p>


**Anexo D. Matriz de operacionalización**


<b>Variables Independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Implementación de manufactura esbelta	La Manufactura esbelta es conocida como la filosofía de trabajo optimizando el sistema de producción mediante la mejora continua. Tiene como finalidad la disminución de desperdicios, agregando valor al cliente (Ibarra & Ballesteros, 2017)	La manufactura esbelta será medida por la aplicación de 3 herramientas que son: Manufactura celular, 5S, SMED	Implementación de manufactura esbelta	Grado de Implementación de Manufactura Esbelta	Checklist
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones	La productividad está definida como la relación que existe entre la capacidad total de producción y el total de recursos empleados en la elaboración de un producto o servicio, siendo así la razón entre las salidas y las entradas (Cuatrecasas L. , 2021).	La productividad del proceso de alimentos extruidos para peces y camarones será medida por 4 dimensiones que son: Tiempos muertos, tiempo de entrega, tiempo de cambio y Productividad	Manufactura celular  5S'  SMED	$\text{Cobertura de stock} = \frac{\text{Cobertura de stock en la línea de producción (antes y después de la mejora)}}{\text{Lead Time de producción (antes y después de la mejora)}}$ $\text{Clasificación} = \frac{\# \text{ objetos innecesarios}}{\# \text{ objetos totales}} * 100$ $\text{Orden} = \frac{\# \text{ objetos fuera de lugar}}{\# \text{ objetos totales}} * 100$ $\text{Limpieza} = \frac{\# \text{ eventos de limpieza cumplidas}}{\# \text{ eventos de limpieza proyectadas}} * 100$ $\text{Estandarización} = \frac{\# \text{ procesos estandarizados}}{\# \text{ procesos totales}} * 100$ $\text{Disciplina} = \frac{\text{Puntaje obtenido de auditoría}}{\text{Puntaje total de auditoría}}$ $\text{Tiempo estándar interno} = \frac{\sum \text{Tiempos de preparación interna}}{\text{N}^\circ \text{ de procesos}}$ $\text{Tiempo estándar externa} = \frac{\sum \text{Tiempos de preparación externa}}{\text{N}^\circ \text{ de procesos}}$	Registro customizado de observación de tiempo de espera y lead time. Registro Customizado de existencia en stock. Registro Customizado de incensarios. Registro Customizado de orden y limpieza. Registro Customizado de tiempo de entrega. Registro Customizado de tiempo de cambio.



**Anexo E. Formato de registros de contenido**

		<b>Registro de contenido de tiempos de esperas la producción de alimentos extruidos para peces y camarones</b>			
<b>Código: RO-01</b>		<b>camarones</b>			
Ítem	Proceso/operación	Tiempo de producción planeada	Lead time	Tiempo de espera	% de tiempo de espera

		<b>Registro de contenido de la eficiencia de la producción de alimentos extruidos para peces y camarones</b>			
<b>Código: RC-02</b>		<b>camarones</b>			
Día	Pedidos solicitados	Pedidos atendidos	# de parches en la línea de producción	Objetos fuera de lugar	Objetos innecesarios

		<b>Registro de contenido de los tiempos de entrega de la producción de alimentos extruidos para peces y camarones</b>		
<b>Código: RC-04</b>				
Día	Tiempo de funcionamiento	Tiempo de preparación de los equipos	Tiempo de parada no planificada	Tiempo de entrega

		<b>Registro de contenido de los tiempos de cambio de la producción de alimentos extruidos para peces y camarones</b>			
<b>Código: RC-03</b>					
Día	Tiempo de utillajes y herramientas	Tiempo de parámetros estándar	Piezas a ensamblar y otros	Preparación general	Tiempo de cambio

## Anexo F. Cálculo del NVA y WIP actual del proceso productivo

### a) Armar Batch:

$$NVA_1 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{26 * 1500}{81000} = 0.48 \text{ días}$$

$$WIP_1 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_1 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{26} * (1500) \right) \right] = 16 \text{ toneladas}$$

### b) Mezclar:

$$NVA_2 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{16 * 240}{81000} = 0.05 \text{ días}$$

$$WIP_2 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_2 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{16} * (1740) \right) \right] = 16 \text{ toneladas}$$

### c) Pre-molienda:

$$NVA_3 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{16 * 2600}{81000} = 0.51 \text{ días}$$

$$WIP_3 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_3 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{16} * (4340) \right) \right] = 17 \text{ toneladas}$$

### d) Molienda Refinada:

$$NVA_4 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{17 * 2600}{81000} = 0.55 \text{ días}$$

$$WIP_4 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_4 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{17} * (6940) \right) \right] = 18 \text{ toneladas}$$

e) **Extrusión:**

$$NVA_5 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{18 * 3500}{81000} = 0.78 \text{ días}$$

$$\%V = \frac{\sum \text{Tiempo ciclo}}{\sum \text{Tiempo ciclo acumulado}} = \frac{20040}{75820} = 26\%$$

$$WIP_5 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right] * \%V$$

$$WIP_5 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{18} * (10440) \right) \right] * 26\% = 6 \text{ toneladas}$$

f) **Secado:**

$$NVA_6 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{6 * 3320}{81000} = 0.25 \text{ días}$$

$$WIP_6 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_6 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{6} * (13760) \right) \right] = 32 \text{ toneladas}$$

g) **Engrasado:**

$$NVA_7 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{32 * 3300}{81000} = 1.30 \text{ días}$$

$$WIP_7 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_7 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{32} * (17060) \right) \right] = 19 \text{ toneladas}$$

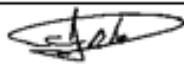














**h) Empaque:**

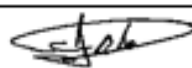














$$NVA_8 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{16 * 2980}{81000} = 0.70 \text{ días}$$

$$WIP_8 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_8 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{3500} * \left( 1500 - \frac{1}{19} * (20040) \right) \right] = 23 \text{ toneladas}$$


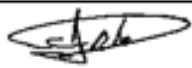














Anexo G. Registro de capacitaciones de Manufactura Celular

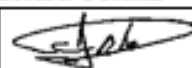














NALTECH		REGISTRO DE CAPACITACIÓN			Código	
RAZÓN SOCIAL		DOMICILIO			NSAC-RC-01	
Naltech SAC		Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú			RUC	
20530611681						
TIPO	Charla	TEMAS	Seguridad en el Trabajo	DIRIGIDO	X	Gerencia/jefes
	Inducción		Salud Ocupacional		X	Supervisores
	X Capacitación		Medio Ambiente		X	Colaboradores
	Simulacros		Calidad			Comité SST
	Otros		X Otros Procesos		X	Otros
Tema:		Introducción de la Manufactura Celular			Fecha:	10/05/2021
Nombre del capacitador:		José Gabriel Guevara		Tiempo:	30 min	
		Regalado		Hora de inicio:	8:00 a. m.	
<b>Asistentes</b>						
Nº	Nombres y Apellidos	Area y/o Puesto	DNI	Firma		
1	Joel Nato Acosta	Gerente de Producción	15742336			
2	Johnny Quispe Bernabé	Jefe de Mantenimiento	19083796			
3	Jenny Salinas Castillo	Jefe de Administración y Finanzas	15735583			
4	Jesús Saldarriaga Palacios	Supervisor de Calidad	61522318			
5	Verónica Camones Meza	Supervisor de Producción	71643232			
6	Edward Núñez León	Jefe de Nutrición y Calidad	15727281			
7	Cesar Pérez Garro	Jefe de Planta	41606045			
8	César Torres Lluen	Operario de planta	76293618			
9	Alex Julca Saavedra	Operario de planta	48038761			
10	Carlos Olivos Huillca	Operario de planta	43953023			
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia	Operario de planta	76533679			
12	Manuel Salazar Barreto	Operario de planta	72691952			
13	Anderson Segovia Edquen	Operario de planta	75063183			
14	Antony Tuanama Pizango	Operario de planta	46985905			

<b>NALTECH</b> National Technologies				<b>REGISTRO DE CAPACITACIÓN</b>				<b>Código</b> NSAC-RC-02	
<b>RAZÓN SOCIAL</b>				<b>DOMICILIO</b>				<b>RUC</b>	
Naltech SAC				Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú				20530611681	
<b>TIPO</b>	<input type="checkbox"/>	Charla	<b>TEMAS</b>	<input type="checkbox"/>	Seguridad en el Trabajo	<b>DIRIGIDO</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	Gerencia/jefes	
	<input type="checkbox"/>	Inducción		<input type="checkbox"/>	Salud Ocupacional		<input checked="" type="checkbox"/>	Supervisores	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Capacitación		<input type="checkbox"/>	Medio Ambiente		<input checked="" type="checkbox"/>	Colaboradores	
	<input type="checkbox"/>	Simulacros		<input type="checkbox"/>	Calidad		<input type="checkbox"/>	Comité SST	
	<input type="checkbox"/>	Otros		<input checked="" type="checkbox"/>	Otros Procesos		<input checked="" type="checkbox"/>	Otros	
<b>Tema:</b>		Objetivos y beneficios de la manufactura celular				<b>Fecha:</b>		11/05/2021	
<b>Nombre del capacitador:</b>		José Gabriel Guevara Regalado				<b>Tiempo:</b>		30 min	
						<b>Hora de inicio:</b>		8:00 a. m.	
<b>Asistentes</b>									
<b>Nº</b>	<b>Nombres y Apellidos</b>			<b>Area y/o Puesto</b>		<b>DNI</b>	<b>Firma</b>		
1	Joel Nato Acosta			Gerente de Producción		15742336			
2	Johnny Quispe Bernabé			Jefe de Mantenimiento		19083796			
3	Jenny Salinas Castillo			Jefe de Administración y Finanzas		15735583			
4	Jesús Saldarriaga Palacios			Supervisor de Calidad		61522318			
5	Verónica Camones Meza			Supervisor de Producción		71643232			
6	Edward Núñez León			Jefe de Nutrición y Calidad		15727281			
7	Cesar Pérez Garro			Jefe de Planta		41606045			
8	César Torres Lluen			Operario de planta		76293618			
9	Alex Julca Saavedra			Operario de planta		48038761			
10	Carlos Olivos Huilca			Operario de planta		43953023			
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia			Operario de planta		76533679			
12	Manuel Salazar Barreto			Operario de planta		72691952			
13	Anderson Segovia Edquen			Operario de planta		75063183			
14	Antony Tuanama Pizango			Operario de planta		46985905			

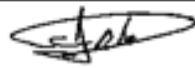














<b>NALTECH</b> <small>Nutritional Technologies</small>		<b>REGISTRO DE CAPACITACIÓN</b>			<b>Código</b> NSAC-RC-03	
<b>RAZÓN SOCIAL</b>		<b>DOMICILIO</b>			<b>RUC</b>	
Naltech SAC		Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú			20530611681	
<b>TIPO</b>	Charla	<b>TEMAS</b>	Seguridad en el Trabajo	<b>DIRIGIDO</b>	X	Gerencia/jefes
	Inducción		Salud Ocupacional		X	Supervisores
	X Capacitación		Medio Ambiente		X	Colaboradores
	Simulacros		Calidad			Comité SST
	Otros		X Otros Procesos		X	Otros
<b>Tema:</b>		Balance de línea en una empresa		<b>Fecha:</b>	12/05/2021	
<b>Nombre del capacitador:</b>		José Gabriel Guevara Regalado		<b>Tiempo:</b>	30 min	
				<b>Hora de inicio:</b>	8:00 a. m.	
<b>Asistentes</b>						
<b>Nº</b>	<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Area y/o Puesto</b>	<b>DNI</b>	<b>Firma</b>		
1	Joel Nato Acosta	Gerente de Producción	15742336			
2	Johnny Quispe Bernabé	Jefe de Mantenimiento	19083796			
3	Jenny Salinas Castillo	Jefe de Administración y Finanzas	15735583			
4	Jesús Saldarriaga Palacios	Supervisor de Calidad	61522318			
5	Verónica Camones Meza	Supervisor de Producción	71643232			
6	Edward Núñez León	Jefe de Nutrición y Calidad	15727281			
7	Cesar Pérez Garro	Jefe de Planta	41606045			
8	César Torres Lluen	Operario de planta	76293618			
9	Alex Julca Saavedra	Operario de planta	48038761			
10	Carlos Olivos Huilca	Operario de planta	43953023			
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia	Operario de planta	76533679			
12	Manuel Salazar Barreto	Operario de planta	72691952			
13	Anderson Segovia Edquen	Operario de planta	75063183			
14	Antony Tuanama Pizango	Operario de planta	46985905			

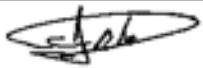
















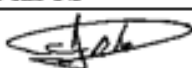














		REGISTRO DE CAPACITACIÓN			Código	
RAZÓN SOCIAL		DOMICILIO			NSAC-RC-04	
Naltech SAC		Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú			RUC	
					20530611681	
TIPO	Charla	TEMAS	Seguridad en el Trabajo	DIRIGIDO	X	Gerencia/jefes
	Inducción		Salud Ocupacional		X	Supervisores
	X Capacitación		Medio Ambiente		X	Colaboradores
	Simulacros		Calidad			Comité SST
	Otros		X Otros Procesos		X	Otros
Tema:	Pasos de implementación de Manufactura Celular			Fecha:	13/05/2021	
Nombre del capacitador:	José Gabriel Guevara Regalado		Tiempo:		30 min	
			Hora de inicio:		8:00 a. m.	
Asistentes						
N°	Nombres y Apellidos	Area y/o Puesto	DNI	Firma		
1	Joel Nato Acosta	Gerente de Producción	15742336			
2	Johnny Quispe Bernabé	Jefe de Mantenimiento	19083796			
3	Jenny Salinas Castillo	Jefe de Administración y Finanzas	15735583			
4	Jesús Saldarriaga Palacios	Supervisor de Calidad	61522318			
5	Verónica Camones Meza	Supervisor de Producción	71643232			
6	Edward Núñez León	Jefe de Nutrición y Calidad	15727281			
7	Cesar Pérez Garro	Jefe de Planta	41606045			
8	César Torres Lluen	Operario de planta	76293618			
9	Alex Julca Saavedra	Operario de planta	48038761			
10	Carlos Olivos Huilca	Operario de planta	43953023			
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia	Operario de planta	76533679			
12	Manuel Salazar Barreto	Operario de planta	72691952			
13	Anderson Segovia Edquen	Operario de planta	75063183			
14	Antony Tuanama Pizango	Operario de planta	46985905			

NALTECH Nutritional Technologies		REGISTRO DE CAPACITACIÓN				Código NSAC-RC-05		
RAZÓN SOCIAL				DOMICILIO		RUC		
Naltech SAC				Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú		20530611681		
TIPO	<input type="checkbox"/>	Charla	TEMAS	<input type="checkbox"/>	Seguridad en el Trabajo	DIRIGIDO	<input checked="" type="checkbox"/>	Gerencia/jefes
	<input type="checkbox"/>	Inducción		<input type="checkbox"/>	Salud Ocupacional		<input checked="" type="checkbox"/>	Supervisores
	<input checked="" type="checkbox"/>	Capacitación		<input type="checkbox"/>	Medio Ambiente		<input checked="" type="checkbox"/>	Colaboradores
	<input type="checkbox"/>	Simulacros		<input type="checkbox"/>	Calidad		<input type="checkbox"/>	Comité SST
	<input type="checkbox"/>	Otros		<input checked="" type="checkbox"/>	Otros Procesos		<input checked="" type="checkbox"/>	Otros
Tema:		Casos de éxitos de Manufactura Celular				Fecha: 14/05/2021		
Nombre del capacitador:		José Gabriel Guevara Regalado				Tiempo: 30 min		
						Hora de inicio: 8:00 a. m.		
Asistentes								
Nº	Nombres y Apellidos		Area y/o Puesto		DNI	Firma		
1	Joel Nato Acosta		Gerente de Producción		15742336			
2	Johnny Quispe Bernabé		Jefe de Mantenimiento		19083796			
3	Jenny Salinas Castillo		Jefe de Administración y Finanzas		15735583			
4	Jesús Saldarriaga Palacios		Supervisor de Calidad		61522318			
5	Verónica Camones Meza		Supervisor de Producción		71643232			
6	Edward Núñez León		Jefe de Nutrición y Calidad		15727281			
7	Cesar Pérez Garro		Jefe de Planta		41606045			
8	César Torres Lluen		Operario de planta		76293618			
9	Alex Julca Saavedra		Operario de planta		48038761			
10	Carlos Olivos Huilca		Operario de planta		43953023			
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia		Operario de planta		76533679			
12	Manuel Salazar Barreto		Operario de planta		72691952			
13	Anderson Segovia Edquen		Operario de planta		75063183			
14	Antony Tuanama Pizango		Operario de planta		46985905			

Anexo H. Registro de capacitaciones de 5S'

NALTECH Nutritional Technologies		REGISTRO DE CAPACITACIÓN			Código	
RAZÓN SOCIAL		DOMICILIO			NSAC-RC-06	
Naltech SAC		Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú			RUC	
20530611681						
TIPO	Charla	TEMAS	Seguridad en el Trabajo	DIRIGIDO	X	Gerencia/jefes
	Inducción		Salud Ocupacional		X	Supervisores
	X Capacitación		Medio Ambiente		X	Colaboradores
	Simulacros		Calidad			Comité SST
	Otros		X Otros Procesos		X	Otros
Tema:		Importancia de las 5S y la 1S: Clasificar			Fecha:	29/05/2021
Nombre del capacitador:		José Gabriel Guevara		Tiempo:	30 min	
Regalado				Hora de inicio:	8:00 a. m.	
Asistentes						
Nº	Nombres y Apellidos	Area y/o Puesto	DNI	Firma		
1	Joel Nato Acosta	Gerente de Producción	15742336			
2	Johnny Quispe Bernabé	Jefe de Mantenimiento	19083796			
3	Jenny Salinas Castillo	Jefe de Administración y Finanzas	15735583			
4	Jesús Saldarriaga Palacios	Supervisor de Calidad	61522318			
5	Verónica Camones Meza	Supervisor de Producción	71643232			
6	Edward Núñez León	Jefe de Nutrición y Calidad	15727281			
7	Cesar Pérez Garro	Jefe de Planta	41606045			
8	César Torres Lluen	Operario de planta	76293618			
9	Alex Julca Saavedra	Operario de planta	48038761			
10	Carlos Olivos Huilca	Operario de planta	43953023			
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia	Operario de planta	76533679			
12	Manuel Salazar Barreto	Operario de planta	72691952			
13	Anderson Segovia Edquen	Operario de planta	75063183			
14	Antony Tuanama Pizango	Operario de planta	46985905			

<b>NALTECH</b> <small>Nutritional Technologies</small>		<b>REGISTRO DE CAPACITACIÓN</b>			<b>Código</b> NSAC-RC-07	
<b>RAZÓN SOCIAL</b>		<b>DOMICILIO</b>			<b>RUC</b>	
Naltech SAC		Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú			20530611681	
<b>TIPO</b>		Charla		Seguridad en el Trabajo	<b>DIRIGIDO</b> X	Gerencia/jefes
		Inducción		Salud Ocupacional	X	Supervisores
	X	Capacitación		Medio Ambiente	X	Colaboradores
		Simulacros		Calidad		Comité SST
		Otros	X	Otros Procesos	X	Otros
<b>Tema:</b>	2S: Ordenar, 3S: Limpiar, 4S: Estandarizar y 5S: Disciplina				<b>Fecha:</b>	31/05/2021
<b>Nombre del capacitador:</b>	José Gabriel Guevara Regalado				<b>Tiempo:</b>	30 min
					<b>Hora de inicio:</b>	8:00 a. m.
<b>Asistentes</b>						
<b>Nº</b>	<b>Nombres y Apellidos</b>		<b>Área y/o Puesto</b>	<b>DNI</b>	<b>Firma</b>	
1	Joel Nato Acosta		Gerente de Producción	15742336		
2	Johnny Quispe Bernabé		Jefe de Mantenimiento	19083796		
3	Jenny Salinas Castillo		Jefe de Administración y Finanzas	15735583		
4	Jesús Saldarriaga Palacios		Supervisor de Calidad	61522318		
5	Verónica Camones Meza		Supervisor de Producción	71643232		
6	Edward Núñez León		Jefe de Nutrición y Calidad	15727281		
7	Cesar Pérez Garro		Jefe de Planta	41606045		
8	César Torres Lluen		Operario de planta	76293618		
9	Alex Julca Saavedra		Operario de planta	48038761		
10	Carlos Olivos Huillca		Operario de planta	43953023		
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia		Operario de planta	76533679		
12	Manuel Salazar Barreto		Operario de planta	72691952		
13	Anderson Segovia Edquen		Operario de planta	75063183		
14	Antony Tuanama Pizango		Operario de planta	46985905		

<b>NALTECH</b> National Technologies				<b>REGISTRO DE CAPACITACIÓN</b>				<b>Código</b>	
<b>RAZÓN SOCIAL</b>				<b>DOMICILIO</b>				NSAC-RC-08	
Naltech SAC				Av. La Encalada Nro. 1420, Santiago de Surco, Lima, Perú				<b>RUC</b>	
								20530611681	
<b>TIPO</b>		Charla	<b>TEMAS</b>		Seguridad en el Trabajo	<b>DIRIGIDO</b>	X	Gerencia/jefes	
		Inducción			Salud Ocupacional		X	Supervisores	
	X	Capacitación			Medio Ambiente		X	Colaboradores	
		Simulacros			Calidad			Comité SST	
		Otros		X	Otros Procesos		X	Otros	
<b>Tema:</b>		Retroalimentación de las 5S'				<b>Fecha:</b>		01/06/2021	
<b>Nombre del capacitador:</b>		José Gabriel Guevara Regalado				<b>Tiempo:</b>		30 min	
						<b>Hora de inicio:</b>		8:00 a. m.	
<b>Asistentes</b>									
<b>Nº</b>	<b>Nombres y Apellidos</b>		<b>Area y/o Puesto</b>		<b>DNI</b>	<b>Firma</b>			
1	Joel Nato Acosta		Gerente de Producción		15742336				
2	Johnny Quispe Bernabé		Jefe de Mantenimiento		19083796				
3	Jenny Salinas Castillo		Jefe de Administración y Finanzas		15735583				
4	Jesús Saldarriaga Palacios		Supervisor de Calidad		61522318				
5	Verónica Camones Meza		Supervisor de Producción		71643232				
6	Edward Núñez León		Jefe de Nutrición y Calidad		15727281				
7	Cesar Pérez Garro		Jefe de Planta		41606045				
8	César Torres Lluen		Operario de planta		76293618				
9	Alex Julca Saavedra		Operario de planta		48038761				
10	Carlos Olivos Huilca		Operario de planta		43953023				
11	Carlos Leonardo Olivos Tapia		Operario de planta		76533679				
12	Manuel Salazar Barreto		Operario de planta		72691952				
13	Anderson Segovia Edquen		Operario de planta		75063183				
14	Antony Tuanama Pizango		Operario de planta		46985905				

## Anexo I. Cálculo del NVA y WIP mejorado del proceso productivo

### a) Armar Batch y Mezclar:

$$NVA_1 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{26 * 1740}{81000} = 0.56 \text{ días}$$

$$WIP_1 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_1 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{2600} * \left( 1740 - \frac{1}{26} * (1740) \right) \right] = 10 \text{ toneladas}$$

### b) Pre-molienda y molienda refinada:

$$NVA_2 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{7 * 2600}{81000} = 0.32 \text{ días}$$

$$\%V = \frac{\sum \text{Tiempo ciclo}}{\sum \text{Tiempo ciclo acumulado}} = \frac{8706.7}{21400} = 41\%$$

$$WIP_2 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right] * \%V$$

$$WIP_2 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{2600} * \left( 1740 - \frac{1}{10} * (4340) \right) \right] * 41\% = 6 \text{ toneladas}$$

### c) Extrusión y secado:

$$NVA_3 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{6 * 2273.33}{81000} = 0.17 \text{ días}$$

$$WIP_3 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_3 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{2600} * \left( 1740 - \frac{1}{13} * (6613.33) \right) \right] = 14 \text{ toneladas}$$

**d) Engrasado y empaque:**

$$NVA_4 = \frac{\text{Inventario} * T_C}{T_d} = \frac{14 * 2093.33}{81000} = 0.36 \text{ días}$$

$$WIP_4 = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} * \left( C_i - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

$$WIP_4 = 26 * \left[ 1 - \frac{1}{2600} * \left( 1740 - \frac{1}{14} * (8706.7) \right) \right] = 15 \text{ toneladas}$$