

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PUCP**

**PROPUESTA DE MEJORA EN UNA EMPRESA DE  
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS POR  
INYECCIÓN Y SOPLADO**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Industrial**

**AUTORAS:**

Sigüeñas Sánchez, Sandy Evelyn

Valverde Ynga, Lilia Alexandra

**ASESOR:**

Ing. José Alan Rau Álvarez

Lima, Mes, Año

## RESUMEN

El presente trabajo surge ya que la empresa en análisis, dedicada a la fabricación de productos plásticos, desea cubrir la demanda insatisfecha y reducir los problemas de seguridad e higiene en el trabajo encontrados.

Por tal motivo es que haciendo uso del Diagrama de Ishikawa o de Causa-Efecto, así como de ponderación de factores se identificaron las causas principales. Los procesos productivos no están estandarizados, no existe una óptima distribución de la planta, así como una ausencia de orden en las zonas de trabajo. Además, hay demoras en las operaciones de secado e inyección, accidentes e incidentes de trabajo y falta de capacitación de los operarios.

Por lo tanto, se plantea primero la puesta en marcha de la metodología 5S junto al estudio de métodos y tiempos para tener áreas de trabajo más ordenadas y un flujo productivo continuo. Como segunda propuesta se plantea la creación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo con el que se evitaría el pago de sanciones por incumplimiento, además de conseguir buenas condiciones laborales para los operarios. Y como tercera y última propuesta, se plantea realizar una redistribución de planta para obtener un mínimo recorrido y óptimo flujo. Sobre este diseño de planta se propone, de manera adicional, la aplicación de un sistema integrado de automatización industrial para reducir la carga laboral e incrementar la capacidad productiva de la planta.

Después de determinar las propuestas de mejora, se realiza la evaluación económica, para ello se tomó en consideración diversos factores como el ahorro generado por: Implementar las metodologías, evitar sanciones y/o multas por incumplimiento, disminución del número de incidentes o accidentes, reducción del tiempo en encontrar herramientas, realizar limpieza correspondiente a las zonas, y eliminar traslados repetitivos. Para el cálculo de las salidas de dinero, los egresos, se consideró el capital requerido para hacer la inversión por la compra de nueva maquinaria y equipos, así como los gastos que hizo la empresa en materiales para realizar el orden y limpieza de la planta, instalación y mantenimiento, capacitaciones al personal y otros gastos diversos.

Finalmente, al realizar la evaluación económica, se obtiene como resultado que, con la primera propuesta (implementación de la metodología 5S junto al estudio de métodos y tiempos), se obtuvo un VAN de S/. 29,562.96 y un TIR del 40%. Con la segunda propuesta (creación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo), se obtuvo un VAN de S/. 8,607.81 y un TIR del 44%. Y de la tercera y última propuesta, se obtuvo para la redistribución de planta un VAN de S/. 377,493.06 y un TIR del 438%; con el adiconamiento del sistema integrado de automatización industrial un VAN de S/. 721,202.59 y un TIR del 210%. Cada una de estas propuestas son viables y factibles, dado que, las cifras del VAN son mayores a cero y las TIR son mayores al rendimiento esperado por la empresa (COK).

## DEDICATORIA

*A mis padres, Raúl y Lilia, por el esfuerzo y sacrificio que realizaron para que pueda culminar mis estudios y por brindarme la confianza y apoyo en el transcurso de toda mi carrera.*

*A mis abuelos, Bernardino y Lusdina, por brindarme comprensión, paciencia y acogirme en su casa en el transcurso de esta etapa de mi vida.*

*A mi compañera de tesis, Sandy, su familia y a nuestro asesor, el Ingeniero Rau, por el apoyo y aliento en la realización de este trabajo.*

**Lilia Alexandra Valverde Ynga**

*Este trabajo va dedicado a mi motor y motivo, mis padres, María Elena y Humberto, por la inmensa confianza que depositaron en mí y porque me apoyaron incondicionalmente en cada etapa de mi vida, enseñándome que con mucho esfuerzo y dedicación nuestros sueños pueden ser alcanzados.*

*A mis hermanos, Leidy, Omar y Katherine, quienes fueron mi ejemplo a seguir, y los que me enseñaron que lo más importante es la familia y debemos cuidarnos mutuamente porque somos uno.*

*A mi asesor, el Ing. José Rau, por la bondad, paciencia y buen acompañamiento desde la idea inicial de este trabajo hasta su culminación.*

*A mi gran amiga y compañera de Tesis, a Lilia, por su constante motivación, alegría y empeño en cada etapa de la carrera universitaria y en este tan importante trabajo.*

**Sandy Evelyn Sigüeñas Sánchez**

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO</b>	<b>2</b>
1.1 Herramienta de mejora de Manufactura Esbelta	2
1.1.2 5S	2
1.2 Estudio de Métodos	5
1.2.1 Herramientas para el estudio de métodos	6
1.3 Estudio de Tiempos	12
1.3.1 Tiempo normal	13
1.3.2 Suplementos	13
1.4 Distribución de planta	14
1.4.1 Objetivos de una distribución física	14
1.4.2 Tipos de distribución	14
1.4.3 Factores que afectan la distribución	14
1.4.4 Planeamiento Sistemático para la distribución de planta	16
1.5 Automatización Industrial	19
1.5.1 Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización	20
1.6 Seguridad y salud ocupacional	23
1.6.1 Seguridad y salud en el trabajo	23
1.6.2 Accidente de Trabajo	23
1.6.3 Peligro	23
1.6.4 Evaluación de riesgos	24
1.6.5 Riesgos Laborales	24
<b>CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA</b>	<b>28</b>
2.1 Reseña histórica de la empresa	28
2.1.1 Sector y actividad económica	28
2.1.2 Perfil de la empresa	28
2.1.3 Organización de la Empresa	29
2.2 Descripción de los productos	29
2.3 Descripción del proceso productivo para bidones	30
2.4 Infraestructura de la Planta	34

2.4.1	Tipo de Maquinaria	35
2.4.2	Tipo de Distribución	35
<b>CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>		<b>36</b>
3.1	Selección del proceso crítico	36
3.1.1	Selección del área crítica como objeto de estudio	36
3.2	Diagnóstico de la situación actual	48
3.2.1.	Justificación de problemas	48
3.2.2	Lluvia de Ideas	54
3.2.3	Diagrama de Causa – Efecto	55
3.3	Problemas observados vs herramientas a utilizarse	76
<b>CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA</b>		<b>78</b>
4.1	Aplicación de las 5S	78
4.1.1	Organización y planeación inicial del proyecto	79
4.1.2	Propuesta de la implementación y construcción de las 5S	85
4.2	Aplicación del estudio de Tiempos y Métodos	106
4.2.1	Estudio de Métodos	106
4.2.2	Estudio de Tiempos	112
4.3	Distribución de planta	116
4.3.1	Pronósticos	116
4.3.2	Balance de línea	118
4.3.4	Layout de bloques unitarios	121
4.3.5	Requerimiento de espacios	122
4.3.6	Localización de la planta industrial	123
4.3.7	Diseño de la Distribución	125
4.3.7	Análisis y selección de alternativas de distribución	128
4.3.8	Análisis de Alternativas	129
4.3.9	Conclusiones de la Distribución de Planta	129
4.4	Seguridad y Salud en el Trabajo	130
4.4.1	Diagnóstico de la Situación Actual	130
4.4.2	Definición de la Política	132
4.4.3	Planificación y Organización	133
4.4.4	Control operativo	135
4.4.5	Documentación	140
4.5	Automatización Industrial	141
4.5.1	Operaciones susceptibles a ser automatizadas	141
4.5.2	Plan general de automatización	142

4.5.3	Instrumentación	147
4.5.4	Plan de Integración	165
	Sistema de Comunicaciones	168
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO</b>	<b>170</b>
5.1	Determinación del COK	170
5.2	Evaluación económica de la implementación de las 5S, estudio de métodos y tiempos	171
5.2.1	Costos para las mejoras	171
5.2.2	Cálculo del ahorro en H-H	172
5.2.3	Flujo de caja para las mejoras	173
5.3	Evaluación económica de la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo	175
5.3.1	Costos de implementar medidas y materiales por SST	175
5.3.2	Cálculo del ahorro por implementación	176
5.3.3	Flujo de caja del SGSST	177
5.4	Evaluación económica de las alternativas de distribución de planta y automatización industrial	177
5.4.1	Costos para las propuestas de distribución de planta	177
5.4.2	Cálculo de los ingresos	178
5.4.3	Flujo de caja para la implementación de las distribuciones de planta	179
<b>CAPÍTULO 6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>181</b>
6.1	Conclusiones	181
6.2	Recomendaciones	182
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>184</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>188</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Preguntas para el paso de Examinar .....	11
Tabla 2: Preguntas para el paso de Idear .....	11
Tabla 3: Dimensiones de bidones .....	30
Tabla 4: Tipos de productos - Línea Hogar .....	30
Tabla 5: Tipos de productos - Línea Comercial.....	30
Tabla 6: Ponderación de Criterios de Área a Elegir .....	41
Tabla 7: Leyenda de Ponderación .....	41
Tabla 8: Porcentaje de cumplimiento por línea de producción. ....	43
Tabla 9: Cantidad de procesos involucrados por producto dentro de las líneas de producción .....	44
Tabla 10: Detalle de defectos por línea de producto. ....	45
Tabla 11: Incidentes y/o accidentes reportados al año .....	45
Tabla 12: Cantidad de paradas de máquina por línea de producto .....	46
Tabla 13: Valor de ponderación de cada factor.....	47
Tabla 14: Puntaje de las líneas de producción.....	48
Tabla 15: Puntaje de las líneas de producción.....	48
Tabla 16: Calculo de la Productividad.....	49
Tabla 17: Valor de ponderación de factores.....	52
Tabla 18: Puntaje de los problemas.....	53
Tabla 19: Valor de ponderación por cada factor .....	53
Tabla 20: Material .....	61
Tabla 21: Puntos de espera en el proceso productivo .....	64
Tabla 22: Análisis de ubicaciones de almacenaje para Materia Prima .....	66
Tabla 23: Análisis de ubicaciones de almacenaje para Producto Terminado .....	66
Tabla 24: Cambios en el material .....	68
Tabla 25: Cambios en la maquinaria.....	68
Tabla 26: Cambios en el personal .....	68
Tabla 27: Cambios en las Actividades Auxiliares .....	69
Tabla 28: Cuellos de botella en la línea de inspección.....	71
Tabla 29: Determinación de Suplementos .....	71
Tabla 30: Índice de Valoración.....	72
Tabla 31: Calculo del número de observaciones (Tamaño de la Muestra) .....	72
Tabla 32: Tabla para cálculo del número de operaciones .....	73
Tabla 33: Toma de tiempos para la bidón .....	73
Tabla 34: Problemas observados vs herramientas .....	76
Tabla 35: Matriz IPER.....	75
Tabla 36: Criterios de selección de áreas de trabajo .....	80
Tabla 37: Orden de aplicación de las 5S's.....	81
Tabla 38: Situación actual de secciones de trabajo. ....	83
Tabla 39: Detalle de la cantidad de etiquetas según áreas de trabajo .....	89
Tabla 40: Clasificación de necesidades de todas las áreas de trabajo.....	89
Tabla 41: Tabla de mantenimiento según las anomalías encontradas .....	94
Tabla 42: Ficha de conformidad de limpieza.....	95
Tabla 43: DAP de los procesos para la obtención de bidones .....	107
Tabla 44: Diagrama Bimanual de acabado .....	110

Tabla 45: Estudio de Tiempos Mejorado.....	113
Tabla 46: Tiempos Mejorados.....	114
Tabla 47: DAP Mejorado.....	115
Tabla 48: Cálculo de errores para Bidón de 1 galón .....	116
Tabla 49: Cálculo de errores para Bidón de 2 galones .....	116
Tabla 50: Cálculo de errores para Bidón de 3 galones .....	116
Tabla 51: Cálculo de errores para Bidón de mango delgado 5 galones .....	116
Tabla 52: Cálculo de errores para Bidón de mango grueso 5 galones .....	117
Tabla 53: Cálculo de errores para Bidón de 6 galones .....	117
Tabla 54: Cálculo de errores para Bidón de 10 galones.....	117
Tabla 55: Demanda proyectada de Línea Industrial.....	117
Tabla 56: Número de máquinas necesarias para la línea industrial .....	118
Tabla 57: Número de máquinas necesarias para la línea industrial .....	122
Tabla 58: Método Guerchet .....	122
Tabla 59: Ponderación de factores - distritos .....	125
Tabla 60: Cálculo de área requerida .....	125
Tabla 61: Ponderación de factores - alternativas .....	128
Tabla 62: Ventajas y desventajas de alternativas .....	128
Tabla 63: Cronograma de implementación .....	129
Tabla 64: Simulación de Multas .....	131
Tabla 65: Principales Peligros.....	134
Tabla 66: Nivel de Riesgo – Manipulación de plástico caliente .....	135
Tabla 67: Inversión inicial por medidas de seguridad en zona sopladoras.....	136
Tabla 68: Nivel de Riesgo – Manipulación de material corto punzante .....	137
Tabla 69: Inversión inicial por medidas de seguridad para cuchillas .....	137
Tabla 70: Nivel de Riesgo – Contacto con electricidad .....	138
Tabla 71: Inversión inicial por medidas de seguridad para el molinero .....	138
Tabla 72: Especificaciones del motor eléctrico. ....	150
Tabla 73: Especificaciones faja transportadora.....	150
Tabla 74: Especificaciones faja transportadora.....	151
Tabla 75: Especificaciones del sensor fotoeléctrico. ....	152
Tabla 76: Especificaciones del Controlador PLC. ....	154
Tabla 77: Especificaciones Faja. ....	155
Tabla 78: Especificaciones Sistema de Empuje.....	156
Tabla 79: Especificaciones sensor.....	157
Tabla 80: Descripción máquina de embalaje. ....	158
Tabla 81: Especificaciones Transportador de Rodillos.....	159
Tabla 82: Especificaciones Transportador de Rodillos.....	160
Tabla 83: Especificaciones etiquetadora automática. ....	161
Tabla 84: Sensor Fotoeléctrico. ....	163
Tabla 85: Especificaciones de Sensor Lioneye.....	164
Tabla 86: Descripción Lector Código de Barras.....	165
Tabla 87: Costos por tipo de pago de la propuesta de mejora .....	172
Tabla 88: Cálculo de H-H.....	172
Tabla 89: Cálculo de ahorro mensual .....	173
Tabla 90: Flujo de caja para la mejora de procesos y 5S.....	174
Tabla 91: Costos por tipo de pago por SGSST .....	175
Tabla 92: Costos anuales estimados por accidentes de trabajo.....	176



Tabla 93: Flujo de caja implementación SGSST .....	177
Tabla 94: Costos de distribución de planta 1 .....	178
Tabla 95: Costos de distribución de planta 2 .....	178
Tabla 96: Pronóstico de ingresos (periodo 2018 - 2022) 1.....	179
Tabla 97: Pronóstico de ingresos (periodo 2018 - 2022) 2.....	179
Tabla 98: Flujo de caja 1- Solo distribución de planta .....	180
Tabla 99: Flujo de caja 2- Distribución de planta y automatización industrial .....	180



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujo de elementos según la S Seiri.	3
Figura 2: Síntesis del proceso de las 5S	5
Figura 3: Gráficos del Estudio de Métodos	7
Figura 4: Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME	8
Figura 5: Diagrama de Recorrido.	9
Figura 6: Diagrama Bimanual	10
Figura 7: Suplementos	13
Figura 8: Esquema del Planeamiento Sistemático de Distribución	17
Figura 9: Etapas PSD	17
Figura 10: Relación de actividades	18
Figura 11: Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización	20
Figura 12: Interacción entre fases	22
Figura 13: Diagrama de Ishiwaka Fuente: Ishikawa (1997)	25
Figura 14: Hoja de verificación Fuente: Ishikawa (1976).	26
Figura 15: Organigrama de la empresa de plásticos.	29
Figura 16: DOP del proceso productivo de bidones	33
Figura 17: Layout actual de la empresa	34
Figura 18: Flujo del Proceso de Compras	37
Figura 19: Flujo del Proceso de Almacenamiento	37
Figura 20: Flujo del Proceso de Transporte	38
Figura 21: Flujo del Proceso de Ventas	40
Figura 22: Cantidad Producida en 2016 y 2017 por línea de producto.	42
Figura 23: Diagrama Pareto - Utilidad Perdida	47
Figura 24: Productividad en el año 2017	49
Figura 25: Porcentaje de cumplimiento de la producción	50
Figura 26: Cuadro estadístico de accidentes e incidentes en Línea Industrial	51
Figura 27: Plazo de entrega retrasados durante el año 2017	52
Figura 28: Ponderación de problemas	53
Figura 29: Diagrama de Causa-Efecto del primer problema	56
Figura 30: Diagrama de Causa-Efecto del segundo problema	57
Figura 31: Causas fundamentales	58
Figura 32: Defectos registrados en Línea Industrial	59
Figura 33: Diagrama de recorrido	64
Figura 34: Diagrama de Actividades del Proceso	65
Figura 35: Estructura del comité.	81
Figura 36: Cronograma de Implementación 5S's	86
Figura 37: Etiquetas de control	88
Figura 38: Estanterías etiquetadas.	90
Figura 39: Herramientas organizada y lugar etiquetado.	90
Figura 40: Señalización de suelo	91
Figura 41: Máquina de inyección	92
Figura 42: Máquina sopladora	92
Figura 43: Vista lateral de máquina de inyección	93
Figura 44: Máquina sopladora	93

Figura 45: Tablero de Control y Seguimiento de la implementación de las 5S's	98
Figura 46: Programa de Aplicación de 5S's.	99
Figura 47: Lista de verificación de Auditoría.	100
Figura 48: Resultado Auditorías.	101
Figura 49: Inicio y Fin de acción en almacén de materia prima	102
Figura 50: Inicio y Fin de acción en almacén de productos terminados	102
Figura 51: Inicio y Fin de acción en área de molineros	103
Figura 52: Inicio y Fin de acción en área de secado	103
Figura 53: Inicio y Fin de acción en área de pigmentación	104
Figura 54: Inicio y Fin de acción en área de inyectado	104
Figura 55: Inicio y Fin de acción en área de embalaje	105
Figura 56: Inicio y Fin de acción en área de soploras	105
Figura 57: Inicio y Fin de acción en área de acabado	106
Figura 58: Apilado de 4x3x4 de bidones	111
Figura 59: TRA (números)	119
Figura 60: TRA (letras)	120
Figura 61: Diagrama relacional de actividades	121
Figura 62: Diagrama relacional de actividades	121
Figura 63: Alternativa 1 de diseño de distribución de planta	126
Figura 64: Alternativa 2 de diseño de distribución de planta	127
Figura 65: Alternativa 3 de diseño de distribución de planta	127
Figura 66: Señalización y Luminaria en nueva distribución	139
Figura 67: silla ergonómica para zona de soploras	140
Figura 68: Máquina mezcladora para pigmento	143
Figura 69: Esquema del plan de automatización para el área de Pigmentado	143
Figura 70: Etiqueta código de barras	144
Figura 71: Lector código de barras	144
Figura 72: Mecanismo de empuje.	145
Figura 73: Sistema de Embalaje.	145
Figura 74: Esquema del proceso de embalaje y etiquetado	146
Figura 75: Diagrama de la automatización en los procesos de embalaje y etiquetado	146
Figura 76: Sensor de Carga de medio Puente.	147
Figura 77: Especificaciones del sensor de peso	147
Figura 78: Máquina Mezcladora de Pigmentos.	148
Figura 79: Especificaciones de la Máquina mezcladora.	148
Figura 80: Motor Eléctrico.	149
Figura 81: Faja transportadora.	150
Figura 82: Rodillos verticales.	151
Figura 83: Sensor Fotoeléctrico.	152
Figura 84: Controlador Siemens.	153
Figura 85: Guangzhou 2/4/6/10M.	154
Figura 86: Sistema de empuje.	156
Figura 87: Sensor Fotoeléctrico de Barrera.	156
Figura 88: Máquina embalaje.	158
Figura 89: Transportador de Rodillos.	159
Figura 90: Transportador de Rodillos.	160
Figura 91: Máquina etiquetadora automática.	161

Figura 92: Sensor Fotoeléctrico	163
Figura 93: Sensor Lioneye 2.	163
Figura 94: HP ENVY 34 Curved all-in-one	166
Figura 95: Motorola MOSCAD-M	167
Figura 96: Instrumento virtual creado en labVIEW	168
Figura 97: HMI Proceso de Etiquetado	169



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Medio de transporte utilizados en la empresa.....	188
Anexo 2: Problemas dentro de las áreas de la empresa.....	188
Anexo 3: Ventas mensuales por líneas de producto.....	190
Anexo 4: Cumplimiento del plan de producción.....	192
Anexo 5: Defectos de productos finales.....	193
Anexo 6: Detalle de accidentes e incidentes de trabajo 2016 y 2017.....	194
Anexo 7: Defectos de paradas de máquinas.....	194
Anexo 8: Utilidades perdidas de productos finales.....	195
Anexo 9: Datos para el cálculo de la productividad.....	196
Anexo 10: Pedidos retrasados durante el 2017.....	198
Anexo 11: Criterios de valorización de la matriz IPER.....	198
Anexo 12: Clasificación de los elementos encontrados en todas las áreas de trabajo.....	199
Anexo 13: Plan de limpieza, ajuste, inspección y lubricación.....	203
Anexo 14: Demanda Anual por tipo de producto: Periodo 2013 - 2017.....	203
Anexo 15: Método de Regresión Lineal.....	204
Anexo 16: Método Exponencial.....	208
Anexo 17: Método Exponencial con Tendencia.....	211
Anexo 18: Balance de la Línea Industrial.....	215
Anexo 19: Diagrama multiproducto.....	216
Anexo 20: Gráfico de Trayectorias.....	217
Anexo 21: Algoritmo de Francis.....	217
Anexo 22: Inversión total en Automatización.....	220

# INTRODUCCIÓN

Una de las áreas de mayor importancia dentro de las empresas manufactureras es la de producción, ya que su función principal es crear un producto de calidad y con un costo conveniente, generando así ganancias a la compañía. Mejorar los procesos productivos dentro de las compañías es fundamental para la recuperación del capital invertido así como para ser competitivos dentro de un mercado exigente. Por ello, es de interés de la empresa en mención identificar cuáles son las oportunidades de mejora de tal modo que luego de implementarlos se logre cumplir con las metas de producción y requerimientos de los clientes externos.

El propósito de la tesis presentada es el de elaborar un análisis del sistema de producción de una planta de elaboración de productos plásticos mediante inyección y soplado. Se utilizarán conceptos propios de Ingeniería Industrial, para poder identificar cuáles son los problemas primordiales dentro de la planta y sus causas raíces, las cuales pueden servir como base para aplicaciones futuras dentro de otras compañías dedicadas a la producción de plásticos.

En el primer capítulo se presenta el Marco Teórico donde se muestran diversos conceptos resaltando una de las metodologías de Lean Manufacturing - 5S, Estudio de Métodos y Tiempos y Distribución de Plantas.

En el segundo capítulo se realiza una descripción general de la empresa. En donde se hará mención de sus productos, proveedores, clientes, así como de su proceso productivo.

En el tercer capítulo se analiza la situación actual de la empresa y se realiza un diagnóstico de la misma, para identificar los problemas y necesidades dentro de la planta.

En el cuarto capítulo se presentan las propuestas de mejora en base al estudio previo realizado, desarrollando las herramientas y metodologías descritas en el Marco Teórico, teniendo como meta generar valor a los procesos productivos y generando una mayor productividad.

En el quinto capítulo se presenta la evaluación económica de cada una de las propuestas de mejora para determinar la viabilidad técnica de llevarlas a cabo según los criterios económicos usados como son el VAN y la TIR.

En el último capítulo, se muestran tanto las conclusiones como las recomendaciones del trabajo presentado.

# **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

En el presente capítulo se definen las herramientas de metodología de Manufactura Esbelta (5S), así como los conceptos del Estudio de Métodos y Tiempos, Distribución de planta, Automatización y Seguridad Industrial que servirán de base para las propuestas de mejoras.

## **1.1 Herramienta de mejora de Manufactura Esbelta**

La Manufactura Esbelta, según Rey: “Es la agrupación de varias herramientas enfocadas tanto en las personas como en el valor agregado. La finalidad de estas herramientas es eliminar los desperdicios y los procesos que no agregan importancia o relevancia a los diversos procesos dentro de una empresa. Con su aplicación se logrará mejorar la manera de llevar a cabo las actividades de trabajo y cumpliendo con los objetivos planteados inicialmente, alineados siempre al bienestar del trabajador” (2010).

A continuación, se describirá la herramienta de Manufactura Esbelta que utilizaremos:

### **1.1.2 5S**

La metodología de las 5S, según Rey (2010), “es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden, limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos tanto a nivel individual como grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas y equipos y la productividad”.

Dentro de los objetivos contemplados en esta herramienta, se encuentran los siguientes:

- Acondicionamiento óptimo en cuanto a limpieza y orden para los ambientes de trabajo, conlleva a obtener un ambiente laboral agradable para los operarios.
- Reducción de tiempos innecesarios tras encontrar cada elemento usado en las operaciones diarias, en su respectiva ubicación, dando paso a que las actividades se realicen con más fluidez.
- Mitigar las fuentes y situaciones de peligro, y eliminar los actos inseguros, obteniendo mejores condiciones de Seguridad.

Según Rey (2010), “los cinco principios japoneses, cuyos nombres comienzan con S, van todos en la dirección de conseguir una fábrica limpia y ordenada”.

**a) Seiri (Organizar y Separar)**

Esta S, consiste en realizar una completa organización de los elementos de trabajo, separar lo que es utilizado y aquello que ya no, para finalmente clasificarlos (ver figura 1). Por otro lado, según Rey (2005), “esta clasificación establece normas que permite trabajar en las máquinas y equipos sin contratiempos. El objetivo es el de conservar el progreso alcanzado y desarrollar un plan de acción que garantice la sostenibilidad y que ayude a mejorar”. Además, según Liker (2003), “al haber sólo los elementos necesarios en las zonas de trabajo, se optimizan espacios y se trabaja con mayor productividad”.

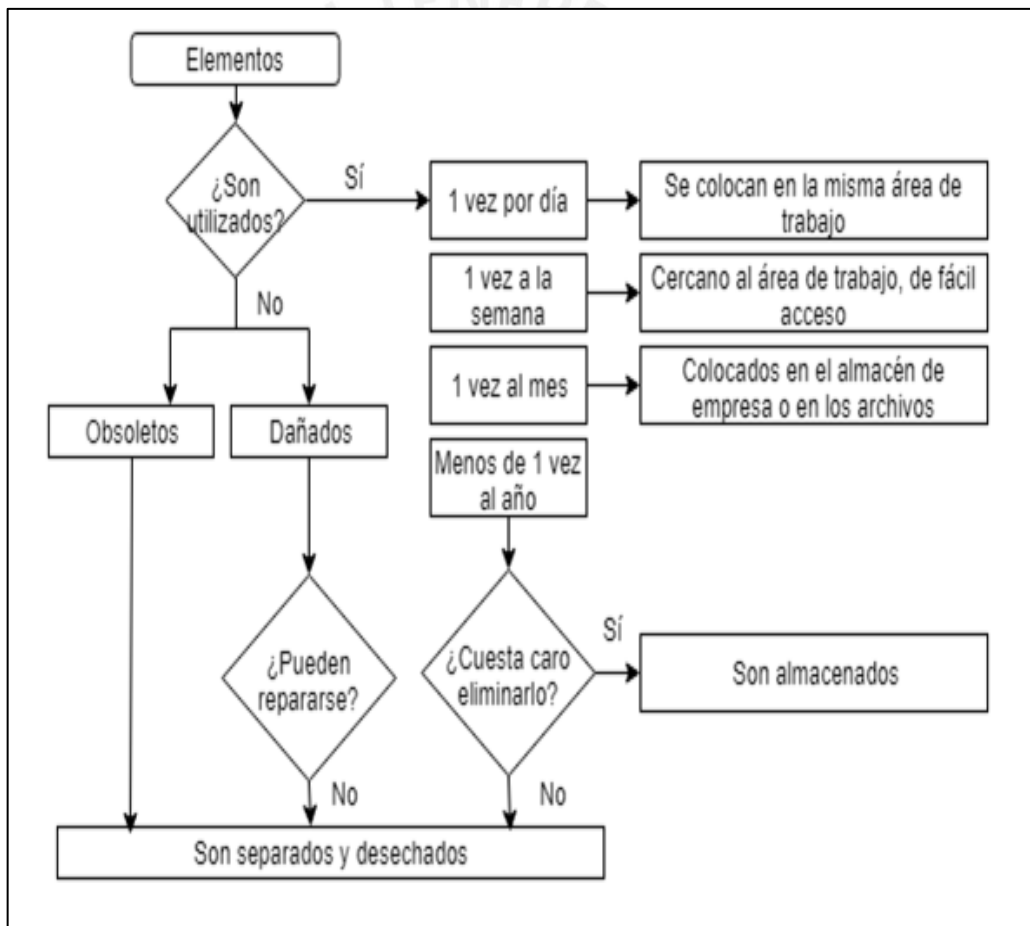


Figura 1: Flujo de elementos según la S Seiri.  
Fuente: Rey (2005)



### **b) Seiton (Orden)**

“Se desecha lo que no es utilizado y se establecen reglas de orden para cada elemento-herramienta, las cuales se colocan en un lugar visible por todos, de modo que a futuro la práctica de la mejora sea de forma permanente” (Rey, 2005).

De acuerdo a lo descrito por Hernández y Vizán (2013), “la implementación del Seiton implica delimitar cada zona de trabajo, así como los espacios de paso, evitando la duplicación, siguiendo el parámetro de que cada cosa debe estar en su lugar, y debe haber un espacio para cada cosa”.

### **c) Seiso (Limpiar)**

Como lo indica Rey: “Seiso se trata de llevar a cabo una primera limpieza con el objetivo de que el operario se familiarice con su estación de trabajo, maquinaria, herramientas y equipos bajo su responsabilidad e identifique, junto a un responsable, cuáles son los focos de suciedad” (2005).

Esta etapa “al conservar el espacio de trabajo aseado, se prolonga la vida útil de la maquinaria, además de tener una mejoría en su operatividad” (Liker, 2003).

### **d) Seiketsu (Estandarizar-Mantenimiento)**

Seiketsu, la cuarta S, según Hernández y Vizán (2013), “logra consolidar los objetivos luego de realizar los pasos anteriores, ya que sistematizar lo conseguido asegura efectos sostenibles en el tiempo. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo”. Esta S consiste según Rey (2005), “en diferenciar de manera fácil una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos”.

### **e) Shitsuke (Disciplina)**

Acorde a Hernández y Vizán (2013), esta S “tiene como fin volver hábito la realización de los métodos estandarizados y asumirla como parte de las operaciones cotidianas. Shitsuke, está ligada a una cultura de autorrealización y disciplina constante para la perduración de todos los puntos de la metodología 5S”.

Esta fase, según Rey (2005), “consiste en seguir estrictamente las reglas, realizando la auto-inspección de manera cotidiana. Se requerirá de autocontrol y seguimiento

para lograr su cumplimiento, Por ello, también será necesario elaborar una retroalimentación y una serie de auditorías bajo la supervisión de la Gerencia Alta”.

La figura 2, se muestra una síntesis del proceso de las 5S.

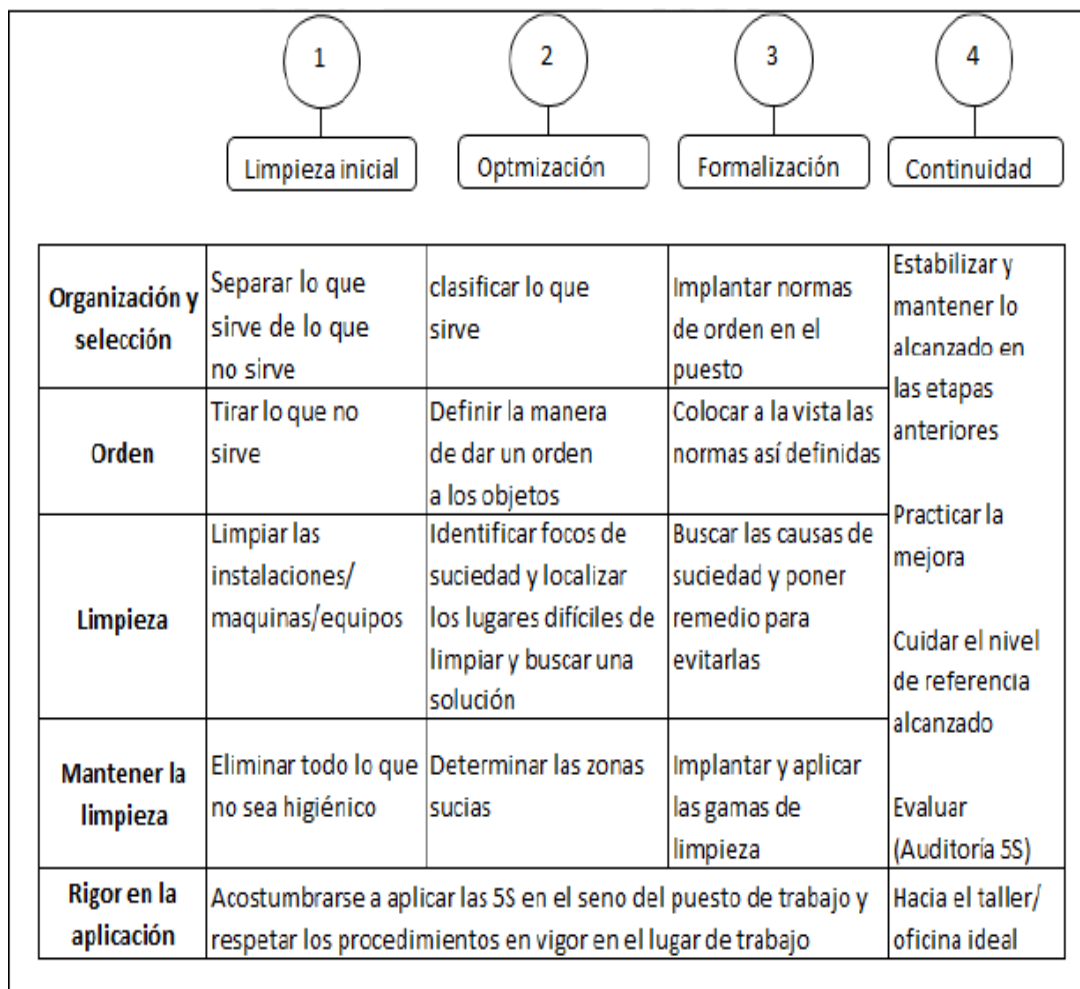


Figura 2: Síntesis del proceso de las 5S  
Fuente: Rey (2005)

## 1.2 Estudio de Métodos

Como lo explica Salazar (2016), “una de las técnicas principales del Estudio del trabajo es el de Métodos, ya que esta herramienta abarca primero lo más general dentro del sistema productivo para luego proceder a detallarlo, en otras palabras, primero el proceso para luego llegar a la operación”. Además, según Niebel y Freivalds (2009), “el objetivo principal del Estudio de Métodos es utilizar métodos sencillos y eficientes para aumentar la productividad y fiabilidad en la seguridad de los productos y disminuir el costo unitario, permitiendo que se generen una mayor

cantidad de productos terminados, así como servicios de calidad para abarcar más clientes”.

### **1.2.1 Herramientas para el estudio de métodos**

Se debe seguir siete procedimientos básicos para la realización del Estudio de Métodos que incluye las siguientes operaciones detalladas a continuación.

#### **a) Seleccionar**

De acuerdo con Salazar (2016), “a pesar de que las operaciones dentro del sistema de producción son vulnerables a ser elegidas para el estudio, se debe seleccionar el criterio a tomar”. Esta selección se realiza teniendo en cuenta diferentes factores en los que García (2005) resalta como principales:

- Factor humano: “Implica que los trabajos que poseen mayor riesgo de accidentes son los que requieren la mejoría del método primero”.
- Factor económico: “Se debe dar prioridad a las actividades que representen un porcentaje elevado dentro del costo del producto final. De igual manera, se debe seleccionar entre estos, las operaciones de mayor duración, repetición y que ocupen máquinas de mayor valor, ya que, por el ahorro generado por ellos en conjunto, se conseguirá un resultado significativo”.
- Factor funcional del trabajo: “Por último, se elegirán las operaciones que representan “cuellos de botella” y demoran al resto de la producción”.

#### **b) Registrar**

Después de elegir el trabajo que se va a estudiar, se realiza la documentación del método actual. “Para poder aplicar los registros se debe diferenciar entre los conceptos de dato e información. Los datos son descritos de manera objetiva y no son susceptibles a suposiciones erradas. A contrario de la información que es subjetiva y se pueden formular diferentes suposiciones” (OIT, 1996).

Según lo explicado por la OIT (1996), “previo al levantamiento y registro la información, se establece el alcance requerido, la planificación, el método y la organización de las operaciones a realizar con las personas a cargo del área de estudio y aquellas personas de quienes se obtendrá la información”.

Para esta operación se utilizarán las herramientas más comunes que son los gráficos y diagramas (ver figura 3).

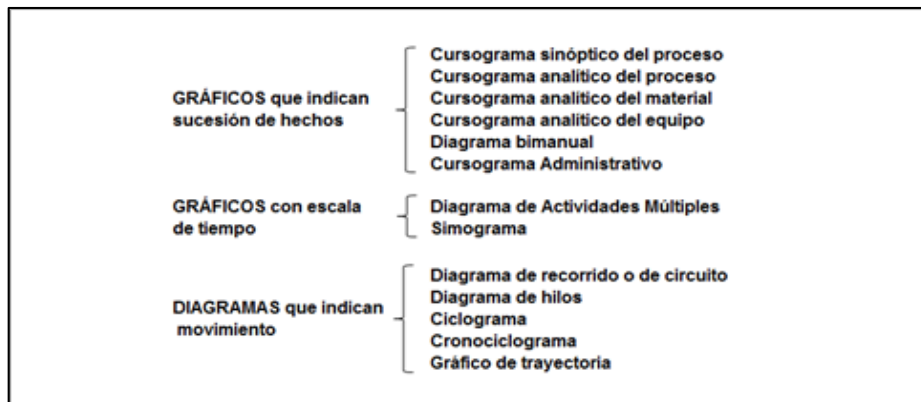


Figura 3: Gráficos del Estudio de Métodos  
Fuente: OIT (1996)

Se explicará los que serán utilizados en este trabajo:

- **Diagrama de Análisis de Procesos (DAP):** Según la OIT (1996), “El DAP, también llamado cursograma sinóptico del proceso, es un diagrama que muestra una visión general del flujo de los procesos a través símbolos que simulan las actividades de producción que pueden ser: Espera o demora, operación, transporte, inspección y almacenamiento”. En la figura 4 se observa el conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME.

Cada una de las actividades serán detalladas, según Salazar (2016):

- ✓ Operación: “Representa las etapas primordiales del proceso productivo en el que la materia es transformada”.
- ✓ Inspección: “Representa la revisión de calidad y cantidad de producto en proceso y si este cumple con los parámetros preestablecidos por la necesidad del cliente”.
- ✓ Transporte: “Representa el traslado tanto de los elementos para la producción como de los operarios de una estación a otra. No se considera transporte cuando la materia se localiza a menos de un metro de donde se efectúa el proceso productivo”.





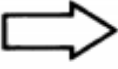










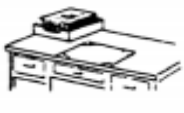



<b>Operación</b>  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
<b>Transporte</b>  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
<b>Almacenamiento</b>  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
<b>Retrasos</b>  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
<b>Inspección</b>  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 4: Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME

Fuente: Niebel y Freivalds (2009)

- ✓ Demora: “Se presenta cuando el flujo de trabajo no permite la ejecución rápida de la siguiente acción establecida dentro del procedimiento. Esta se puede evitar como no. Por ejemplo, puede ser una actividad en suspensión entre dos trabajos sucesivos, o abandono del operario o de cualquier objeto, que no se encuentre registrado, hasta que se requiera para la operación”.
- ✓ Almacenamiento: “Representa aprovisionamiento del producto en proceso en espera de una siguiente acción que puede ser definitiva o provisional”.
- **Diagrama de Recorrido (DR):** Según la Organización Internacional del Trabajo (1996), “este diagrama está representado por un layout de la planta donde se lleva a cabo el proceso productivo por analizar, donde se observan secuencialmente las actividades según su tipo. El mayor objetivo de este diagrama es la visualización directa de los traslados de los elementos, observar sus puntos de demora, con el fin de mejorar el desplazamiento de ellos”. (Ver figura 5).

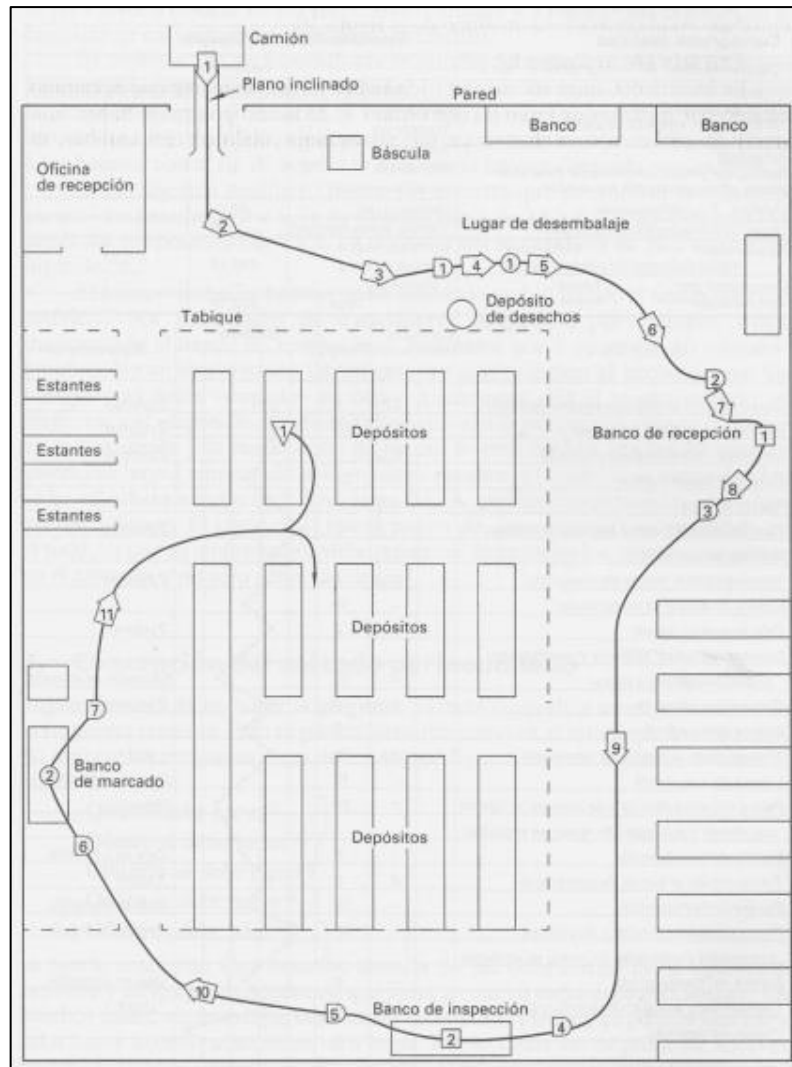


Figura 5: Diagrama de Recorrido.  
Fuente: OIT 1996

- **Diagrama Bimanual:** García (2005) explica que “este diagrama detalla cada actividad hecha por las manos de los trabajadores en sus respectivas estaciones. Los símbolos usados son similares a los del Diagrama de Análisis de Procesos”. (Ver figura 6).

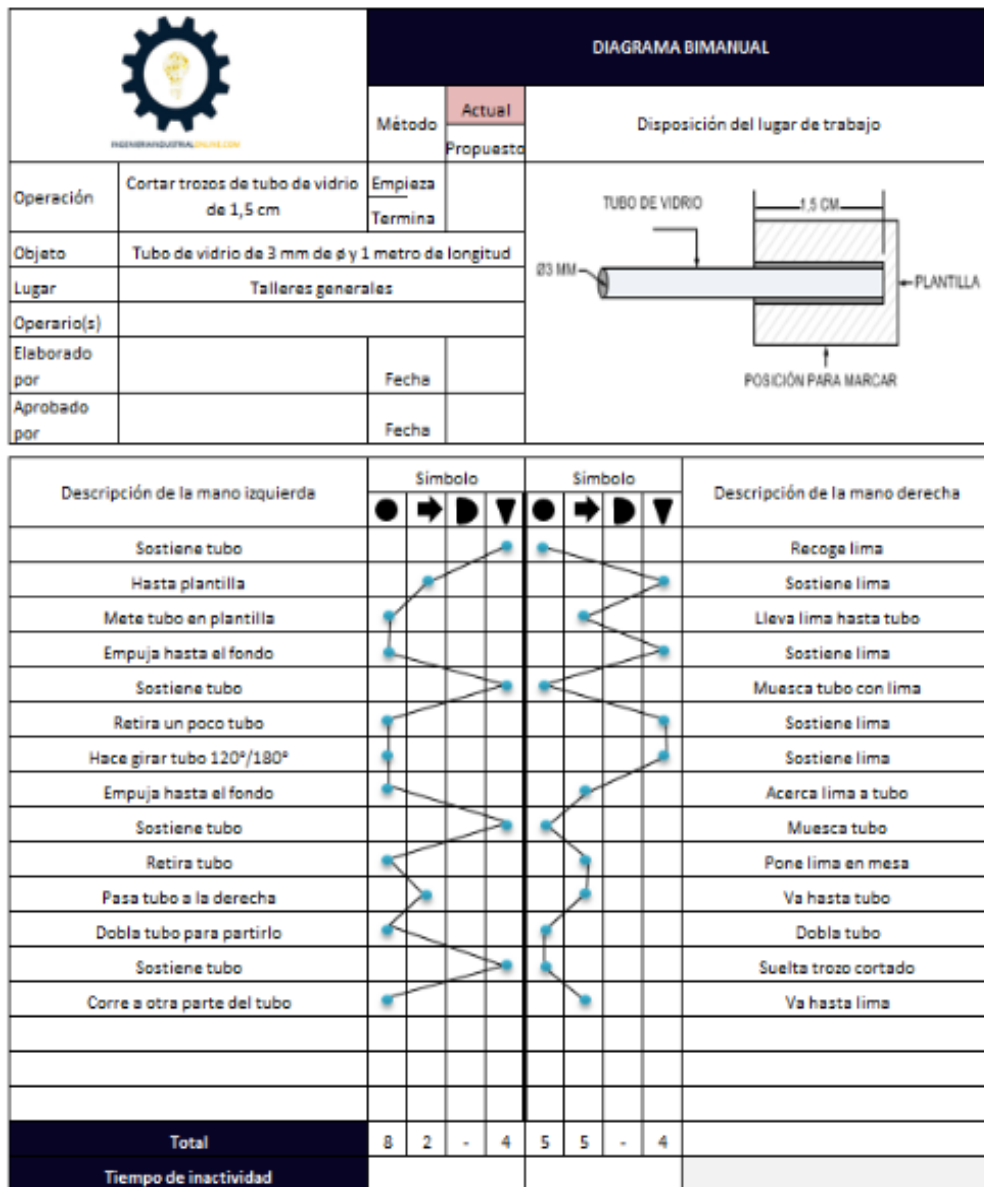


Figura 6: Diagrama Bimanual  
Fuente: Salazar (2014)

### c) Examinar

En Examinar, según lo detallado por la Organización Internacional del Trabajo “se reconoce y observa la información obtenida previamente. Siendo así, se elabora un check list de preguntas, en las cuales se cuestiona el espacio, secuencia, las personas, así como las herramientas usadas” (1998). Dichos cuestionamientos, son mostrados en la en la tabla 1.

Tabla 1: Preguntas para el paso de Examinar

Según	Preguntas Preliminares: EXAMINAR	Objeto
El propósito de la actividad	1. ¿Qué se hace? 2. ¿Por qué se hace?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
El lugar donde se ejecuta	5. ¿Dónde lo hace? 6. ¿Por qué lo hace en ese lugar?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia	9. ¿Cuándo se hace? 10. ¿Por qué se hace en ese momento?	
La persona que la realiza	13. ¿Quién lo hace? 14. ¿Por qué lo hace esa persona?	
Los medios utilizados	17. ¿Cómo se hace? 18. ¿Por qué se hace de ese modo?	Simplificar el trabajo

Fuente: Salazar (2016)

**d) Idear**

En Idear, según García (2005), “se procede a elaborar las Preguntas de Fondo, en las que se debate lo que en realidad es prioritario realizar y cómo es su manera de llevarse a cabo”. Según Salazar (2016), estos cuestionamientos, son mostrados en la tabla 2.

Tabla 2: Preguntas para el paso de Idear

Según	Preguntas de Fondo: IDEAR	Objeto
El propósito de la actividad	3. ¿Qué podría hacerse? 4. ¿Qué debería hacerse?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
El lugar donde se ejecuta	7. ¿Dónde podría hacerse? 8. ¿Dónde debería hacerse?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia	11. ¿Cuándo podría hacerse? 12. ¿Cuándo debería hacerse?	
La persona que la realiza	15. ¿Quién podría hacerlo? 16. ¿Quién debería hacerlo?	
Los medios utilizados	19. ¿Cómo podría hacerse? 20. ¿Cómo debería hacerse?	Simplificar el trabajo

Fuente: Salazar (2016)



En Idear, se da la generación de supuestos iniciales de propuesta de mejoría para las operaciones, tomando en consideración las diversas alternativas presentes.

#### **e) Definir**

En Definir, según la Organización Internacional del Trabajo, “el método propuesto será descrito con el mayor de los detalles, los cuales pueden ser requeridos a futuro. Se deberá comunicar a todas las personas de cada nivel de la planta y su modo de explicación deberá ser de fácil comprensión para poder ser implementado correctamente en cada actividad de producción” (1996). Siendo así, será necesario la utilización de una Hoja de Procedimientos, que contenga la siguiente información:

- Elementos, máquinas, utensilios requeridos y el modo de trabajar.
- Procedimiento detallado y flujo de los materiales.
- Bosquejo o mapa de la ubicación adecuada de cada elemento, máquina, etc.

#### **f) Implantar**

Según la Organización Internacional del Trabajo: “Implantar, es de primordial importancia dentro del Estudio ya que, de la colaboración de los distintos niveles, desde la Alta Gerencia y su aprobación, a los operarios de producción y su aceptación y ejecución, depende el triunfo de cada mejora implementada” (1996).

#### **g) Mantener**

Según lo mencionado por la OIT: “Para mantener el método propuesto es necesario hacer un seguimiento por parte del supervisor hacia las personas a su cargo, manteniendo una actitud muy observadora. Entre los efectos positivos encontrados está el de la reducción de tiempos de las operaciones de trabajo, elaboración de bienes o servicios de mayor calidad, hacer un uso eficiente de los recursos productivos, estar alineados al cuidado del medio ambiente; entre otros más” (1996).

### **1.3 Estudio de Tiempos**

“El Estudio de Tiempo tiene por objetivo saber cuál es el tiempo utilizado en una tarea. Para ello, se anotan en una escala de tiempo y haciendo uso de un cronómetro cuánto tarda cada actividad realizada por un operario a un ritmo normal, con experiencia y conocimiento previo” (Niebel, 2004).

### 1.3.1 Tiempo normal

Este tiempo, es la multiplicación del tiempo promedio observado de la muestra por el factor de la calificación de la velocidad del operario:

$$\text{Tiempo normal (T.N)} = \text{T.P.O.} \times \text{F.V}$$

Dónde:

T.N. = Tiempo Normal

T.P.O. = Tiempo Promedio Observado

F.V. = Factor de valoración de Velocidad

### 1.3.2 Suplementos

“Los suplementos para breves descansos, debido al cansancio normal, forman parte primordial dentro del tiempo estándar” (OIT, 1996). La figura 7 muestra cómo es la relación de los suplementos fijos, por descanso, de contingencia, los especiales, y por política de la planta.

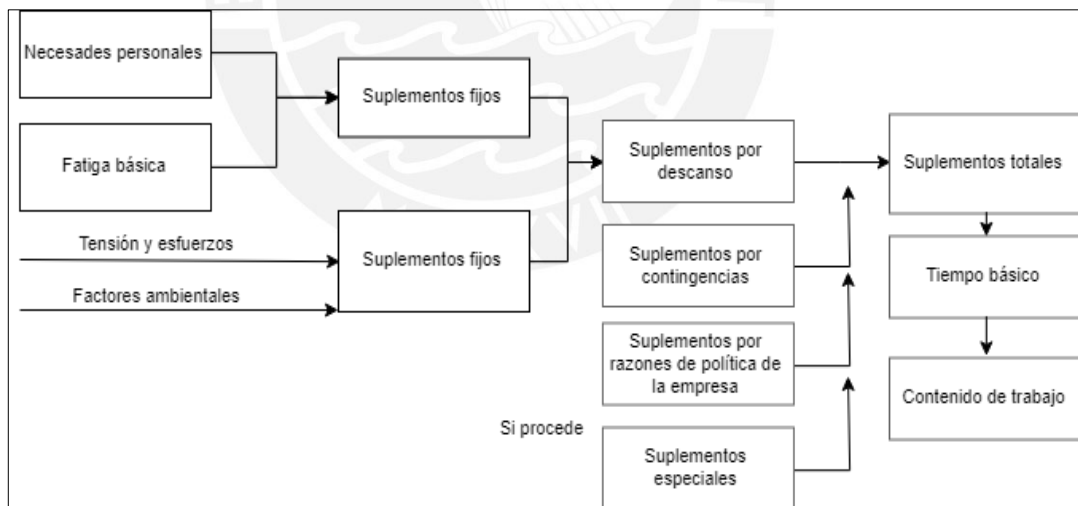


Figura 7: Suplementos  
Fuente: Organización Internacional del Trabajo (1996)

### 1.3.3 Tiempo estándar

“Para una determinada operación, el tiempo estándar es el tiempo que se demora en llevarla a cabo bajo parámetros normales” (OIT, 1996). Para su cálculo se multiplica el tiempo normal multiplicado por 1 más los suplementos:

$$T.E.=T.N.x(1+S)$$

Dónde:

T.N. = Tiempo Normal

T.E. = Tiempo Estándar

S = Suplementos

## **1.4 Distribución de planta**

Según lo descrito por Muther (1970): “La distribución de la planta consiste en acomodar de manera óptima cada factor productivo generando un ambiente seguro, con una utilización eficiente de las zonas de trabajo, logrando cumplir con las metas deseadas a un inicio satisfactoriamente y de modo económico”.

### **1.4.1 Objetivos de una distribución física**

Según Muther (1970), “el fin primordial de la distribución de planta es encontrar un orden adecuado de los ambientes de trabajo, herramientas, y maquinarias, que sea la menos costosa, así como la más confiable en cuanto a seguridad, salud y bienestar para los operarios de planta, además de elevar los índices de productividad, el ahorro en cuanto los materiales y al tiempo de producción. Todo ello conllevaría a tener una mejor supervisión”.

### **1.4.2 Tipos de distribución**

Entre los principales tipos de distribución existente, según Muther (1970), “están aquellas dirigida a procesos, enfocada a bienes o productos, o por posición fija”.

### **1.4.3 Factores que afectan la distribución**

Según Muther (1970) “en la distribución de planta, se necesita contemplar 8 factores principales”, los cuales son mostrados a continuación:

#### **a) Factor Material:**

“Dentro del estudio, este es el factor primordial, ya que la materia es transformada hasta obtener los requerimientos o parámetros deseados. Dentro de los materiales se puede mencionar al producto primo, los auxiliares, en proceso, así como los terminados, las mermas, desechos y desperdicios” (Muther, 1970).

#### **b) Factor Maquinaria:**

Este es el segundo factor más importante según Muther (1970): “La información sobre la maquinaria (considerando a las herramientas y los equipos de procesos) es primordial para una adecuada distribución, y dentro de ella se incluyen a los utensilios o servicios adicionales, moldes, elementos especiales, montajes, entre otros más”.

#### **c) Factor Hombre:**

El factor hombre, según Muther (1970) “es más fácil de mover, transportar, además de que su trabajo puede ser repartido. Este puede aprenderse nuevos procesos y puede acoplarse dentro de varios tipos de distribuciones y para las necesarias operaciones”.

#### **d) Factor Movimiento:**

Tal cual es descrito “el factor manejo o movimiento, engloba el transporte inter o interdepartamental, así como el manejo de las diversas operaciones, almacenamientos e inspecciones Para la mayor parte de las industrias la forma en que el material es transportado – manejado o transportado – tiene una gran influencia sobre la distribución en planta. Los elementos y particularidades físicas del factor movimiento o manejo, incluyen el siguiente equipo: Rampas, conductos, tuberías, transportadores, grúas, ascensores, montacargas, entre otros más” (Muther, 1970).

#### **e) Factor Espera:**

Muther (1970) menciona: “Cuando la distribución está correctamente planeada, los circuitos de flujo de material se reducen a un nivel. Cada vez que los productos ya sea materia, en proceso o terminado, son detenidos, estos generan un costo. Dentro de los costos de espera se incluye: Costes del manejo efectuado hacia el punto de espera y del mismo hacia la producción, Coste del manejo en el área de espera, coste de los registros necesarios para no perder de vista el material en espera, coste de espacio y gastos generales; entre otros más. El área de espera requerida depende principalmente de la cantidad de material y del método de almacenamiento”.

#### **f) Factor Servicio:**

En el libro de Distribución de Planta “por lo que a distribución se refiere, los servicios de una empresa son los elementos, actividades, así como las personas que ayudan en el proceso productivo. Los servicios permiten mantener y conservar en

operatividad a los trabajadores, elementos, y equipos. Estos servicios comprenden: 1) Servicios relativos al personal, referido a las vías de acceso, instalaciones para uso del personal, protección contra incendios, Oficinas; 2) Servicios referidos al material, los cuales son el control de calidad y de la producción, el control de mermas, desperdicios y rechazos y, por último, 3) Servicios relativos a la maquinaria, en el que figura el mantenimiento y la distribución de las líneas de servicios auxiliares” (Muther, 1970).

**g) Factor Edificio:**

En el factor 7, “este influirá en la distribución sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla. De aquí que las consideraciones de edificio se transformen en limitaciones de la libertad de acción del distribuidor. Por su misma cualidad de permanencia, el edificio crea una cierta rigidez en la distribución”. Los elementos o particularidades del factor edificio que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la distribución, son: Edificio de uso General o especial, su forma, ventanas, suelos, escaleras, montacargas, edificio de varios pisos o de uno, etc.” (Muther, 1970).

**h) Factor Cambio:**

Según lo descrito en el libro de Muther (1970) “el cambio es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se va haciendo cada día mayor. Por lo tanto, a pesar de planear nuevas distribuciones, se debe revisar constantemente las que se han establecido previamente. Entre los tipos de cambio se incluye: Cambios en los materiales (diseño del producto, materiales, demanda, variedad), cambios en la maquinaria (procesos y métodos), cambios en el personal (horas de trabajo, organización o supervisión, habilidades), cambios en las actividades auxiliares (manejo, almacenamiento, servicios, edificio) y por último cambios externos y limitaciones debidas a la instalación”.

#### **1.4.4 Planeamiento Sistemático para la distribución de planta**

Acorde a Díaz, Jarufe y Noriega (2007) “el planeamiento consiste en elaborar un mapa o estrategia para conseguir los objetivos planteados inicialmente. Este plan agrupa un conjunto de técnicas y etapas que posibilita la identificación, valoración y visualización de todas las actividades involucradas y las relaciones existentes entre ellas”. (Observar figura 8)

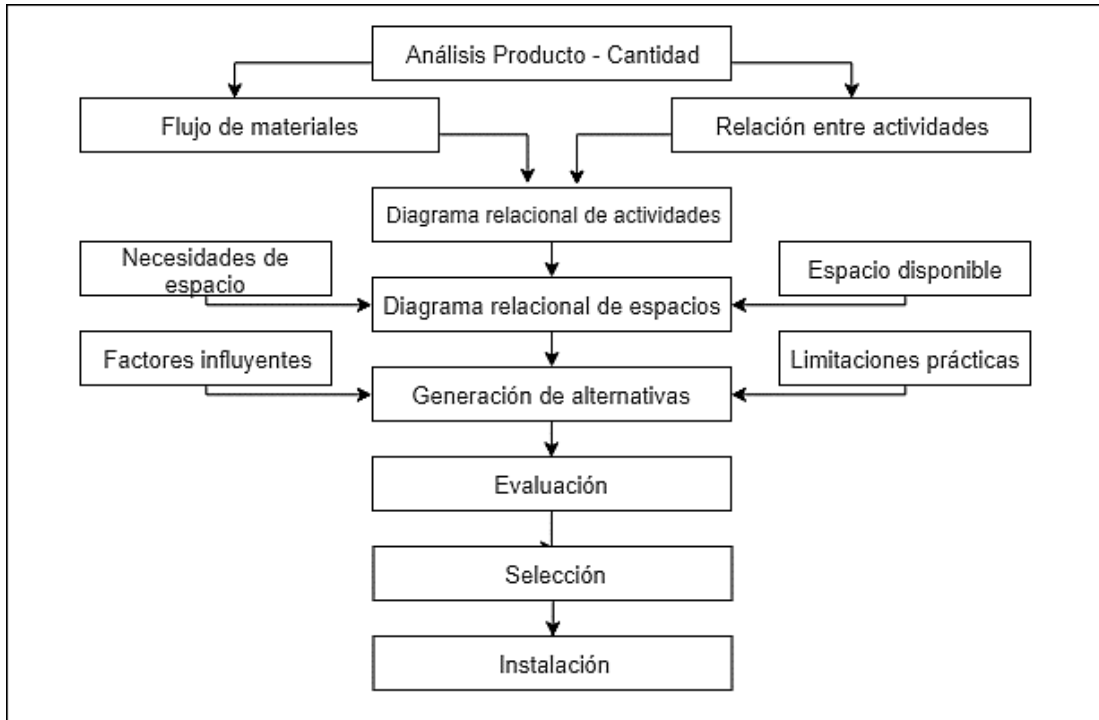


Figura 8: Esquema del Planeamiento Sistemático de Distribución  
Fuente: Muther (1977)

Para el levantamiento de los datos, existe un análisis de flujo, así como de relaciones, los cuales conllevan a obtener los diagramas de procesos necesarios, saber cuál es la relación entre las operaciones, armar el Layout de Bloques, el Diagrama Relacional de Espacios, así como el Plano Final. (Ver figura 9)

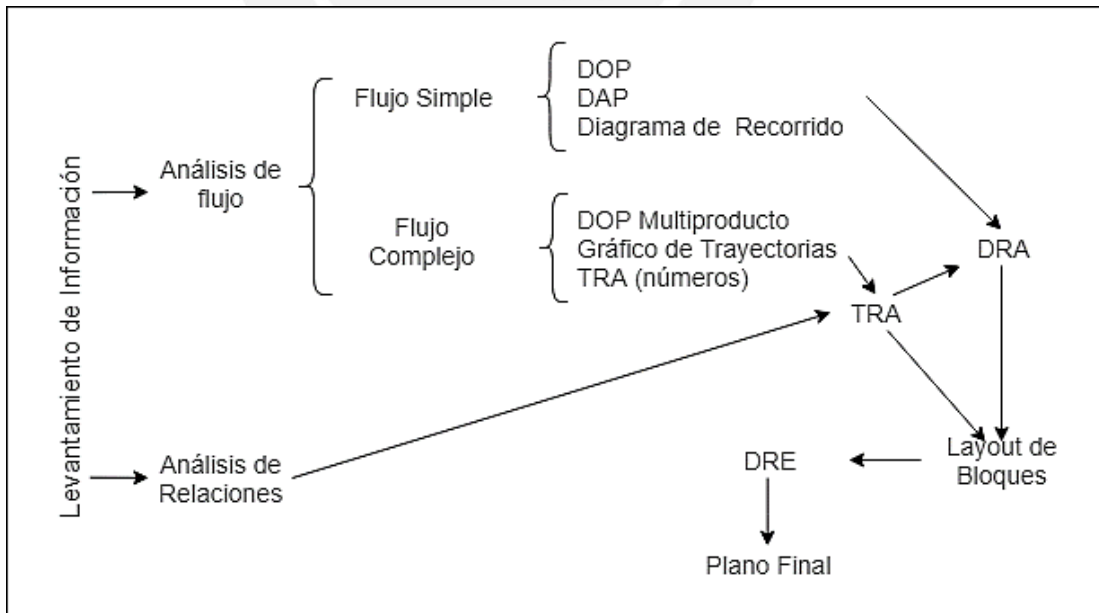


Figura 9: Etapas PSD  
Fuente: Muther (1977)

**a) Diagrama de flujo de proceso**

Dentro de los diagramas de flujos con mayor frecuencia de uso están el Diagrama de Análisis de procesos, así como el Diagrama de Recorrido. Estos sirven para entender el proceso o flujo productivo, conocer sus limitaciones como secuencias poco productivas y plantear posteriormente mejoras.

**b) Diagrama de relación de actividades (TRA)**

Este diagrama, “el TRA tiene por objeto establecer las relaciones importantes entre varias combinaciones de dos operaciones y por ejemplo, ver dónde tienen lugar los mayores movimientos de material” (Muther, 1970). (Observar la figura 10).

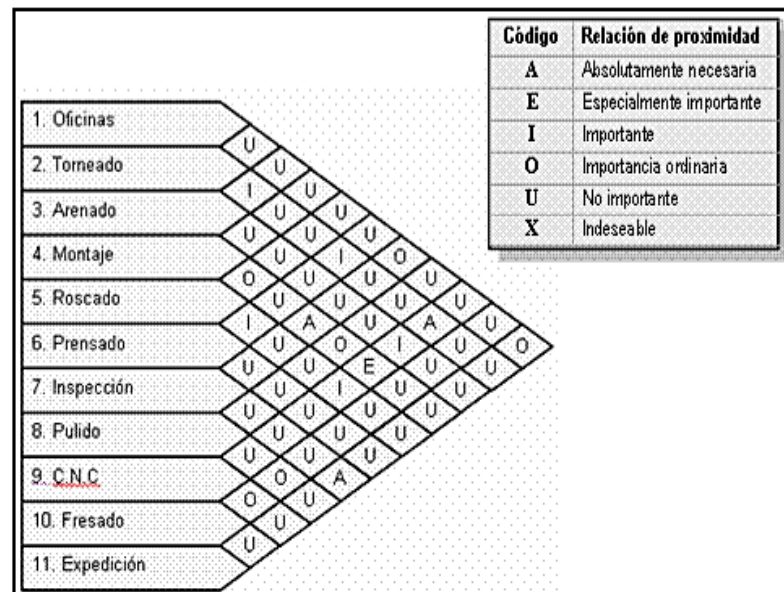


Figura 10: Relación de actividades  
Fuente: Meyers (2006)

**c) Layout de bloques unitarios**

“Se conoce por layout, a un esquema detallado del arreglo de todas las instalaciones de la planta. Este esquema facilita aterrizar las cercanías entre una y otra actividad, así como la relación que pueden tener entre zonas de trabajo” (Meyers, 2006).

**d) Cálculo de espacios**

Acorde a Meyers (2006): “Haciendo uso de la metodología de Guerchet, es calculado el tamaño requerido de cada área, de las maquinarias, de los ambientes administrativos, de las zonas de almacenamiento, y demás”.

- Espacio total requerido: “Es la suma de la superficie estática más la superficie gravitacional y la evolutiva”. Su fórmula es la siguiente:

$$S.T. = S.S. + S.G. + S.E.$$

- Superficie Estática (S.S.): “La superficie es el espacio métrico fijo mínimo, así la maquinaria esté trabajando o no lo esté. No toma en cuenta aquellos elementos móviles” (Meyers, 2006).

$$S. S. = ANCHO \times LARGO$$

- Superficie Gravitacional (S.G.): “Contempla toda el área necesaria con la máquina en funcionamiento”.

$$S. G. = \text{Número de frentes o lados de operación} \times S. S.$$

- Superficie Evolutiva (S. E.): “En la superficie evolutiva se incluye el movimiento de elementos, así como los espacios para pasillos. Siendo H.m. el espacio/altitud promedio de elementos móviles y H.f para los elementos fijos”.

$$S. E. = 0.5 \times (S. S. + S.G.) \times \left( \frac{h.m.}{h.f.} \right)$$

#### f) Diagrama relacional de espacios (DRE)

Según Muther (1970) “cuando ya se cuenta con el Layout, se da paso a elaborar el DRE, el cual incluye el dimensionamiento de cada zona o área de trabajo, ordenadas según un inicial ordenamiento tentativo”.

#### g) Distribución General en Conjunto (DGC)

Según Muther (1970) “como último paso se tiene el de elaborar los diseños para obtener la esperada distribución. El DGC, toma en cuenta a los condicionantes de las áreas, hace una evaluación del mejor flujo y de las necesidades de producción, estableciendo parámetros esenciales de circulación”.

## 1.5 Automatización Industrial

Según Moreno (1999), “la automatización de un proceso industrial, (máquina, conjunto o equipo industrial) consiste en la incorporación al mismo, de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen comportamiento. Históricamente, los objetivos de la automatización han sido el procurar la reducción de costes de fabricación, aumentar las unidades producidas, una calidad constante en los medios de producción, y liberar al ser humano de las tareas tediosas, peligrosas e insalubres”.



Además, el autor indica: “La tecnología de la automatización se centra en el conocimiento de los dispositivos tecnológicos utilizados en la implementación de los automatismos, tales como transductores, preaccionadores, dispositivos funcionales de aplicación específica (temporizadores, contadores, módulos secuenciadores etc.) y los dispositivos lógicos de control (autómatas programables industriales)” (Moreno, 1999).

### 1.5.1 Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización

En su libro, Ponsa y Granollers (2008) mencionan que “existen procesos complejos que se necesitan automatizar, por lo que implica que haya apoyo de todas o varias áreas de una empresa industrial”. Según estos autores, “la secuencia ordenada que se debe seguir es la mostrada en la Figura 11, donde cabe resaltar la función de los operarios en este esquema, dado que este realiza la transición de una a la que sigue, y al final el operario es quien está a cargo de realizar una iteración para volver a hacer el primer ciclo para incluir mejoras”.

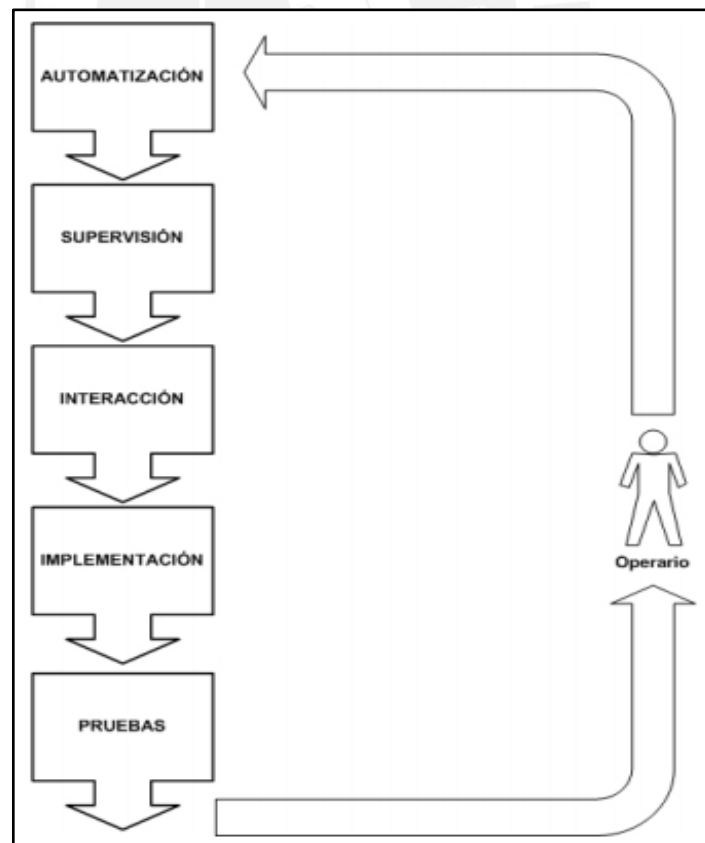


Figura 11: Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización  
Fuente: Ponsa y Granollers (2008)

### **a) Automatización**

En la Automatización, según el autor: “El estudio se enfoca a la construcción del método gráfico de sintaxis simple, el GRAFCET, cuyo acrónimo proviene de Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones, el cual está conformado por comandos que son tanto conciso o sucinto como potentes”. “Se procederá a la descripción funcional del automatismo o Nivel 1, en donde se considera cuáles son sus especificaciones de funcionamiento, y además se detalla qué acciones se van a realizar y qué elementos van a intervenir. En la descripción tecnológica o nivel 2, se enlista las especificaciones de los órganos operativos, así como el detalle de cada elemento de tecnología que va a intervenir. En la descripción operativa o nivel 3, se procede a especificar cada elemento, con cada distintivo propio de INPUTS y OUTPUTS y de relés que utilizará” (Ponsa y Granollers, 2008).

### **b) Supervisión**

Los pasos presentes dentro de la Supervisión, son los enlistados a continuación:

- “Recopilar la mayoría de especificaciones iniciales sobre el status en el que se encuentran los procesos o la maquinaria, acorde al conocimiento adquirido por el tiempo del operario a cargo de automatizar o de acuerdo a lo solicitado por el cliente”.
- “Establecer qué módulo se empleará dependiendo de lo complejo que pueden llegar a ser los problemas de producción, operatividad y Seguridad, y graficarlos”.
- “Por cada uno de los módulos se elaborará un GRAFCET parcial, donde estos se agrupan de manera modular y estructurada en uno generalizado”.
- “Los operarios vigilan el performance o desenvolvimiento del proceso actuando de manera automatizada, manteniendo una postura observadora ante la existencia de posibles irregularidades que provoquen una intervención”.

### **c) Interacción**

“En Automatización industrial, hay una gran variedad de dispositivos, que pertenecen al globo conocido como interacción persona- máquina (HMI human – machine). Los operarios deberán saber qué dispositivo se requiere y cuáles son los paneles adecuados o son los mejores para realizar mejoras” (Ponsa y Granollers, 2008).

#### d) Implementación

“En la Implementación, en la programación del automatismo es requerida la habilidad práctica del trabajador. Los puntos clave de esta fase es el de elegir qué lenguaje de programación se usará y el de traducir a dicho lenguaje el Gráfico Funcional de Control” (Ponsa y Granollers, 2008).

#### e) Pruebas

“En la fase de pruebas, el trabajador verificará cada parte del algoritmo, observar a detalle cómo evolucionó el proceso e interactuará a través del panel de control. Además, simulará situaciones caóticas para ver la manera en el que el sistema está respondiendo” (Ponsa y Granollers, 2008).

En la figura 12 se observa la interacción de las fases en secuencia de tal modo que se logró elaborar un trabajo de automatización con coherencia.

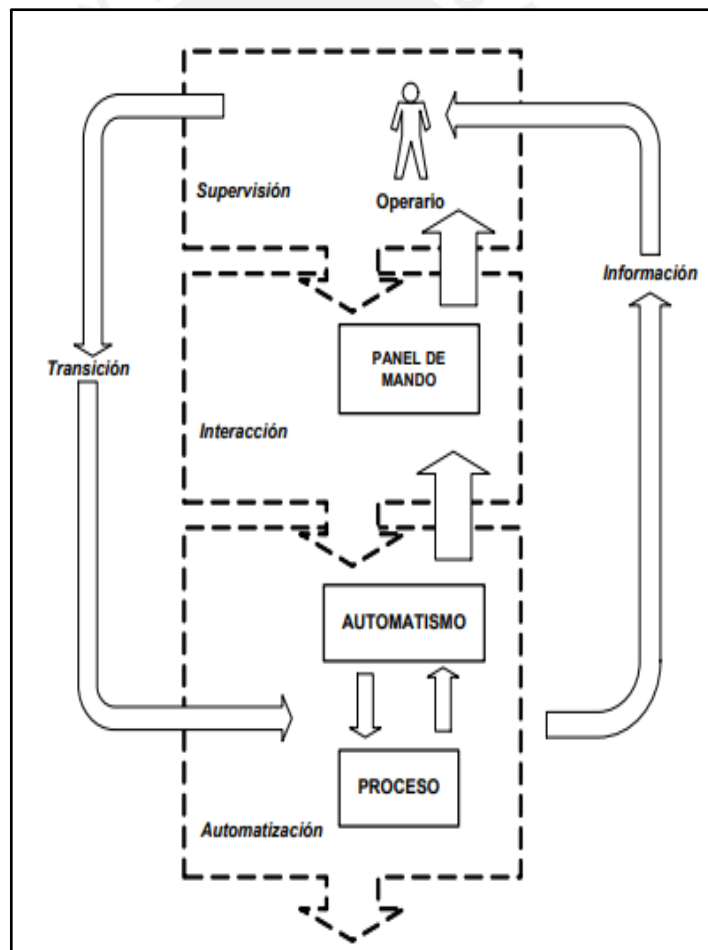


Figura 12: Interacción entre fases  
Fuente: Ponsa y Granollers (2008)

## **1.6 Seguridad y salud ocupacional**

La Seguridad y salud ocupacional tiene vital importancia dentro de todas las empresas de fabricación, y para entenderla a cabalidad se presentan los conceptos enlistados a continuación.

### **1.6.1 Seguridad y salud en el trabajo**

La seguridad y salud en el trabajo son las “condiciones y factores que afectan, o podrían afectar a la salud y la seguridad de los empleados o de otros trabajadores (incluyendo a los trabajadores temporales y personal contratado), visitantes o cualquier otra persona en el lugar de trabajo” (BSI, 2007), de modo que se considera a aquello que puede alterar la normalidad de las operaciones cotidianas dentro de la planta y sus trabajadores y personas externas.

“Un espacio será considerado que posee óptimas condiciones de seguridad si hay ausencia de condiciones inseguras y actos que afecten la integridad de los operarios y atenten contra la infraestructura de la planta” (BSI, 2007).

### **1.6.2 Accidente de Trabajo**

“Accidente de trabajo es un acontecimiento no deseado que resulta en daño físico a las personas, daño a la propiedad y/o pérdida en los procesos, que resulta del contacto con una sustancia o fuente de energía por sobre la resistencia del cuerpo o estructura. De este modo un incidente, es descrito como cualquier acontecimiento no deseado que bajo condiciones levemente diferentes pudo haber resultado en daño físico a las personas, daño a la propiedad y/o pérdida en los procesos” (Peña, 2007).

Hay diversas clases de accidentes clasificados según su ocurrencia: “Diversos resultados dentro de la secuencia del accidente, con base en varios factores. Ejemplos: golpeado por, contra, cogido en o entre, caída a un mismo nivel, a diferente nivel; resbaladura, sobreesfuerzo, contacto, inclinación. Adicionalmente se pueden considerar accidentes como heridas cortantes, quemaduras, contusiones, luxaciones, atricciones, fracturas, entre otros.” (Ramírez, 2005).

### **1.6.3 Peligro**

Se explica el término de peligro como “fuente o situación con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ambos” (Menéndez, 2009). De manera similar, según Hernández,

este concepto es “cualquier condición de la que se pueda esperar con certeza que cause lesiones o daños a la propiedad y/o al medio ambiente y es inherente a las cosas materiales (soluciones químicas) o equipos (aire comprimido, troqueladoras recipientes a presión, etc.), y se encuentra asociado de modo directo con una condición insegura” (2005).

En base a tales explicaciones, se comprende que “la situación de peligro establece una alta probabilidad de causar daño y/o accidentes, por lo que debe identificarse claramente la condición insegura que origina dicho peligro en particular, con la finalidad de aplicar las mejoras necesarias para reducir su probabilidad de ocurrencia y de riesgo asociado” (Hernández, 2005).

#### **1.6.4 Evaluación de riesgos**

“Esta fase de evaluación de riesgos, comprende dos periodos, el primero es el Análisis de Riesgos, el que se utiliza para reconocer qué peligro hay y entender a priori cuál sería su riesgo involucrado; y el segundo es del Valor asociado al Riesgo, en donde se conoce el grado de aceptación que posee y dependiendo cual sea este, se toman acciones enfocadas a aumentar el nivel de control en la fábrica y mitigar la posibilidad de que ocurran peligros potenciales” (Cortés, 2007).

#### **1.6.5 Riesgos Laborales**

De acuerdo a la OIT “los riesgos son una combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso peligroso con la gravedad de las lesiones o daños para la salud que pueda causar tal suceso; si este concepto se adecua para un espacio laboral, el peligro deberá ser considerado tales como los riesgos ergonómicos, y los riesgos físico-químicos, además también de sus posibles consecuencias (enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo)” (2001).

### **1.7 Herramientas para el Diagnóstico y Mejora Continua**

Acorde a Ishikawa, “hay 7 técnicas o herramientas fundamentales las cuales han tenido gran aceptación dentro de la adaptación de las actividades de mejoramiento de la calidad y usadas como base para el análisis y solución de problemas operativos en los más distintos contextos de una organización” (1976).

### 1.7.1 Diagrama de Pareto

Según Krajewski et alii (2000), “el Diagrama de Pareto es una técnica que divide a los pocos vitales de los muchos triviales. Es empleada para separar de manera gráfica los puntos significativos de un problema, de modo que los interesados conozcan a dónde direccionar sus esfuerzos para poder tener mejoras. Disminuir aquellos problemas fundamentales será de mayor utilidad, que mitigar aquellos problemas de menor tamaño o complejidad. En caso se tenga un problema con demasiadas causas, se puede expresar que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema”.

### 1.7.2 Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

Este diagrama, “es una herramienta gráfica de análisis utilizada para identificar las posibles causas de un problema y donde su estructura está conformada por una cadena de causas y efectos que se grafican en un diagrama con forma de espina de pescado” (Ishikawa, 1976). Para realizar la agrupación “es usual dividirla en 6 factores primordiales: Material, maquinaria, métodos, mano de obra, medio ambiente y métrica”. (Ver figura 13).

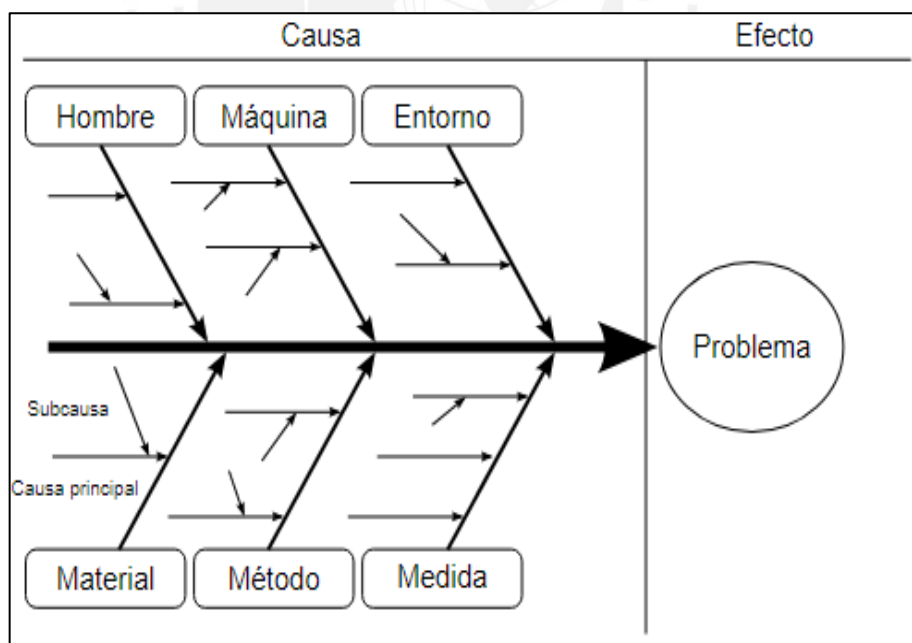


Figura 13: Diagrama de Ishikawa  
Fuente: Ishikawa (1997)

### 1.7.3 Hoja de Verificación

Un check list o hoja de verificación, según Ishikawa “es una herramienta impresa a modo de formato, utilizada para recoger y compilar de forma estructurada datos

asociados a un proceso o situación particular definida. Los datos reunidos representan una entrada para el uso de otras herramientas de control de calidad como el diagrama de Pareto o dispersión” (1976). Según Ishikawa, “las hojas de verificación sirven para cuantificar los defectos por producto, por localización, por causa de la maquinaria o del operario, y por último para hacer un acompañamiento a las operaciones de un proceso”.

Type	14E5	Quality characteristic	RF – SG characteristic	Specification	$8 \pm 2.5$ db
Measuring inst.		Date	( + 3MC )	Sample size	100
Remarks	TV Assembly line sample control				
Class mid-value	Class Area	Representative value (x)			
			fx	fx <sup>2</sup>	
4.85	4.7	XX	-9	-18	108
5.15	5.0	X	-7	-7	49
5.45	5.3	XXX	-6	-18	108
5.75	5.6	X	-5	-5	25
6.05	5.9	XX	-4	-8	32
6.35	6.2	XXXXXXXX	-3	-21	63
6.65	6.5	XXXXXX	-2	-12	24
6.95	6.8	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	-1	-19	19
7.25	7.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	0	0	0
7.55	7.4	XXXXXXXXXX	1	8	8
7.85	7.7	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	2	34	68
8.15	8.0	XXXXXX	3	18	54
8.45	8.3	XXXXXX	4	24	96
8.75	8.6	XXX	5	15	75
9.05	8.9	XX	6	12	72
9.35	9.2		7		
9.65	9.5	X	8	8	64
	9.8		9		
Class unit (h) = 0.3		Total N = 100		13	865
Average value $\bar{x}$ =		Code: Process quality capability			
Standard deviation $s$ =					

Figura 14: Hoja de verificación  
Fuente: Ishikawa (1976)

### 1.7.4 Diagrama causa/efecto

Acorde a Krajewski et al (2000): “El diagrama causa – efecto es un método sistematizado de trabajo en grupo que ilustra con claridad las diversas causas que afectan a un resultado, clasificándolas y vinculándolas entre sí”. Las fases o etapas son las siguientes:

1. “Determinar el problema y redactarlo encerrado en un rectángulo”.
2. “Trazar una línea horizontal hacia la izquierda a partir de la cara izquierda del rectángulo”.
3. “Escribir las principales causas en rectángulos y juntarlos con líneas a la línea principal”.
4. “Efectuar una lluvia de ideas para ir añadiendo factores a cada causa principal”.
5. “Someter el diagrama al análisis grupal”.
6. “Determinar las causas más probables”.

### **1.7.5 Tormenta de Ideas (Brainstorming)**

Se produce una serie de ideas o problemas planteados por un conjunto de trabajadores. Es posible observar probables, factibles y potenciales soluciones. Para su realización se tienen características tales como que el jefe de grupo promueve esta creación de ideas, todos comprenden la temática a analizar, se tiene un lenguaje asertivo y, por último se plantea un tiempo máximo de media hora.

### **1.7.6 Matriz de priorización**

La matriz es una comparación ponderada de diversas problemáticas evaluados según una lista de parámetros o criterios. Esta herramienta es útil para elegir aquel problema usando una misma línea de base.





## **CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

La planta de producción a analizar es una manufacturera que elabora productos plásticos mediante los métodos de inyección y soplado. Hoy en día, la fábrica cuenta con 3 líneas de producción, la línea comercial, industrial y hogar. Sin embargo, el enfoque de estudio será la línea industrial, cuyo producto bandera son los bidones, ya que este es el que aporta con el mayor porcentaje de ingresos y la vez es el que posee niveles de cumplimiento por debajo con lo solicitado por el cliente.

### **2.1 Reseña histórica de la empresa**

La operatividad de la planta comenzó en el año 2013, actualmente tiene cinco años de experiencia en el mercado dedicándose principalmente a la fabricación de bidones con capacidad que va desde uno a diez galones estadounidenses, jarras florentinas, y alcancías en sus distintas presentaciones y capacidades, elaborados a base de material plástico como “Polietileno de baja densidad (PEBD)” y el “Polietileno de Alta Densidad (PEAD)” reciclado, provenientes de empresas nacionales. Su mercado principal son comercios ubicados en Lima y diversas provincias anexas.

#### **2.1.1 Sector y actividad económica**

La planta está englobada dentro del sector de fabricación de productos plásticos, con código CIIU 2220 y cuya actividad comercial está en torno a la elaboración de bidones, jarras, lavatorios y tazones de plástico fabricados con polietileno. Estos productos están destinados al consumo doméstico e industrias químicas.

#### **2.1.2 Perfil de la empresa**

- Misión: “Fabricar y vender artículos de plástico dirigidos al hogar y la industria, satisfaciendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes, con productos innovadores y de alta calidad”.
- Visión: “Ser una compañía peruana de categoría nacional, buscando siempre oportunidades de mejora, innovación y crecimiento, tanto institucionalmente como en su concepción de proyección social, de modo que ofrezca el mejor producto y servicio del mercado”.

### 2.1.3 Organización de la Empresa

La planta cuenta con una distribución enfocada a funciones, que como lo explica Muther (1970), “aplica el principio de especialización de las funciones es por ello que está dividida por departamentos”, los cuales son el Comercial, Técnico y Administrativo. En la figura 13 se puede observar el esquema gráfico de organización vigente de la fábrica.

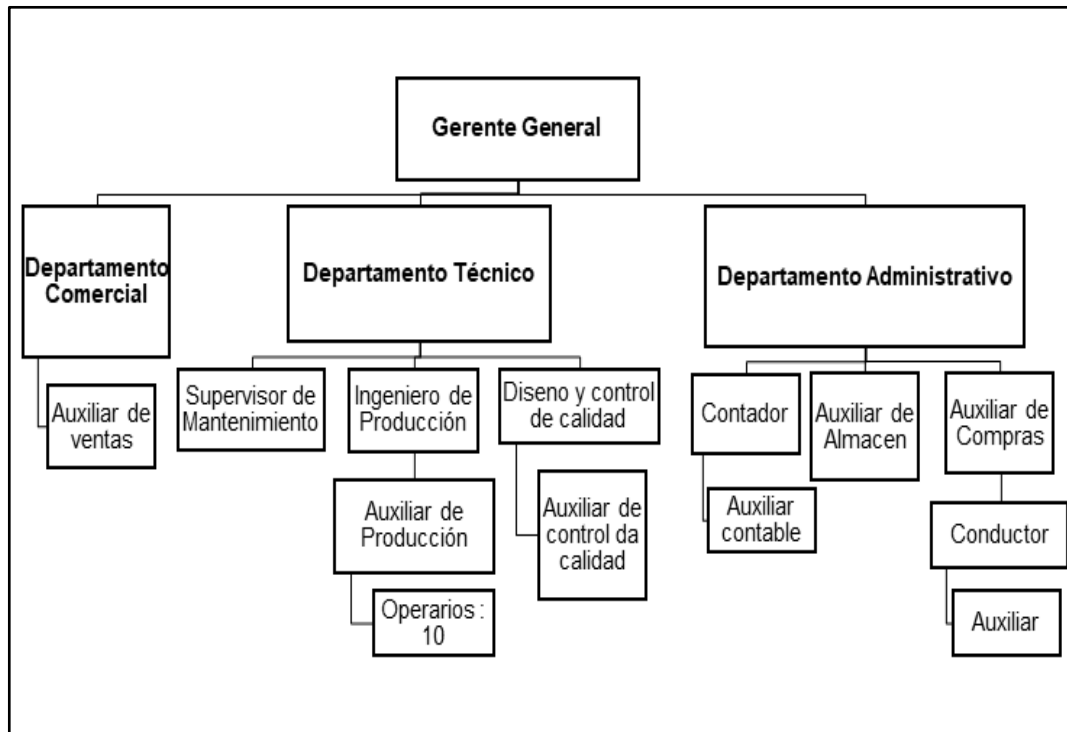


Figura 15: Organigrama de la empresa de plásticos.

## 2.2 Descripción de los productos

La empresa ofrece diversos tipos de productos clasificándolos en 3 clases distintas. En línea industrial están los bidones de capacidades que varía desde 1 a 10 galones estadounidenses. En la tabla 3, se muestran las dimensiones según la capacidad del bidón.

Tabla 3: Dimensiones de bidones

Bidones	Dimensiones				
	Descripción	carga (unidad)	(Kg/unidad)	Largo (cm)	Ancho (cm)
Bidón 1 bidón	60	0.250	20	12	21
Bidón 2 bidón	60	0.450	16	23	25
Bidón 3 bidón	48	0.650	18	28	29
Bidón de mango delgado 5 galones	30	0.920	34	23	35
Bidón de mango grueso 5 galones	30	0.920	34	23	35
Bidón de 6 galones	30	1.200	21	35	41
Bidón de 10 galones	12	2.025	31	43	53

En la línea hogar, se encuentran productos tales como jarras, damajuanas entre otros más. El listado completo se ve en la tabla 4. En cuanto a la línea Comercial está la calabaza, vendida según estaciones. (Ver tabla 5).

Tabla 4: Tipos de productos - Línea Hogar

Descripción	Unidad de carga (unidad)
Jarra Florentina	60
Damajuana 1 litro	60
Damajuana 2 litro	60
Lavatorio en colores	12 y 100
Tazón frutero	12 y 100

Tabla 5: Tipos de productos - Línea Comercial

Descripción	Unidad de carga (unidad)
Calabaza	100
Alcancías	un
Juguete Pirámide de Colores	un

### 2.3 Descripción del proceso productivo para bidones

A continuación, se explica cómo es el flujo de producción del principal producto dentro la línea industrial, los bidones, para el cual se presenta las tres partes de este: el bidón, la tapa y el ensamble del bidón - tapa.

#### Para el bidón:

- **Recepción de Materia Prima:** La manufactura, empieza con el recibimiento y almacenamiento de las materias primas principales dentro del almacén en forma de plástico paletizado. En este lugar, se evalúa si el material se encuentra en las condiciones necesarias para empezar la siguiente operación.
- **Secado:** Independientemente si el material se encuentra húmedo o mojado se realiza la operación secado en la maquina secadora industrial.
- **Pigmentado:** En esta operación, el material es mezclado con pigmentos según sea el requerimiento para obtener el color deseado. Esta operación es realizada de forma manual en grandes contenedores.
- **Fundición:** En el área de soplado, los trabajadores se encargan de esparcir la materia a la tolva de la sopladora industrial y empieza el proceso en el que el material es calentado. Este proceso se caracteriza por permitir que el material esté en contacto con la resistencia y el GLP que permitirán su fundición. Este material se derrite y toma el nombre de “parison”.
- **Prensado:** Una vez que llega a tomar su estado plástico (líquido sobrecalentado), se cierra el molde.
- **Acomodar molde y agujas:** Se procede a acomodar tanto el molde como las agujas. Se realiza esta operación de manera manual, antes de dar paso a la siguiente operación.
- **Corte:** Se cierra la entrada de material al molde, de manera manual.
- **Inyección:** La máquina sopladora comprime el molde y libera el sistema de refrigeración interna que es el paso de aire comprimido a través del pasador para que el parison obtenga la forma del molde.
- **Quitar Prensa:** Se retira el producto de la sopladora y se la coloca en la mesa de acabado.
- **Corte:** Se inspeccionan y recortan los bordes extras de material que no forman parte del producto terminado, es decir, se remueve las rebabas. Esta operación es realizada manualmente.

#### Para la tapa:

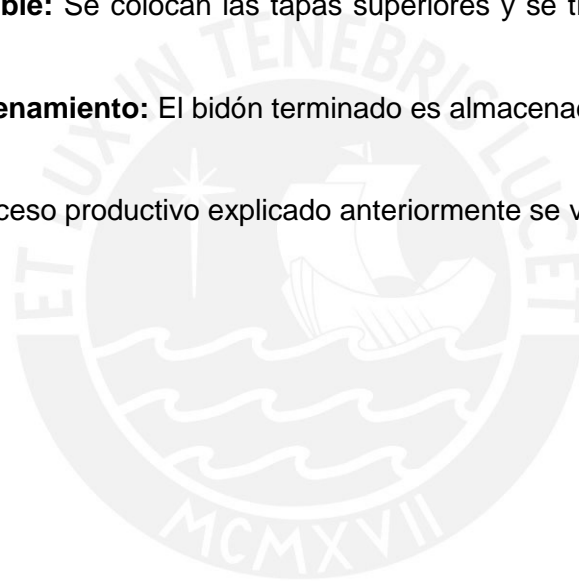
- **Recepción de Materia Prima:** Se recepciona-inspecciona el plástico paletizado.
- **Secado:** Independientemente si el material se encuentra húmedo u mojado se realiza la operación secado en la maquina secadora.

- **Pigmentado:** En esta operación, el material es mezclado con pigmento de color negro. Esta operación es realizada de forma manual.
- **Inyección:** El plástico paletizado se deposita en el barril de la máquina inyectora, a un grado de 485 °F (250 °C) aproximadamente, de modo tal que pueda fluir por el canal y pase directamente al molde. Adentro del molde, el plástico se sigue enfriando y el calor es dispersado o mitigado por el líquido refrigerante.
- **Quitar tapa:** Culminada la fase de enfriamiento, la zona móvil del molde se retira, y el operario es quien retira la tapa y quien realiza la inspección de la misma.

**Para el bidón completo:**

- **Ensamble:** Se colocan las tapas superiores y se transportan a la siguiente área.
- **Almacenamiento:** El bidón terminado es almacenado.

El flujo del proceso productivo explicado anteriormente se visualiza en la figura 16.



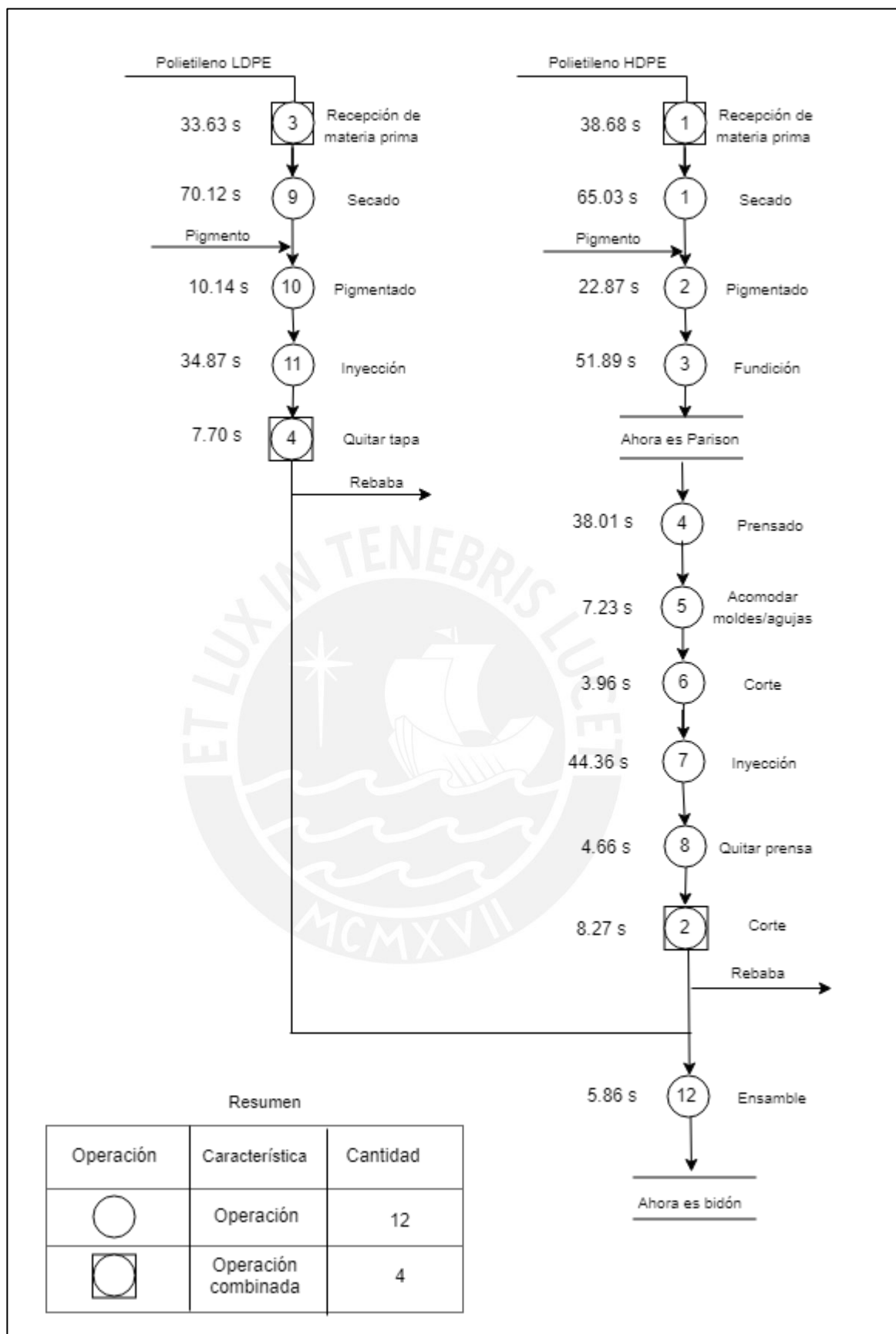


Figura 16: DOP del proceso productivo de bidones

## 2.4 Infraestructura de la Planta

La empresa de plásticos cuenta con las siguientes secciones: (Ver figura 17).

- Almacén de la materia prima.
- Área de Secadoras.
- Zona de inyectoros de polietileno de alta densidad.
- Sistema de refrigeración.
- Área de sopladores (seis en total).
- Almacén de productos terminados.
- Área de suministro de energía.

Es importante mencionar que las secciones graficadas en el siguiente layout no cuentan con una separación definida, ni por paredes y se encuentran con una deficiente señalización. Para efectos de mayor visualización se ha observado, medido y delimitado los espacios de trabajo.

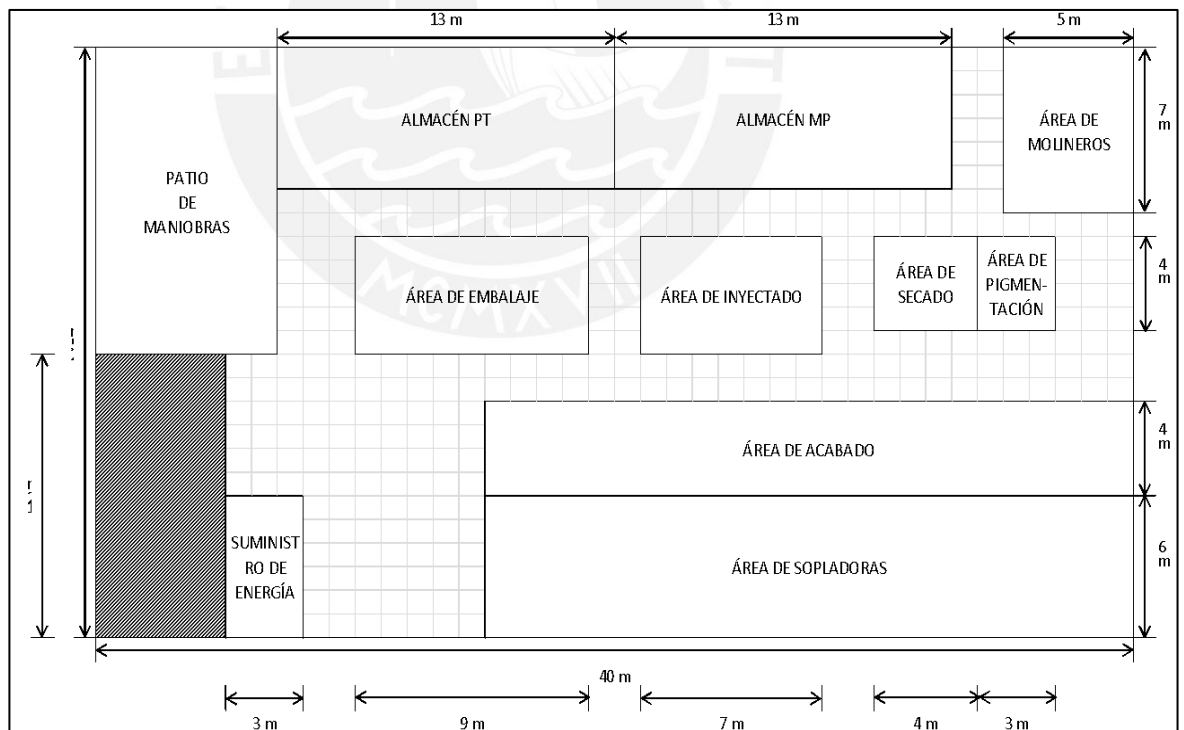


Figura 17: Layout actual de la empresa

### **2.4.1 Tipo de Maquinaria**

Las maquinarias ubicadas dentro de las líneas de producción están enlistadas a continuación:

- Inyectora
- Sopladora Industrial
- Máquina Secadora
- Molineros

### **2.4.2 Tipo de Distribución**

Según las observaciones realizadas en la empresa, verificamos que la distribución es de procesos, ya que las zonas de trabajo se encuentran seccionadas y dentro de las cuales se realizan operaciones del mismo proceso.





## **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En el capítulo 3, se realizará un análisis y evaluación del estado inicial de la planta, identificando las principales problemáticas dentro de temas logísticos, de producción, contabilidad y en ventas; con el objetivo de identificar puntos de mejora y proponer herramientas adecuadas para su resolución.

Se determinará qué área de la empresa se analizará y los problemas críticos encontrados en esta, justificados mediante un análisis tanto cualitativo como cuantitativo.

Luego, se seleccionará la línea productiva mediante el uso de la ponderación de factores y a través del Diagrama de Ishikawa se procede a identificar qué causas raíces generan los problemas críticos.

Finalmente, teniendo como base lo obtenido previamente, se elabora un diagnóstico de la planta de producción, y se determina qué herramienta por cada causa se implementará, para desaparecer o mitigar los problemas críticos.

### **3.1 Selección del proceso crítico**

Para elegir el proceso con mayor criticidad, se procede de lo más global hacia lo más detallado. Se inició con escoger qué áreas, qué líneas y qué problema en particular y de mayor impacto se evaluará.

#### **3.1.1 Selección del área crítica como objeto de estudio**

Para distinguir la zona productiva en la que se encuentra la mayoría de problemas fundamentales que tienen efecto negativo sobre la productividad de la planta, se procede a describir cada una de ellas. Luego, haciendo uso de criterios relacionados con la baja productividad, se realizará una ponderación para la elección del área crítica.

##### **Área Logística**

Esta área combina tres procesos principales los cuales son el de Compras, Almacenamiento y Transporte; los cuales son enlistados a continuación:

Compras: Se lleva a cabo la adquisición de los materiales que se usarán para la fabricación de los productos plásticos, así como el material requerido para el área administrativa. El flujo de compras es mostrado en la figura 18:

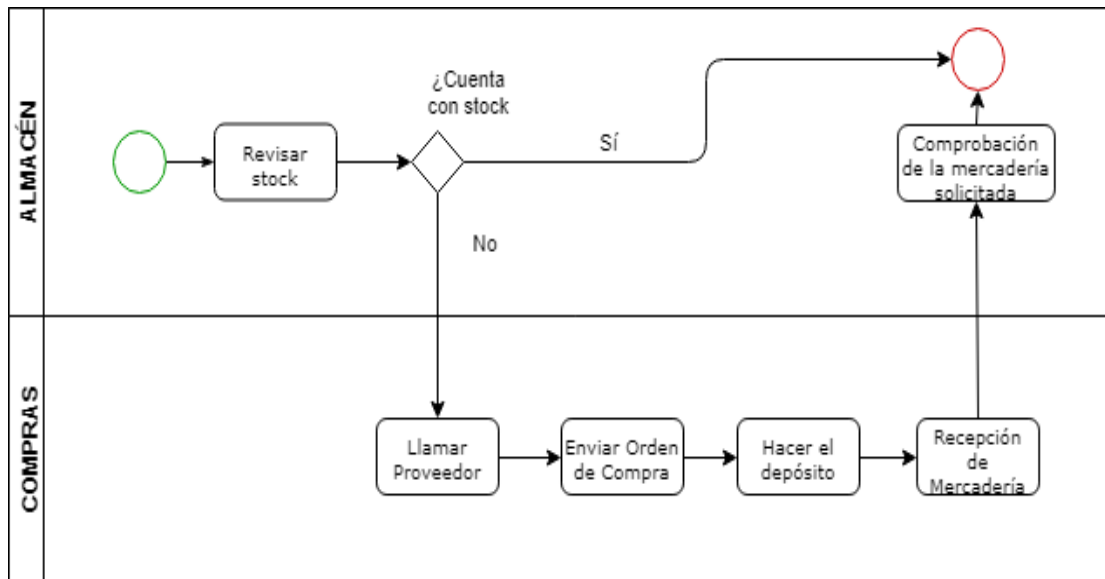


Figura 18: Flujo del Proceso de Compras

Almacenamiento: Este proceso inicia una vez que los materiales son recepcionados. Se valida que el número entregado sea igual al solicitado y posterior a ello, se valida que la calidad de estos cumpla con los parámetros pre establecidos antes de que sean guardados en almacén. El flujo de este proceso se grafica a continuación en la figura 19.

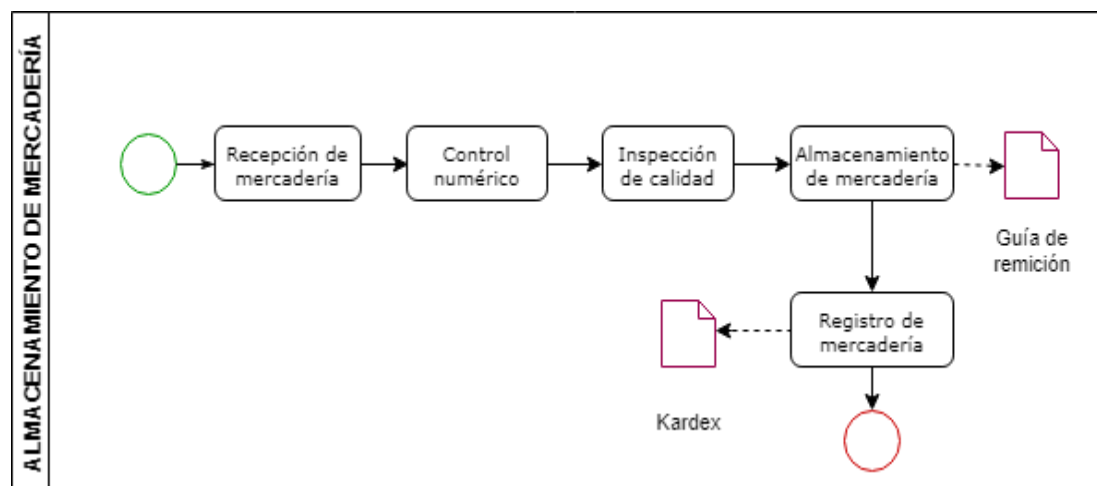


Figura 19: Flujo del Proceso de Almacenamiento

Transporte: La planta tiene a su propiedad un camión que tiene la función de carga y descarga de los productos finales. El flujo del proceso de transporte se observa en la figura 20.

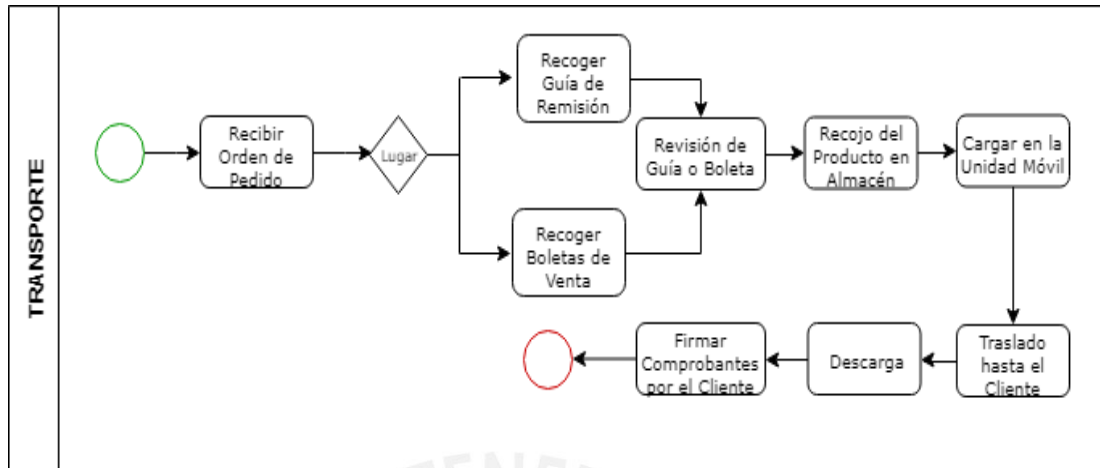


Figura 20: Flujo del Proceso de Transporte

Problemas encontrados dentro del área de logística:

- La planta no realiza una planificación anticipada de lo que requerirá comprar, siendo así provoca que exista un tiempo tardío para el despacho de productos.
- El camión no se encuentra en buenas condiciones y el sistema de carga y descarga no es óptimo al no tener un espacio adecuado. Ver en el anexo 1.
- La zona de almacenamiento no cuenta con límites dentro de la planta ya que no existe diferenciación entre áreas.

### Área de Producción

Las problemáticas encontradas dentro de esta área son las siguientes. (Para una mayor visualización de las mismas ver el anexo 2).

- Bajo rendimiento, así como excesivos tiempos muertos.
- Exceso de costos operativos.
- Inadecuada distribución de planta.
- Espacio de trabajo que no se encuentran diferenciados, ni existen límites con señalización ni paredes de división.
- La iluminación dentro de la planta de producción es baja lo cual dificulta al operario su labor.

- El proceso de pigmentado y etiquetado es manual, lo que involucra fatiga al operario, y el producto final no sea homogéneo.
- Los centros de trabajo cuentan con sillas de madera no estables, no se cuenta con un diseño ergonómico para el puesto de trabajo.
- El número de accidentes y/o incidentes dentro de esta área es alta, debido a su incipiente sistema de seguridad y mala distribución de herramientas.
- En la zona de acabado existe un número significativo de desperdicios que no son recolectados en su totalidad, perdiendo así, cerca de 10 kilos de polietileno a la semana.

### **Área de Contabilidad**

En esta área se lleva un control de cada una de las ventas por día para determinar los ingresos diarios y permite tener una gestión sobre el fondo chico; esta caja controla las salidas de efectivo menores que pueden surgir a diario de manera imprevista y que deben pagarse en efectivo, tal como ocurre por la compra de material de oficina, y otros más.

- No se obtiene la información a tiempo.
- Sus procesos no se encuentran debidamente documentados.

### **Área de Ventas**

En esta área el cliente en búsqueda de un producto plástico es atendido, se cobra el dinero y se emite la boleta de venta. El proceso completo se muestra en la figura 21.

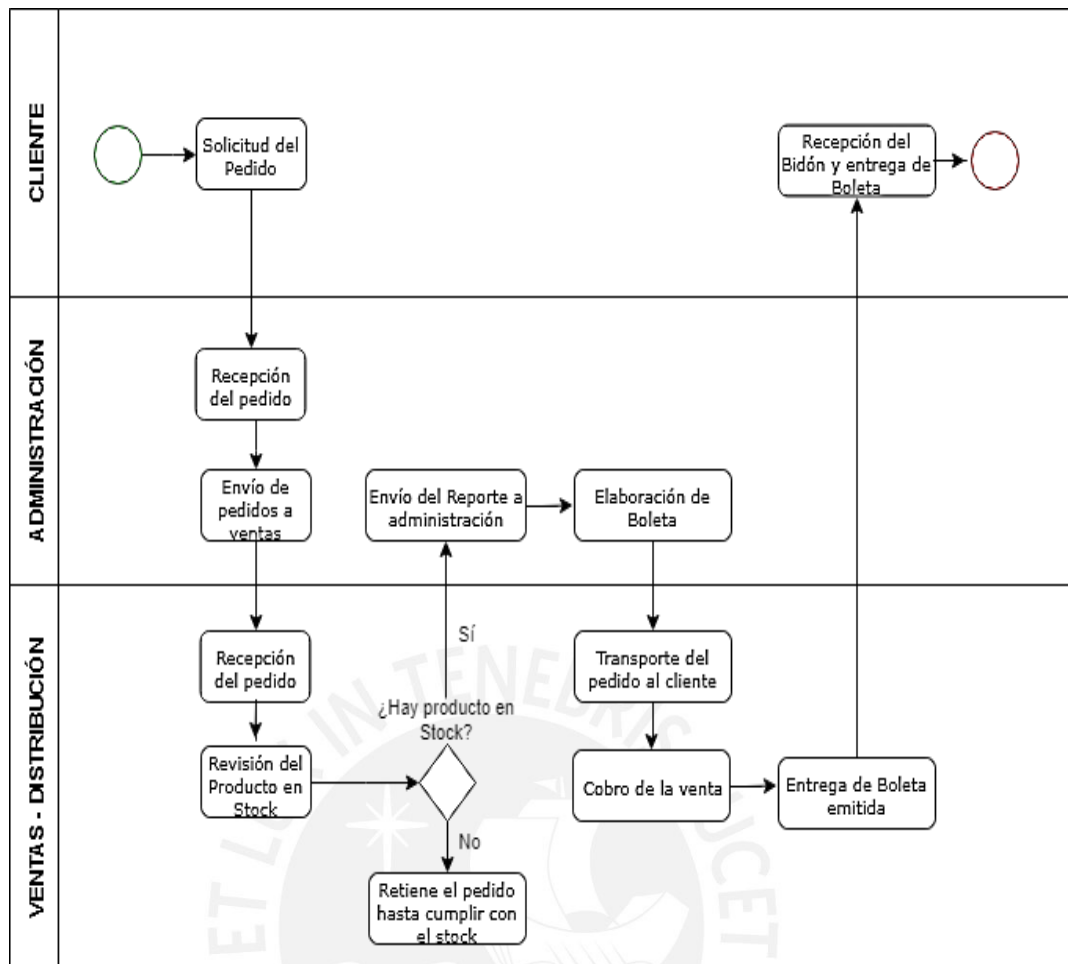


Figura 21: Flujo del Proceso de Ventas

Las problemáticas presentes son las siguientes:

- El número de productos de plástico a fabricar es base a la experiencia, mas no en base una planificación anticipada. No se conoce la cantidad requerida de manera mensual o anualizada.
- Actualmente las solicitudes de productos son anotadas en un libro, donde los registros son desordenados. A pesar de que existe una laptop en la oficina esta no es usada. No existe documentación de los procesos.

Luego del análisis por cada área, se establece un porcentaje de importancia para cada criterio mostrado a continuación:

- Incidentes y/o Accidentes Reportados
- Tecnología nueva (En cuanto a máquinas, herramientas o sistemas de información)
- Procesos y su documentación
- Adecuada distribución de los espacios
- Diseño ergonómico del puesto de trabajo

En la tabla 6, se observa la calificación según ponderaciones para las áreas haciendo uso de los criterios pre establecidos, los cuales se elaboraron con el apoyo del Gerente General, para lo cual se asignó una puntuación de 0 a 5, donde 0 significa que está en condiciones óptimas, por tanto, no representa problemas para la empresa y 5 se refiere a condiciones pésimas o deficientes, que conllevan a problemas de productividad, eficiencia y seguridad en la empresa.

Tabla 6: Ponderación de Criterios del Área a Elegir

Áreas/Criterios	Ponderación	Área de Logística	Área de Producción	Área de Contabilidad	Área de Ventas
Incidentes y/o Accidentes Reportados	25%	3	5	0	2
Nueva Tecnología	5%	2	4	2	1
Procesos Documentados	15%	1	3	2	4
Adecuada Distribución del Espacio	40%	3	4	3	1
Diseño Ergonómico del Puesto de Trabajo	15%	2	5	1	2
Puntaje Total	100%	2.5	4.25	1.75	1.85

Tabla 7: Leyenda de Ponderación

Ponderación	Leyenda
0	Óptimo
1	Aceptable
2	Ligeramente aceptable
3	Regular
4	Deficiente
5	Pésimo

Como resultado se obtiene que el área de producción tiene un puntaje de 4.25, el segundo con mayor puntaje es el área logística con un calificativo de 2.5. En tercer lugar, el área de ventas con 1.85 y al final se encuentra Contabilidad con un puntaje de 1.75. Nos enfocamos en el primero dado su mayor nivel de criticidad.

### 3.1.2 Selección de la línea de producción de objeto de estudio

Haciendo uso de factores ponderados, se busca escoger qué línea abarcar. La planta industrial tiene las líneas enlistadas a continuación:

- Línea Industrial
- Línea Hogar
- Línea Comercial

A continuación, se procede a describir los factores a ser utilizados en cada línea de producto:

- Análisis PQ
- Cumplimiento de los planes productivos
- Homologación para procesos
- Defectuosos encontrados
- Incidentes y accidentes
- Paradas de máquina
- Perdida de utilidad

#### a) Análisis PQ

Se analizarán las líneas productivas en función de las unidades producidas mensualmente, en base al registro histórico del año 2016 y 2017.

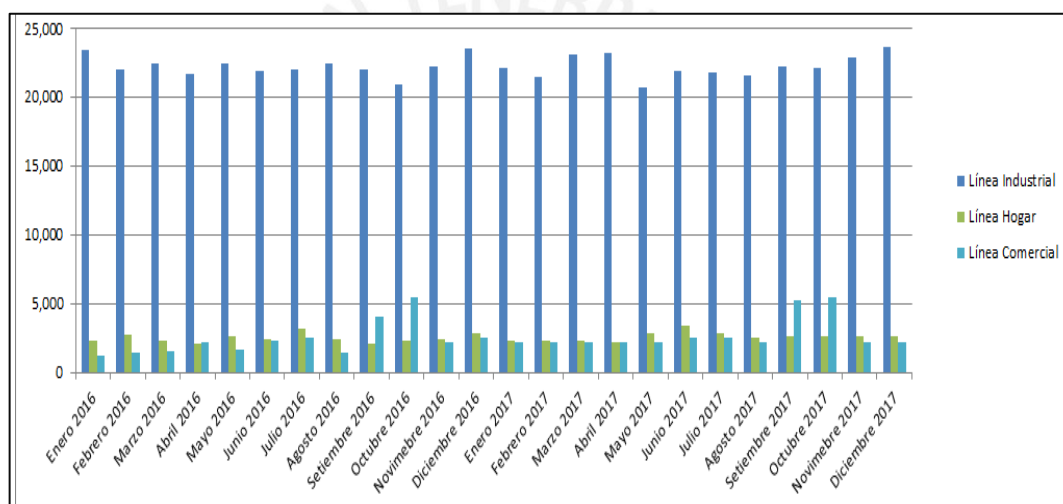


Figura 22: Cantidad Producida en 2016 y 2017 por línea de producto.

En la figura 22, se puede observar que la línea industrial es la que posee mayores unidades vendidas, y esta representa el mayor ingreso mensual en comparación que la línea hogar y comercial, cuyo detalle es mostrado en el anexo 3.

Se puede destacar que la mayor producción que realiza la empresa mensualmente es en la línea industrial, cuyo producto principal son los bidones, siendo estos el producto bandera de la empresa, es decir, el producto con más demanda, por ello, se necesitaría una distribución por producto en esta línea en lo que respecta a la fabricación de bidones, y para los otros productos, una distribución por procesos.

## b) Cumplimiento del plan de producción

Si se desea estimar qué tiempo es el necesario para cumplir con la entrega del producto final, es vital conocer el tiempo de cada proceso dentro de su línea productiva. En el caso de que una línea tarde en el cumplimiento de su plazo, esto ocasiona que la siguiente demore.

Las principales causas del incumplimiento de entrega es la inexistencia de un recorrido sin interrupciones de los materiales a lo largo de todo el flujo productivo, la falta de organización de herramientas y la existencia de accidentes que generan que se detenga la producción. En la tabla 8 se presenta un reporte del porcentaje de cumplimiento en los años 2016 y 2017, calculado en base a la “Producción Programada” (PP) y la “Producción Requerida” (PR), cuyo sustento se encuentra en el anexo 4.

Tabla 8: Porcentaje de cumplimiento por línea de producción.

Líneas de producción	Cumplimiento	
	2016	2017
Línea Industrial	64%	67%
Línea Hogar	84%	86%
Línea Comercial	88%	93%

Se observa que, en la Línea Industrial, dedicada a fabricar bidones, el cumplimiento es menor que en la de Hogar y Comercial, con una calificación de cumplimiento del 64% para el año 2016 y del 67% para el año 2017. Dentro de las causas fundamentales se encuentran que las diversas operaciones son realizadas sin un orden establecido y que los operarios no se dan abasto.

## c) Estandarización de procesos

Para cada línea productiva, es importante conocer la cantidad de procesos en los que se incurre, porque si estos no están homologados bajo el mismo criterio, fomentan la tendencia de que existe el error. Dado un proceso en particular, se debe tener rastreado cómo será la manera de operar de los trabajadores. En la tabla 9 se visualiza el número de procesos presente dentro de las 3 líneas de producción.



Tabla 9: Cantidad de procesos involucrados por producto dentro de las líneas de producción

Líneas de Producción	Cantidad de procesos
<b>Línea Industrial</b>	
Bidón 1 galón	11
Bidón 2 galones	11
Bidón 3 galones	11
Bidón de mango delgado 5 galones	12
Bidón de mango grueso 5 galones	12
Bidón de 6 galones	11
Bidón de 10 galones	11
<b>Línea Hogar</b>	
Jarra Florentina	13
Damajuana 1 litro	13
Damajuana 2 litros	13
Lavatorio de Colores	14
Tazón Frutero	12
<b>Línea Comercial</b>	
Calabaza	11
Alcancías	12
Juguete Pirámide de Colores	13

En las líneas hogar y comercial se realizan la mayor cantidad de procesos debido al acabado y detalles de los productos mencionados, cabe recalcar que la cantidad de procesos involucrados no está ligada con la complejidad de los mismos.

#### **d) Número de defectuosos**

Durante el proceso de fabricación el producto en proceso es sometido a inspecciones cuyo fin es la identificación de defectos ocasionados ya sea por exceso de material, forma inadecuada, agujeros, entre otros más; evitando así la entrega de productos que no cumplan con los requerimientos mínimamente aceptables.

Se encontró un gran número de defectos, en el transcurso de las revisiones, los cuales son expresados dentro de la tabla 10, su nivel de detalle es mostrado en el anexo 5.

Tabla 10: Detalle de defectos por línea de producto.

Líneas de Producción	Defectos	2016	2017	Promedio Anual
Línea Industrial	Problemas con el montaje eléctrico	19	18	333
	Problemas de distribución del calor	22	25	
	Mala Distribución del puesto de trabajo	54	49	
	Problemas de ventilación	41	43	
	Problemas de Iluminación	50	39	
	Bordes Punzantes	28	31	
	Mala distribución de las cuchillas	39	39	
	Insuficiente cantidad de tapas	27	24	
	Mala inspección de MP	38	23	
	Problemas con el pigmentado del material	25	31	
Línea Hogar	Mala Distribución del puesto de trabajo	42	38	239
	Problemas de ventilación	41	43	
	Problemas de Iluminación	50	39	
	Mal acabado	23	32	
	Problemas con el montaje eléctrico	19	9	
	Problemas de distribución del calor	23	20	
	Piezas deformes	52	47	
Línea Comercial	Problemas de ventilación	36	33	181
	Problemas de Iluminación	43	36	
	Mal acabado	23	34	
	Piezas deformes	51	45	
	Problemas con el pigmentado del material	30	31	

Como resultado de la tabla anterior, el mayor número de defectos promedio para el año 2016 y 2017, es de 333, cifra que pertenece la línea industrial, y guarda relación con el hecho que de esta línea fabrica la mayor cantidad de productos de la empresa, además de que el proceso productivo en esta línea presenta problemas notorios.

#### e) Accidentes e incidentes

Es fundamental para la planta prevenir aquellos elementos-situaciones que puedan afectar la seguridad del trabajador, así como los planes de producción de la empresa. Sin embargo, las medidas de precaución son mínimas para evitarlos, dando paso a su ocurrencia dentro del área productiva. En base a registros históricos de la empresa para el periodo analizado entre el año 2016 y 2017, la presencia de accidentes e incidentes catalogados como leves es considerable, sin embargo, no hubo presencia de aquellos considerados como graves.

Tabla 11: Incidentes y/o accidentes reportados al año

Líneas de producción	2016	2017	Promedio incidentes y/o accidentes al año
Línea Industrial	34	43	39
Línea Hogar	19	22	21
Línea Comercial	13	15	14

En la tabla 11 se presenta la cantidad media anualizada de accidentes e incidentes en base a la data anotada por los operarios de la planta (ver anexo 6). Dentro de la línea industrial esta cifra asciende a 39 accidentes y/o incidentes, en Hogar de 21 y para la línea Comercial de 14. Dentro de tales líneas productivas se realizan operaciones de corte de rebabas, fijación de material, así como manipulación de máquinas calientes. Lo anterior, expresa la presencia de una diversidad de peligros.

#### f) Paradas de máquinas

Las maquinarias usadas para la fabricación del producto terminado, sufren muchos desperfectos debido a que no se realiza el mantenimiento adecuado y a la falta de materia prima, generando en repetidas ocasiones un reproceso de productos. Siendo así, hay ausencia de un flujo constante, impactando de manera negativa en la planta.

En la figura 12 se presenta el número de paradas de máquina anuales para cada una de las tres líneas de productos. (Para mayor detalle ver anexo 7). El mayor número promedio de paradas lo presenta la Línea Industrial con un resultado de 138, superando a la Línea Hogar cuyo valor fue de 106 y por último superior a la Línea Comercial la cual presentó una cifra de 100 paradas al año.

Tabla 12: Cantidad de paradas de máquina por línea de producto

Líneas de producción	Número de paradas de máquinas		
	2016	2017	Promedio paradas al año
Línea Industrial	134	141	138
Línea Hogar	114	98	106
Línea Comercial	101	99	100

#### g) Utilidad perdida

Para cada línea productiva, se calcula el monto de la pérdida de utilidad originada tras no llegar a abastecer la demanda solicitada dentro del tiempo determinado. Se hará uso del Diagrama de Pareto en base a la producción y demanda, desde el año 2016 hasta el 2017.

Las posibles causas de la diferencia entre producción y la demanda, son por la existencia de tiempos muertos y/o adicionales debido a la presencia de procesamientos extras, inadecuadas formas de trabajar, distribución poco óptima del espacio e inapropiado diseño de estaciones de trabajo. Se presenta en la figura 23,

el diagrama de Pareto, y en base a este se observa que la mayor prioridad la tiene la Línea Industrial con una utilidad perdida que representa más del 90% de la totalidad. (Ver el anexo 8 para el detalle de los cálculos).

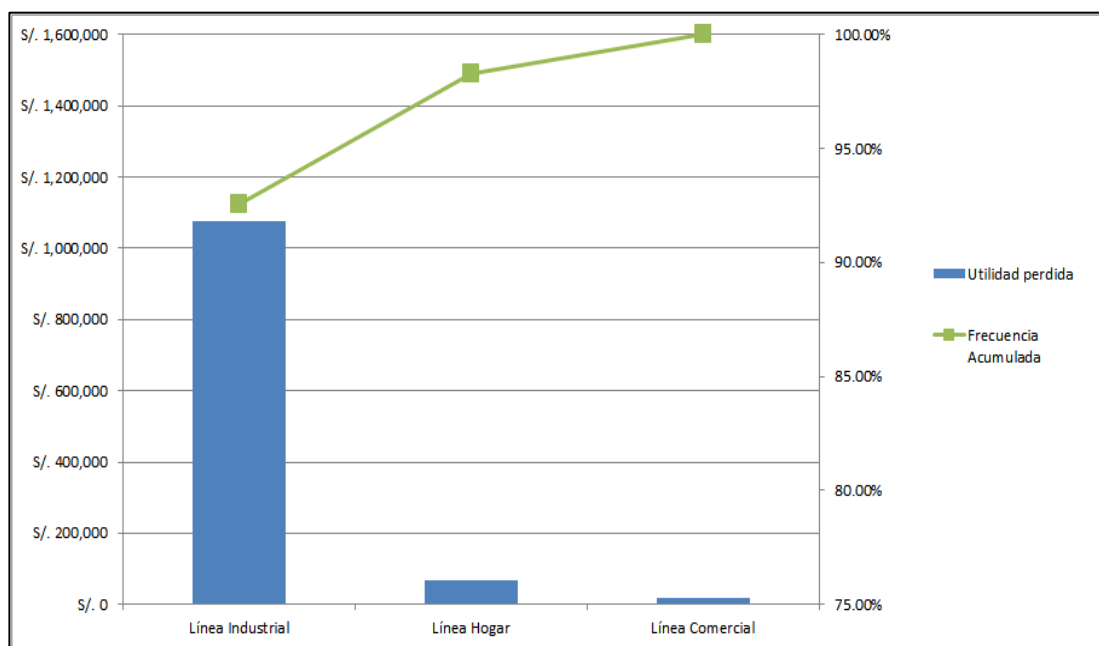


Figura 23: Diagrama Pareto - Utilidad Perdida

### Ponderación de factores

Luego de analizados los factores, se procede a la ponderación de los mismos con el fin de elegir qué línea de producción se estudiará y es primordial para realizar mejoras. (Ver tabla 13). Esta calificación se realizó con ayuda del Gerente y a lo considerado como importante dentro de la planta, y su relevancia bajo la visión del cliente final.

Tabla 13: Valor de ponderación de cada factor.

Factor	Ponderación
Análisis PQ	15%
Cumplimiento del plan de producción	25%
Estandarización de procesos	5%
Número de defectuosos	10%
Accidentes e incidentes	10%
Paradas de máquina	15%
Utilidad perdida	20%

Luego, tal como se puede observar en la tabla 14, se ponen los puntajes en el rango de 1, valor que no afecta de modo sustancial, hasta una cifra de 5, que indica mayor nivel de criticidad.

Tabla 14: Puntaje de las líneas de producción

Líneas de producción	Análisis PQ	Cumplimiento del plan de producción programado	Estandarización de Procesos	Defectos de productos terminados	Incidentes y/o accidentes	Paradas de Máquina	Utilidad Perdida
Línea Industrial	5	4	1	4	4	4	5
Línea Hogar	1	3	2	3	2	3	2
Línea Comercial	1	2	2	2	2	3	1

El resultado se observa en la tabla 15. La línea Industrial tiene un puntaje total de 4.2, la Línea Hogar es la segunda de mayor puntaje con una cifra de 2.35 y por último la Línea Hogar con 1.8. Siendo así, se analizará y diagnosticará la primera de estas.

Tabla 15: Puntaje de las líneas de producción

Líneas de producción	Análisis PQ	Cumplimiento del plan de producción programado	Estandarización de Procesos	Defectos de productos terminados	Incidentes y/o accidentes	Paradas de Máquina	Utilidad Perdida	Total
Línea Industrial	0.75	1	0.05	0.4	0.4	0.6	1	4.2
Línea Hogar	0.15	0.75	0.1	0.3	0.2	0.45	0.4	2.35
Línea Comercial	0.15	0.5	0.1	0.2	0.2	0.45	0.2	1.8

## 3.2 Diagnóstico de la situación actual

Para identificar los principales problemas dentro de la línea industrial, dedicada a la producción de bidones, se requiere del juicio de los trabajadores y de los líderes del proceso productivo y calidad. Luego de ello, se realizará la elección mediante una matriz de priorización y se procederá a detallar las causas principales que lo generan. En base a la información anterior, se determinará qué metodologías o herramientas, descritas en el capítulo 1, se pueden aplicar para eliminar o reducir este problema.

### 3.2.1. Justificación de problemas

Se analizarán los siguientes problemas identificados en la línea de fabricación de bidones:

### a) Baja productividad

Analizando la variable dependiente “Productividad” y, de acuerdo a la información facilitada por la planta se hizo el cálculo de esta variable para el año 2017. El sustento de los cálculos realizados para hallar la productividad se encuentra en el anexo 9.

Las cifras obtenidas se visualizan en la tabla 16, en la que se ve que en el 2017 la productividad no ha variado considerablemente, pero estos valores no son óptimos. Cómo se observa en la figura 24, la productividad más baja se encuentra a mitad de año, con 0.0548 para el mes de mayo y de 0.0540 para junio. Esto se debe porque en este periodo hay menor demanda y no se aprovecha la planta para poder atender las necesidades de los meses con mayor demanda.

Tabla 16: Calculo de la Productividad

Mes 2017	Costos y Gastos	Producción	Productividad
Enero	S/. 404,707.99	22,176	0.0548
Febrero	S/. 389,729.22	21,480	0.0551
Marzo	S/. 418,659.88	23,172	0.0553
Abril	S/. 423,084.65	23,209	0.0549
Mayo	S/. 378,179.74	20,724	0.0548
Junio	S/. 405,639.10	21,900	0.0540
Julio	S/. 393,043.03	21,804	0.0555
Agosto	S/. 393,283.57	21,634	0.0550
Septiembre	S/. 402,096.39	22,274	0.0554
Octubre	S/. 402,899.07	22,101	0.0549
Noviembre	S/. 419,794.01	22,933	0.0546
Diciembre	S/. 427,722.92	23,714	0.0554
Total	S/. 4,858,839.54	267,121	0.6597

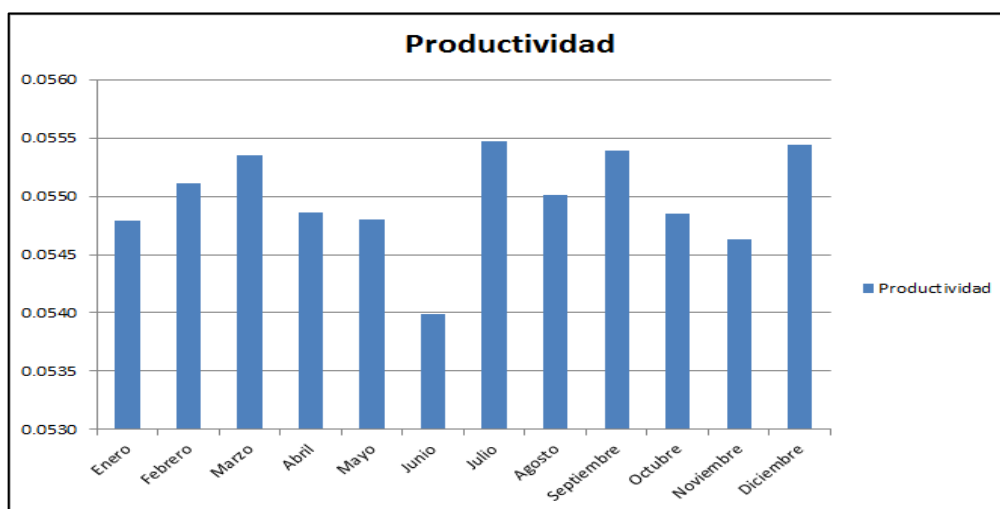


Figura 24: Productividad en el año 2017

### b) Producción de planta no cubre demanda

Tomando el porcentaje de cumplimiento mensual de la empresa, se puede observar en la figura 25, que tanto para el año 2016 como 2017 no se llega a cumplir en ningún mes la demanda de sus clientes para la línea industrial.

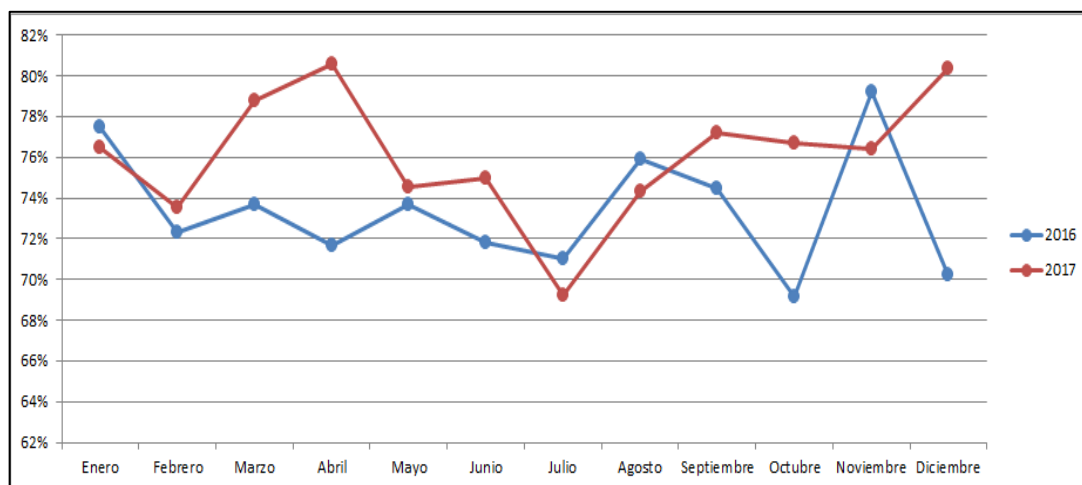


Figura 25: Porcentaje de cumplimiento de la producción

Se puede observar que, en los meses de junio y julio, el cumplimiento es el más deficiente, esto evidencia una inferioridad organizativa de la producción de la planta. Que puede ser ocasionado por diversos factores como la mala distribución de planta, el personal poco capacitado, las demoras en paradas de máquinas; entre otros más.

### c) Problemas de seguridad e higiene en el trabajo

La fábrica presenta problemas relacionados al estado de la seguridad e higiene de sus trabajadores, maquinarias, procesos, y equipos. Para ello se recopiló la data pertinente, la reportería de incidentes y accidentes laborales, además de visitar la planta para observar qué potenciales peligros existen y qué situaciones de riesgo hay.

Según la información presente en el anexo 6, se presenta la figura 26 con el Histórico de Incidente y Accidente Laboral dentro de la planta para el periodo comprendido entre el año 2016 y 2017.

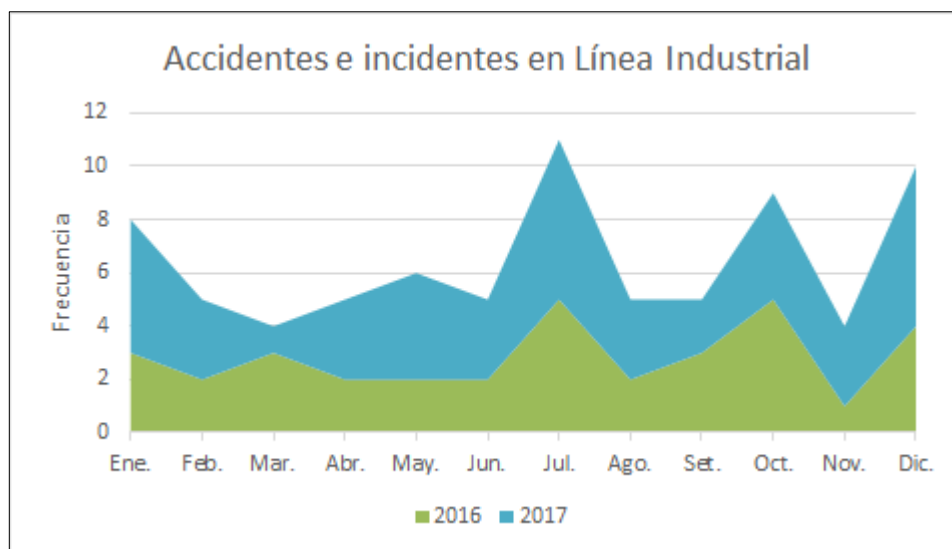


Figura 26: Cuadro estadístico de accidentes e incidentes en Línea Industrial

Según la figura anterior, el número de accidentes pertenecientes al año 2017, se ha incrementado en relación al año anterior 2016. Este aumento, puede ser considerado como un indicador de alarma para la planta, dado que hay presencia de potenciales peligros y situaciones de inseguridad dentro del área de trabajo, que atentan contra la integridad de los operarios como de su infraestructura.

#### **d) Falta de cumplimiento de plazos de entrega de productos**

Debido a la manera de trabajar actualmente, con operaciones repetitivas y jornadas laborales que implican que el operario se encuentre de pie la mayor parte, así como paradas de máquina por falta de material, no se logra realizar a tiempo los periodos de entrega acordados con la clientela.

Los lugares de trabajo en el área no son ergonómicos, que conllevan a la fatiga de los operarios. En cuanto a maquinaria y herramientas, hay un retraso de herramientas disponibles, y retrocesos en la línea de producción. En la mayoría de ocasiones en las cuales que aunque se entregó el número solicitado de productos, el plazo de entrega fue mayor al pactado inicialmente. En el anexo 10, se puede observar la información brindada por la planta. En la tabla 27 se presenta el histórico de plazos de entrega correspondientes al año 2017, en cuanto al plazo de entrega promedio pactado y el tiempo de entrega real.



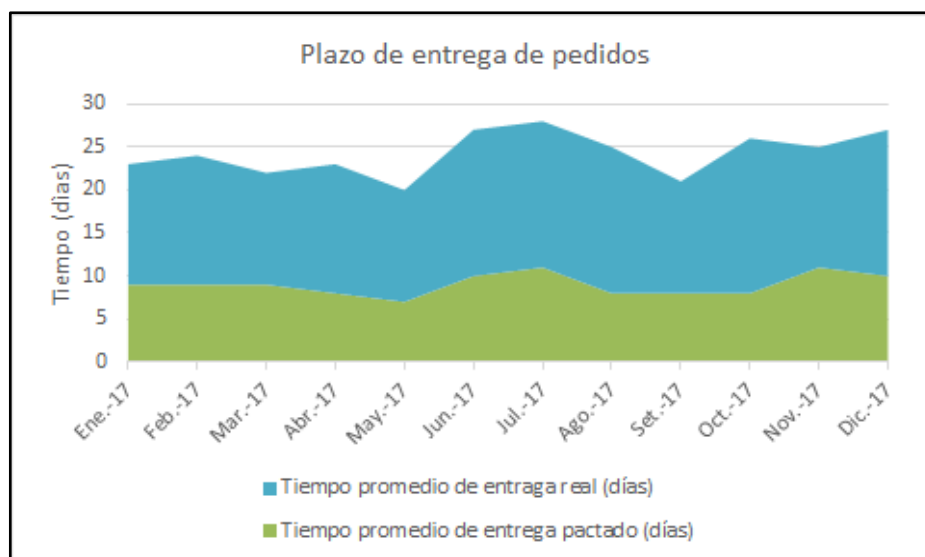


Figura 27: Plazo de entrega retrasados durante el año 2017

Luego de analizados los problemas, se procede a realizar la ponderación de los mismos en la tabla 17, con el fin de elegir los primordiales y las causas que los originan.

Los factores que se utilizarán son los siguientes:

- Extensión de los trabajos: Duración estimada necesaria para ser resuelto.
- Repercusión del problema: Relacionado al nivel de efecto o alcance en que el problema afecta al área, así como a la clientela interna o externa.
- Capital requerido para solucionar el problema.
- Resultados esperados: Relacionado al nivel de impacto económico o intangible esperado.

Tabla 17: Valor de ponderación de factores

Ítem	Problemas/Criterios	Ponderación
1	Duración del trabajo	10%
2	Implicancia del problema	15%
3	Inversión para solucionar el problema	35%
4	Resultados esperados	40%
Puntaje Total		100%

Luego, se procede a dar un puntaje entre el 1 al 5 a cada uno de los problemas, tal como se puede observar en la tabla 18 considerando 1 a aquel problema, cuyo factor no afecta considerablemente, con un tiempo pequeño para solucionar el problema,

que afecta solo al área, con una necesidad de inversión menor, y cuyo impacto económico es bajo; y 5 que indica todo lo contrario, con un tiempo mayor para resolver el problema, que tiene implicancia sobre el área como a clientes internos y externos, con una alta necesidad de inversión, y cuyo impacto económico es alto. El calificativo final por cada uno de los problemas se muestra en la tabla 19.

Tabla 18: Puntaje de los problemas

Ítem	Problemas	Duración del trabajo	Implicancia del problema	Inversión para solucionar el problema	Resultados esperados
1	Baja Productividad	4	4	3	3
2	Producción de planta no cubre demanda	5	5	3	5
3	Problemas de Seguridad e Higiene en el trabajo	4	4	2	4
4	Falta de cumplimiento de plazos de entrega de productos	4	3	3	2

Tabla 19: Valor de ponderación por cada factor

Ítem	Problemas	Duración del trabajo	Implicancia del problema	Inversión para solucionar el problema	Resultados esperados	Total
1	Baja Productividad	0.4	0.6	1.05	1.2	3.25
2	Producción de planta no cubre demanda	0.5	0.75	1.05	2	4.3
3	Problemas de Seguridad e Higiene en el trabajo	0.4	0.6	0.7	1.6	3.3
4	Falta de cumplimiento de plazos de entrega	0.4	0.45	1.05	0.8	2.7

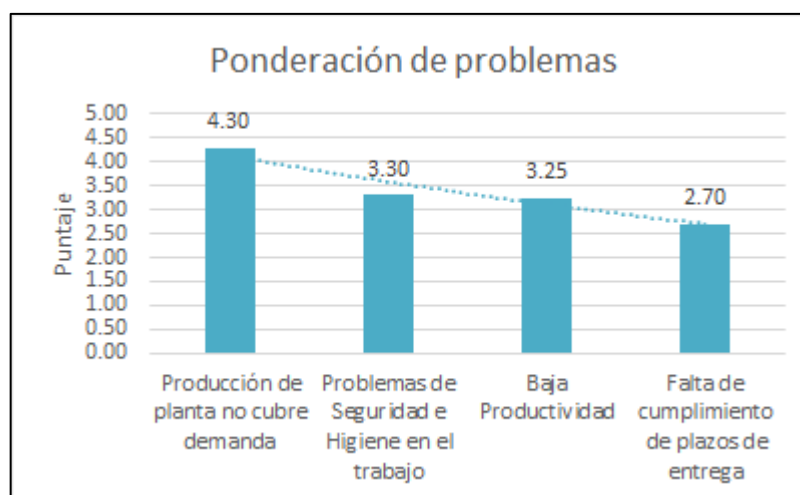


Figura 28: Ponderación de problemas

Como consecuencia, en la figura 28 se visualiza que los problemas con mayor impacto es que la producción de planta no cubre la demanda, con una cifra de 4.30, y la presencia de los problemas de seguridad e higiene en el trabajo con un calificativo de 3.30. Además, se considera el tercer y cuarto problema, podrían ser abordados, analizando las causas de los dos principales problemas. Es por ello que se realizará el análisis y diagnóstico de estos.

### **3.2.2 Lluvia de Ideas**

La empresa ha identificado como problemas principales a que la producción en planta no cubre la demanda, y al estado de la seguridad e higiene en el trabajo. A continuación, se enlista las causas observadas haciendo uso de la lluvia de ideas. Para ello, se entrevistó a operarios como líderes de planta sobre el porqué suponen se generen ambos problemas principales:

- Flujo de los materiales inadecuado
- Carencia de materia prima
- Inexistencia de procedimiento pre establecido
- Problemas de mantenimiento de máquina
- Cuellos de botella
- Procesos no estandarizados
- Inadecuada distribución de planta
- Falta de verificación del producto en proceso
- Inadecuado manejo de desperdicios
- Falta de señalización
- Operaciones repetitivas
- No hubo estudio de disposición de planta
- Ausencia de herramientas dentro de las zonas de trabajo
- Inapropiada localización de las maquinarias
- Falta de Presupuesto
- Pérdida de herramientas
- Falta de evaluación a personal
- Incumplimiento del plan de producción
- Mala distribución de áreas de trabajo
- Tiempo improductivo
- Falta de capacitaciones
- Traslado innecesario de un área a otra

- Alto número de accidentes e incidentes
- Repetidas paradas de máquina
- Falta de tecnología
- Mala estructura de comunicación
- Omisión de instrucciones
- Mal uso de los equipos
- Falta de atención
- Alta fatiga del operario
- Alteración del estado emocional normal
- Indiferencia de operarios
- Iluminación deficiente
- Alto nivel de ruido
- Puestos de trabajo no ergonómicos
- Entrenamiento inicial inadecuado
- Imprudencia de operarios
- Fatiga del operario

En el anexo 2, se puede evidenciar algunas de las causas presentadas en la lluvia de ideas.

### **3.2.3 Diagrama de Causa – Efecto**

Después de planteadas, mediante la lluvia de ideas, las causas potenciales que podrían originar ambos problemas principales, es presentado el Diagrama de Causa-Efecto en la figura 29 y 30 para cada uno de estos, debidamente agrupadas en 4 factores según Ishikawa: “Métodos de trabajo, Materiales, Maquinaria y Herramientas, y Personal”. Siendo así que se clasifican como graves (1), “para aquellas causas cuyo impacto sea mínimo frente a los otros”; muy graves (2), “las que impacten en un menor nivel al problema principal”; y críticas (3), “las que influyan de primera mano al problema fundamental y cualquiera de los otros factores, por lo que se iniciará en atacar a estas últimas”.

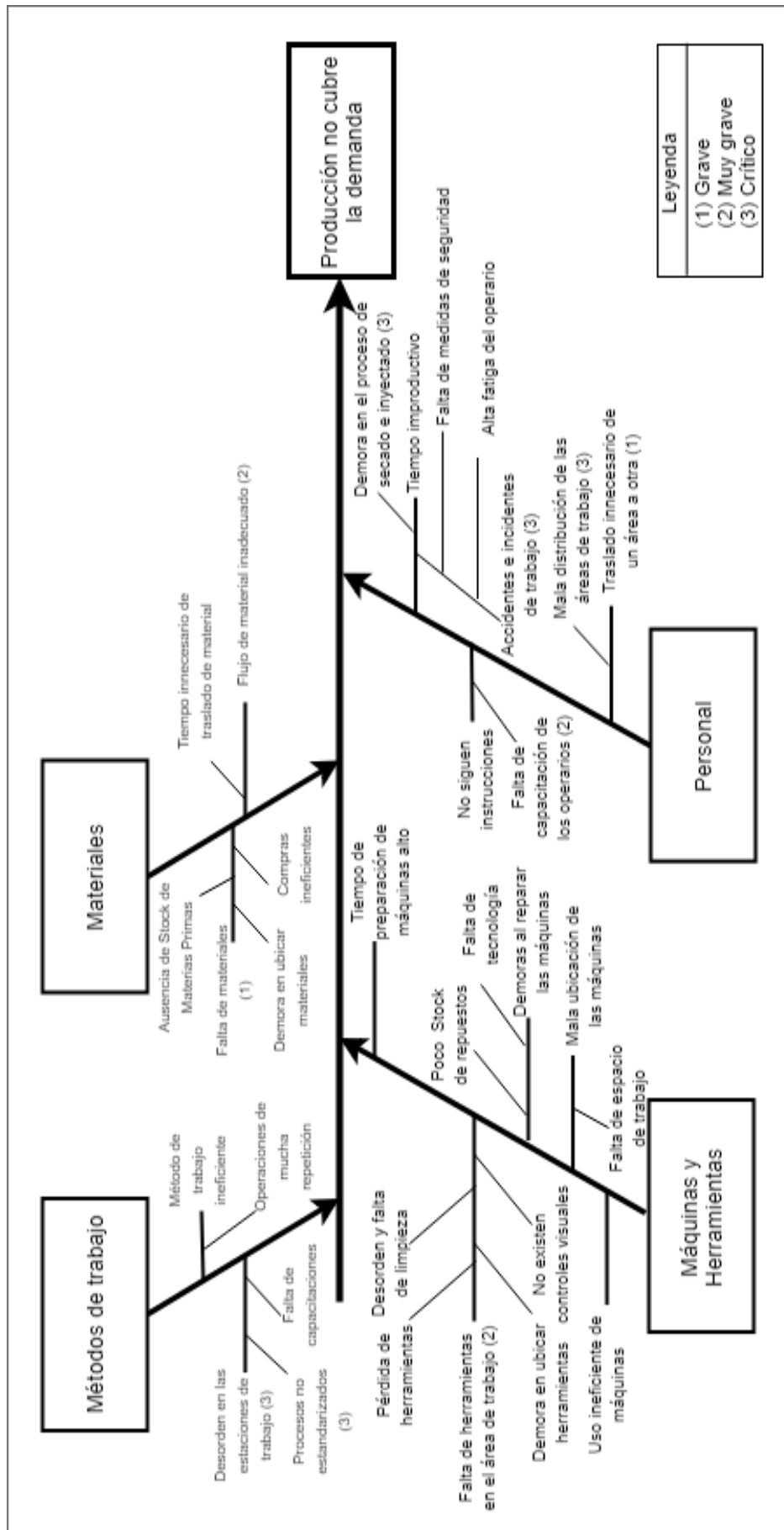


Figura 29: Diagrama de Causa-Efecto del primer problema

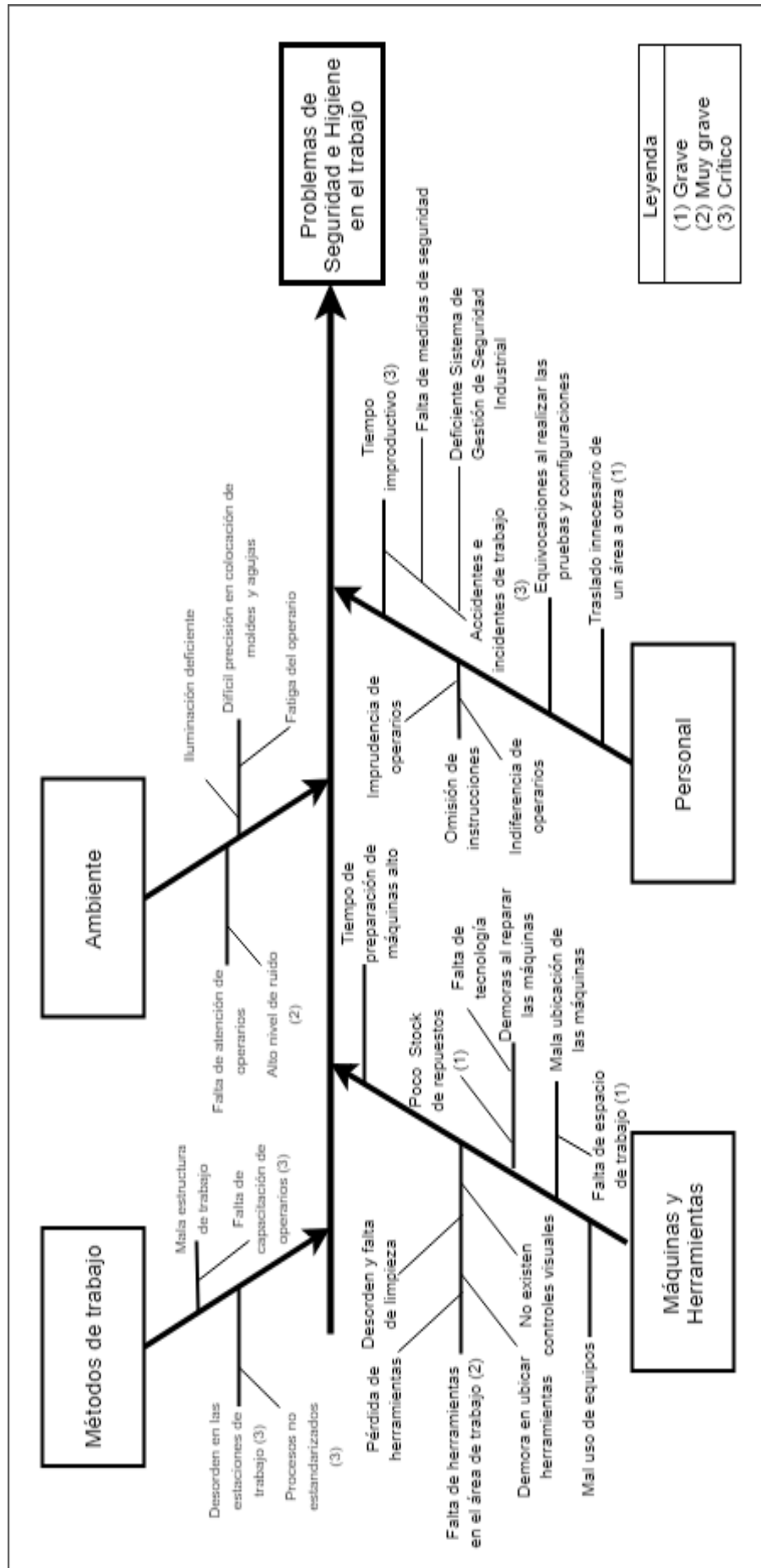


Figura 30: Diagrama de Causa-Efecto del segundo problema

### 3.2.4 Análisis relacional de las causas fundamentales

En esta sección, el enfoque es el de analizar y evaluar los problemas, bajo el estudio de cada causa raíz observadas dentro de la figura 31.

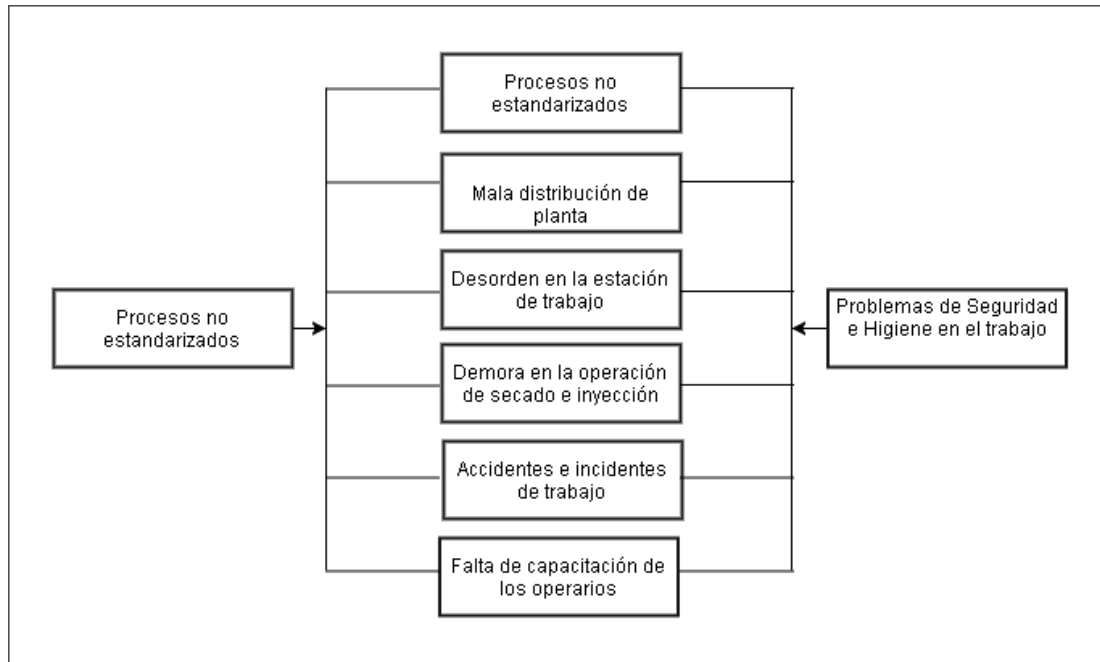


Figura 31: Causas fundamentales

Se procede a detallar las causas fundamentales mencionadas anteriormente:

#### a) Procesos no estandarizados

Ninguna área dentro de la planta productiva posee "Manuales de Organización y Funciones" (MOF), ni tampoco con documentos afines. Esto origina que el trabajador no encuentre información sobre la cual basarse para poder hacer su trabajo de manera correcta, por lo que desarrolla su propia forma y ritmo de trabajo, es por ello que, según el anexo 5, existe defectos o reprocesos. (Ver figura 32).

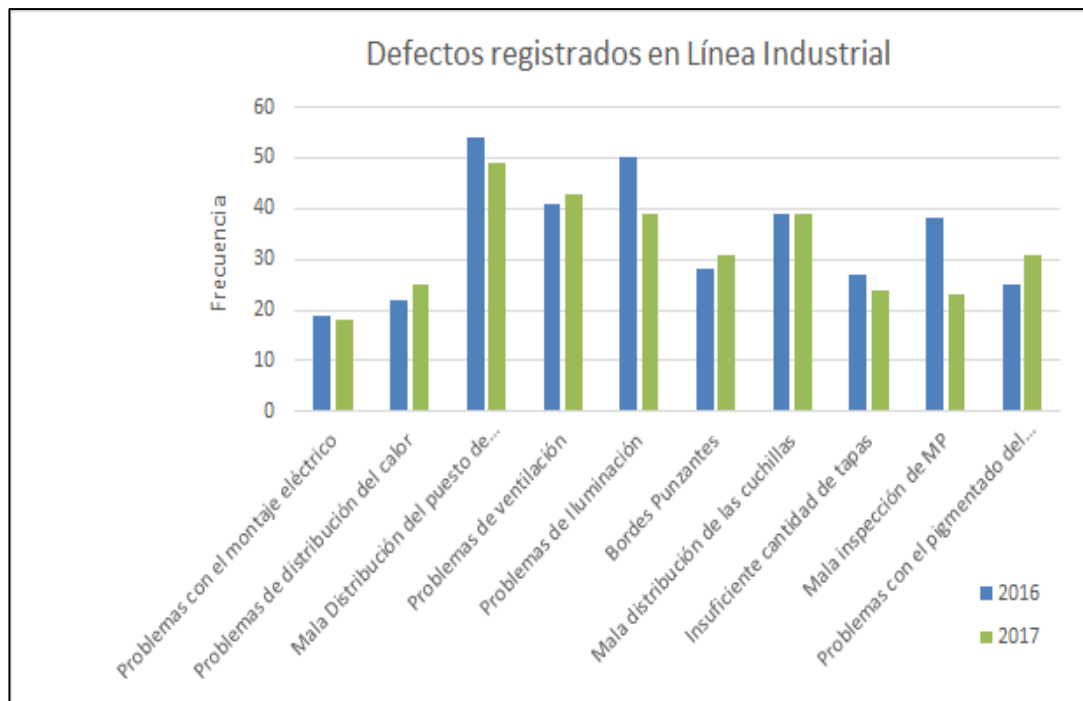


Figura 32: Defectos registrados en Línea Industrial

Las zonas de trabajo con mayor nivel de criticidad en cuanto a la ausencia de procedimientos homologados, son las de inyección y soplado, áreas en las cuales los operarios actúan en base solo a la experiencia.

#### b) Mala distribución de planta

Existe una inadecuada distribución de las áreas de trabajo dentro de la empresa, donde evidencian la falta de señalización y delimitación entre áreas, tal como se puede observar en la figura 17. Tras ser esta una de las causas fundamentales, se procede a detallar lo relacionado al tipo de distribución que tiene la planta, los principios con los que debería cumplir según una adecuada distribución, los alcances y limitaciones, y por último los factores de distribución.

##### b.1. Tipo de distribución:

El tipo de distribución de la planta es por proceso, debido a que en el ciclo de producción las operaciones que corresponden a un mismo tipo de actividad, se encuentran agrupadas en un área común.

##### b.2. Principios Básicos:

Se procede a analizar los principios básicos en la empresa:



- Integración de conjunto: Las operaciones realizadas en la planta productiva, sí se encuentran con una adecuada integración. Los trabajadores saben qué es lo que deben hacer basados sólo en la experiencia. Las máquinas empleadas en la planta son las adecuadas para el proceso.
- Mínimo recorrido total: Se evidencia que el principio de recorrido de distancias mínimas entre estaciones de trabajo no se cumple, debido a que existen retrocesos dentro del flujo productivo, e idas y vuelta dentro de las diferentes secciones del establecimiento. A pesar de que la máquina inyectora está ubicada a 10 metros del almacén, el recorrido es de 20 metros como se puede apreciar en la figura 17, dentro del layout.
- Óptimo flujo: Según lo mencionado en el punto anterior, no se cumple el principio de óptimo flujo, ya que la distancia entre máquinas y/o almacenes aumenta el número de cruces durante el proceso productivo.
- Espacio cúbico: Se observa que en la planta de producción no se está aprovechando adecuadamente el espacio cúbico, ya que se genera saturación en los espacios. Esta situación se observa principalmente en el área de embalaje, en la que se apilan los bidones terminados, hasta su máxima altura posible.
- Satisfacción y seguridad: Se constata que los operarios tienen asignado vestimentas de seguridad, tales como el mameluco y mascarillas, sin embargo, no utilizan la vestimenta la mayor parte del tiempo. El uso de estos implementos ayudaría a los operarios a prevenir cualquier tipo de accidente. Además, para el traslado de los bidones de una zona a otra, el personal debe levantar la carga. En el anexo 6, se muestra el número de accidentes al año por línea productiva.
- Flexibilidad: Las máquinas funcionan correctamente, sin embargo, hay evidencia registrada del número de paradas de máquina, estas se deben a la falta de material, mal uso de las máquinas, o errores por parte del operario. El número de paradas de máquina se puede observar en la tabla 12.

### b.3. Factores de planta

- Factor material: La materia prima es adquirida mediante proveedores locales de confianza. Se requiere que estos insumos cumplan con las especificaciones técnicas pre establecidas por la empresa, es por ello que existe un proceso de inspección antes de la compra de los mismos. Las materias primas empleadas son el polietileno de alta densidad, polietileno recuperado, los diversos pigmentos, así como el máster, tal como se observa en la figura 20.

Tabla 20: Material

TIPO	UNIDAD DE CARGA	CANTIDAD (mensual)	PESO (g)	ESTADO O CONDICIÓN	ESPECIFICACIONES
Polietileno alta densidad	25 Kg / Saco	30 toneladas	30 Kg MP	Sin residuos	Paletizado
Polietileno recuperado	40 Kg / Saco	30 toneladas	30 Kg MP	Sin residuos	Paletizado
Pigmentos	1 Kg / Saco	100 gr	10 Kg MP		
Máster (pigmento paletizado)	-	-	-	-	Códigos Estándar

Los desperdicios más comunes que se presentan en la empresa se generan en la operación de corte de rebabas, estimándose acorde a información brindada, que los desperdicios representan un 0.5% del total de producto terminado.

Lo que se identificó como causas más frecuentes de la generación de reprocesos fueron la presencia de porosidades que exceden el límite fijado, y otras causas que se pueden observar en el anexo 5, por lo que no se cumple con los requerimientos establecidos. En promedio, según información de la empresa, de 5 a 10 bidones diarios son enviados a ser reprocesados para obtener el adecuado cambio de pigmento.

- Factor Maquinaria: Los trabajadores no usan adecuadamente las máquinas, las sobre esfuerzan. La planta cuenta con una máquina inyectora de plástico de modelo ETC V218 H, cuyas dimensiones son 6 m de longitud, 3.5 m de ancho y 1.5 m de altura con un peso aproximado de 3 toneladas. Esta máquina es semiautomática, y cuenta con ciertos requerimientos para su adecuado funcionamiento:

- ✓ Durante el proceso de inyectado, se requiere de un sistema de refrigeración accionado por llave para que la máquina no pierda eficiencia debido a sobrecalentamientos, para lo cual se usa agua congelada (en baldes de 10 litros) como refrigerante, además, cuenta con un sistema de desagüe para la adecuada circulación y posterior eliminación de dicho líquido.
- ✓ Cuenta con conexiones hacia el suministro eléctrico y agua, sin estas conexiones, no podría darse el funcionamiento.
- ✓ No necesita sistemas de extracción de gases o ventilación, ya que al ser interna la quema de plástico no expulsa gases emitidos al exterior.
- ✓ Cuenta con tableros de voltaje, temperatura, encendido / apagado de resistencias eléctricas. Estos tableros son programados por los ingenieros encargados para un adecuado funcionamiento de la máquina.

Además, la planta cuenta con 6 máquinas de soplado de uso manual, cada una con dimensiones de 3.5 m de longitud, 3 m de ancho y 2 m de altura y un peso aproximado de 10 toneladas cada máquina. Las máquinas cuentan con ciertos requerimientos para su funcionamiento:

- ✓ Cuenta con un sistema de refrigeración y alcantarillado, para lo cual se usa agua que es succionada y reutilizada mediante la utilización de una bomba.
- ✓ Mediante los tragaluces, las máquinas tienen un sistema de ventilación y extracción de gases.
- ✓ Cuenta con conexiones al suministro eléctrico, a un tanque de GLP (Gas Licuado de Petróleo), a aire acondicionado y a agua.
- ✓ Cuenta con tableros de voltaje, temperatura, encendido / apagado de resistencias eléctricas.

De igual forma se cuenta con dos máquinas molineras de 3 metros de largo, 2 metros de ancho y 3 metros de altura y, por último, la empresa posee una máquina secadora de 1.5 m de longitud, 1.5 m de ancho y 1 m de alto.

- Factor Edificio: La planta industrial presenta la siguiente estructura:
  - ✓ Paredes: Son de material noble (cemento y ladrillos), en algunas zonas tarrajeadas y en otras no. No se ve afectada por ningún factor externo.
  - ✓ Columnas: El modo en que están alineadas ayuda al manejo de materiales y no restringe la localización de los elementos, especialmente de maquinaria grande.
  - ✓ Suelos: El suelo es de concreto y resistente como para sostener todos los equipos y maquinarias. No es resbaladizo, es indiferente a la resistencia al choque, abrasión, aislante de calor y vibración. No está afectado por la humedad ni temperatura o vapores.
  - ✓ Ventilación del ambiente: Se cuenta con dos áreas de tragaluces, mas no hay ventanas en la planta. Cabe resaltar que el trabajo está expuesto a un cierto grado de contaminación debido a los gases generados por el derretimiento del plástico, por ello el operario está sujeto a usar mascarillas por precaución.
- Factor movimiento y espera: En los puestos de trabajo las operaciones no cuentan con ninguna clase de rampa, los operarios usan 3 carretillas para cargar la materia prima; para cargar el material terminado, cuentan con 5 patos (montacargas); para el despacho y el abastecimiento de materia prima utilizan un solo camión; por último, tienen 6 cilindros para el depósito de rebabas. El diagrama de recorrido se muestra en la figura 33.

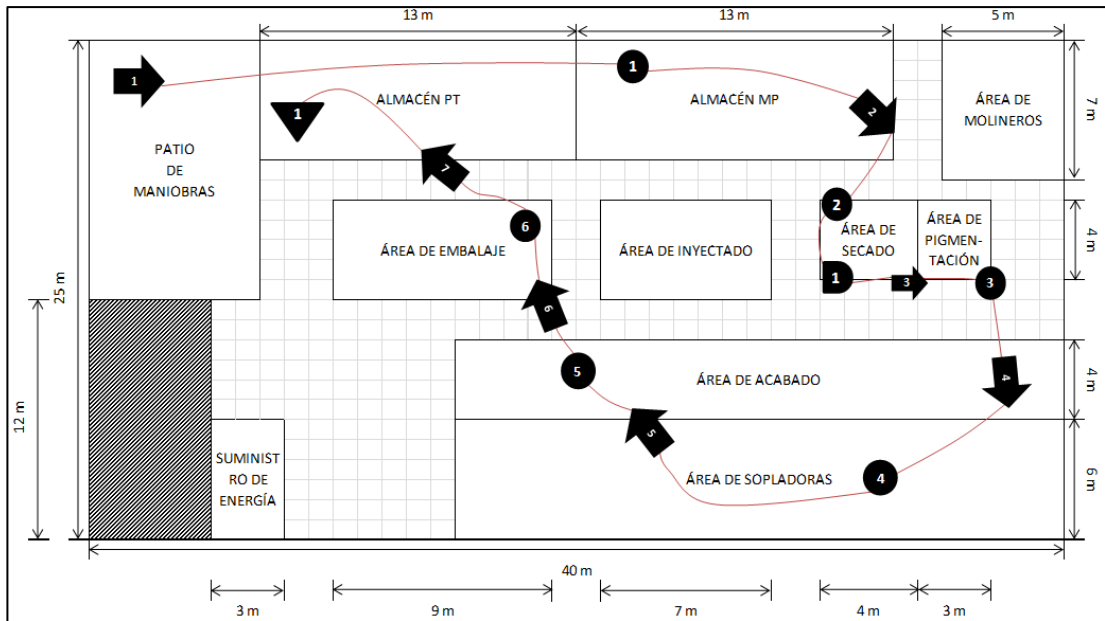


Figura 33: Diagrama de recorrido

En la tabla 21 se señalan los distintos puntos de espera en el proceso productivo, con su respectivo valor de frecuencia.

Tabla 21: Puntos de espera en el proceso productivo

TIPO	FRECUENCIA
Derretir material	30 segundos
Abastecimiento de materia prima	30 segundos
Arranque de máquina	30 minutos
Enfriamiento de bidones	1 minuto
Cambio de molde (Bidones de 5 – 10 galones)	1.5 horas

Se puede evidenciar las esperas del flujo productivo de bidones en el siguiente DAP. (Ver figura 34)

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO								<input type="checkbox"/> Operación:
PROCESO: FABRICACIÓN DE BIDONES								<input type="checkbox"/> Material:
MÉTODO:	<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto				<input type="checkbox"/> Hombre:		
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en segundos	OBSERVACIONES
Hacia almacén de MP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22	10	De aquí parte la producción
Apliado de MP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	38.68	Material reunido en baldes
Hacia zona de Secado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	30	
Verter MP a Secadora	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	18.00	Absorción de humedad. Se hace uso de secadoras
Secado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	47.03	Hasta que se alcance determinada temperatura
Hacia zona de Pigmentación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17	25	Por cada bolsa de pellet
Pigmentación de MP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	22.87	Manual, en baldes
Hacia Sopladora	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11	48	
Vertido de MP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	18	En sopladora
Prensar MP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	38.01	Manual
Espera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	51.89	La sopladora automáticamente empieza a verter el material en el molde
Acomodar Aguja	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	7.23	Para el soplado de cada pieza
Cortar Material	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	3.96	Para interrumpir el flujo de material fundido dentro del molde
Inyectado de aire y agua	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	44.36	Haciendo uso del Sistema de Refrigeración
Quitar Prensa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	4.66	Manual
Hacia zona de Acabado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	6	
Remover Rebabas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	8.27	Además se verifica que la galonera no tenga huecos. Material sobrante se regresa a la sopladora
Colocar Tapa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	5.86	
Hacia zona de Apilado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	3.04	
Apilar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	3.06	
Empaquetado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	47.90	Cada 12 galoneras unidos con rafia
Hacia almacén de PT	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	24	
Almacenar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	10	
RESUMEN	Cantidad:	13	7	1	2	1	Diagramado por: Sigueñas - Valverde	
	Tiempo:	260.86	146.04	8.26563	98.9263	10	Fecha: 03/05/2018	

Figura 34: Diagrama de Actividades del Proceso

Se puede observar el análisis de las ubicaciones de almacenaje de la planta para la materia prima en la tabla 22, y para los productos terminados en la tabla 23.

Tabla 22: Análisis de ubicaciones de almacenaje para Materia Prima

ARTÍCULO		EL ARTÍCULO ES			PELIGROS			CONDICIONES PARA CONSERVAR CALIDAD (Almacén)				Coste de transporte considerable	Necesario almacén cerca del usuario	Control de almacén necesario	Centros de producción en que se usa el material
N°	DESCRIPCIÓN	Fácil de almacenar	Pesado-voluminoso	Líquido	Quebradizo	Veneno	Inflamable	Exterior si es posible	en lugar seco	en lugar fresco	en condiciones controladas				
1	Polietileno de alta densidad	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	Sopladora e Inyectora
2	Polietileno recuperado	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	Sopladora e Inyectora
3	Pigmentos	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	Sopladora e Inyectora
4	Máster	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	Sopladora e Inyectora

Tabla 23: Análisis de ubicaciones de almacenaje para Producto Terminado

ARTÍCULO		EL ARTÍCULO ES			PELIGROS			CONDICIONES PARA CONSERVAR CALIDAD				Coste de transporte considerable	Necesario almacén cerca del usuario	Control de almacén necesario	Centros de producción en que se usa el material
N.	DESCRIPCIÓN	Fácil de almacenar	Pesado - voluminoso	Líquido	Quebradizo	Veneno	Inflamable-Explosivo	Exterior si es posible	en lugar seco	en lugar fresco	en condiciones controladas				
1	Bidones	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	Dentro de la planta

Las características señaladas anteriormente se utilizan para poder demostrar la factibilidad de centralizar la mayoría material utilizado en la planta.

- Factor Servicio: Las especificaciones sobre el factor servicio son las siguientes:
  - ✓ Principales servicios utilizados: Las jornadas laborales comienzan a las 8 a.m. todos los días, los operarios se registran con el portero para entrar a la planta mediante relojes marcadores de control manual. Asimismo, deben registrarse dentro del área administrativa. Esto

permite tener un control sobre el personal que labora durante el día en la planta. Suelen estar con pantalones jeans y polo manga larga.

El lugar cuenta con aparcamiento de vehículos, que suele estar despejado. Además, presenta servicios higiénicos que cuentan con lavados, retretes, duchas y vestuario, lo que permite al operario alcanzar adecuados estándares de limpieza después de sus actividades en la empresa. También cuenta con áreas comunes como comedores con servicio de cable (cuenta con un televisor), que permite la integración y descanso de los operarios en la hora del almuerzo.

- ✓ Protección contra siniestros: La empresa presenta altos riesgos de incendio, debido a que se trabaja con materiales inflamables, es por este motivo que debería presentar una protección contra tales riesgos. Sin embargo, la empresa solo cuenta con dos extintores de emergencia, lo que significa que a pesar de que se pueda mitigar accidentes que involucren llamas bajas, no se podrá combatir grandes incendios si la situación se presenta. Tampoco posee detectores de humo, rociadores de agua ni señalización de las salidas de emergencia.
- Factor Cambio: Durante la producción de bidones, se realiza ciertas modificaciones con el propósito de cumplir con la producción deseada en un determinado periodo de tiempo. A continuación, en las tablas se muestran los cambios que se ha podido identificar dentro de la planta de producción:



Tabla 24: Cambios en el material

CAMBIOS EN EL MATERIAL	CAMBIOS REALIZADOS	EFFECTOS EN LA PRODUCCIÓN
Modificaciones en los modelos o productos	Cambio de molde	Posibilidad de fabricar diversos tipos de productos
	Cambio de matriz	Posibilidad de producir nuevos productos en la planta
Modificación en los materiales	Cambio de pigmentos	Permite obtener productos determinados de diversos colores, lo cual aumenta la variedad de productos
Modificación en la variedad de productos	Todo el año: Bidones	La demanda de cada producto puede variar, lo que significa una variación en el uso de materiales empleados
	Setiembre, Octubre: Calabazas	
	Diciembre: Jarras y otros	

Tabla 25: Cambios en la maquinaria

CAMBIOS EN LA MAQUINARIA	CAMBIOS REALIZADOS	EFFECTOS EN LA PRODUCCIÓN
Modificaciones en las herramientas	Cambio de agujas	Evita que el material procesado presente inconvenientes durante el aplicado de este dentro de la maquinaria
	Cambio de campana	Permite que el material se filtre de forma adecuada durante su procesado

Tabla 26: Cambios en el personal

CAMBIOS EN EL PERSONAL	CAMBIOS REALIZADOS	EFFECTOS EN LA PRODUCCIÓN
Modificación en la clasificación	Cambio de personas de acuerdo a función	Reducción de demoras en temporada alta de producción

Tabla 27: Cambios en las Actividades Auxiliares

CAMBIOS EN LAS ACTIVIDADES AUXILIARES	CAMBIOS REALIZADOS	OBSERVACIONES
Modificaciones en los servicios según temporada	Cambios en las instalaciones para el personal	Mantener un ambiente de trabajo adecuado para los operarios y el personal administrativo
	Cambios en la protección de la planta	Evitar que la planta se perjudique debido a factores externos (Ejemplo: Clima, humedad, etc.)
	Cambios en la iluminación	Tener una adecuada iluminación en la planta en todo momento
	Cambios en las oficinas	Mantener un entorno agradable para el personal administrativo
	Cambios en el control de calidad	Asegurar que la calidad de los productos terminados siempre sea la mejor
	Cambios en el control de producción	Obtener una producción adecuada acorde con la demanda de productos
	Cambios en el mantenimiento	Conseguir que la maquinaria y el ambiente de trabajo se encuentre en buenas condiciones

**c) Desorden en la estación de trabajo**

Para poder evaluar la situación actual de la empresa, se utilizó la herramienta 5S, de la cual se obtuvo lo siguiente:

- **Seiri-Clasificar:** La estación de acabado presentan una gran cantidad de material sobrante, que finalmente, es depositado en la superficie del suelo, para luego ser transportados hacia contenedores para su reproceso, sin embargo, no todo el material sobrante es reprocesado por lo que se llega a botar gran cantidad de plástico. De igual forma, se observa que los instrumentos de cortado y acabado no cuentan con una ubicación establecida en su estación de trabajo, esto hace incurrir en retraso de tiempos para el operario. Asimismo, las piezas elaboradas en la estación de trabajo no cuentan con un espacio adecuado para su depósito, se encuentran localizados, la mayor parte del tiempo, al costado de las mesas de acabado. Todo esto aumenta la disminución de la calidad de la pieza y atenta contra la seguridad del operario.

- **Seiton-Orden:** En la línea de producción de bidones, el recorrido productivo se encuentra interrumpido por productos ya terminados, productos en proceso, desperdicios y mermas, ya que los procedimientos poseen diversos tiempos de producción y no se emplea correctos depósitos para estos elementos. Se identifica que no hay estación que tenga un porta-herramienta, con el cual se podrían ordenar y guardar, según el uso, los instrumentos de trabajo. Se pudo observar que no se realiza la correcta ubicación de los elementos, lo que ocasiona que los operarios pierdan tiempo en buscarlos y reubicarlos.
- **Seiso-Limpieza:** En el recorrido de la línea de producción de bidones no presencia el uso de depósitos de desperdicios ni de los materiales a reprocesar. Todas las mermas son acumuladas dentro de cada sección, en la espera de que se realice la limpieza correspondiente a la culminación del día. De igual forma, se observó gran suciedad en la indumentaria que usa diariamente el operario.
- **Seiketsu-Estandarizar:** Es importante considerar que sin la colaboración activa de los trabajadores no será posible estandarizar los cambios ya que depende de ellos que el cambio sea sustancial. La estandarización logrará uniformizar los criterios con todos los operarios. Por esta razón, se requiere del desarrollo de un sistema de identificación de anomalías.
- **Shitsuke-Disciplina:** Se tiene que evitar que las herramientas y materiales comienzan a acumularse, después de la implementación de 2S. La disciplina representa un papel importante para la mantención de los cambios realizados. Esta etapa es importante ya que sin su realización los elementos volverían a presentar suciedad lo ocasionaría un mal funcionamiento.

#### **d) Demora en la operación de secado e inyección**

Se hizo la toma de tiempos del proceso productivo de la línea de producción de bidones y se obtuvo la información mostrada en la tabla 28:

Tabla 28: Cuellos de botella en la línea de inspección

Operaciones	Tiempo
Derretir material	30 segundos
Abastecimiento de materia prima	30 segundos
Arranque de máquina	30 minutos
Enfriamiento de bidones	1 minuto
Cambio de molde	1.5 horas

Para la determinación de suplementos se tuvo la consideración de que todos los operarios en planta son hombres, por lo cual se obtuvo un total de 15% de suplementos, el detalle se encuentra en la tabla 29.

Tabla 29: Determinación de Suplementos

Suplementos por descanso	
Suplementos por fatiga básica	4%
Suplementos por necesidades personales	5%
Suplementos variables	0%
Otros suplementos	
Suplementos por contingencia o por eventualidades (inevitables)	4%
Suplemento excepcional, a nivel de desempeño	0%
Actividades que no forman parte del ciclo de trabajo	2%
<b>Total de suplementos (%)</b>	<b>15%</b>

Para calcular la valoración se observó al operario y se valoró su ritmo de trabajo de acuerdo a la Escala Británica mostrada en la tabla 30.

Tabla 30: Índice de Valoración

Escala 0-100	Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable (1) (Km/h)
0	Actividad nula	0
50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	3.2
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de operario no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	4.8
100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de operario calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	6.4
125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del operario calificado medio	8
150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por varios periodos; actuación de "virtuoso" sólo alcanzada por algunos trabajadores sobresalientes.	9.6

Asimismo, para la toma de tiempos, se realiza el cálculo de la cantidad de observaciones necesarias con el método tradicional (ver tabla 31), en el cual se tomaron 5 muestras iniciales para hallar la ratio R/X.

Tabla 31: Calculo del número de observaciones (Tamaño de la Muestra)

N°	Elementos	TIEMPOS OBSERVADOS				
		T1	T2	T3	T4	T5
Para la Tapa						
1	Recepción de MP e Inspección	45.1	41.7	42.5	35.9	47.4
2	Secado	60.2	62.9	59.7	62.1	62.5
3	Pigmentado	14.6	9.4	11.7	12.6	8.9
4	Inyección	31.6	32.9	29.8	27.3	31.2
5	Quitar Tapa	5.7	4.8	4.9	4.8	5.2
Para el bidón						
1	Recepción de MP e Inspección	49.3	44.2	46.6	42.3	44.7
2	Secado	57.4	51.2	53.1	53.8	51.5
3	Pigmentado	23.5	19.3	21.7	18.9	20.3
4	Fundición	39.5	34.3	36.8	35.5	34.9
5	Prensado	27.9	25.4	24.8	26.1	23.4
6	Acomodar moldes/agujas	7.6	6.1	6.9	6.3	7.5
7	Corte	4.9	3.1	3.3	1.9	3.2
8	Inyección	39.1	36.6	36.9	36.3	35.1
9	Quitar Prensa e Inspección	8.6	5.2	6.7	6.5	4.9
10	Corte e Inspección	7.9	7.1	4.8	4.9	6.3
11	Ensamble	2.1	7.9	3.2	5.4	1.9
Total		425.0	392.1	393.4	380.6	388.9

Suma de las 5 observaciones	1,980.00
Rango(Mayor-Menor)	44.40
Media Aritmética	396
R/X	0.14

Tabla 32: Tabla para cálculo del número de operaciones

R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1	1	0.5	74	42
0.02	1	1	0.52	80	46
0.03	1	1	0.54	86	49
0.04	1	1	0.56	93	53
0.05	1	1	0.58	100	57
0.06	1	1	0.6	107	61
0.07	1	1	0.62	114	65
0.08	1	1	0.64	121	69
0.09	1	1	0.66	129	74
0.1	3	2	0.68	137	78
0.12	4	2	0.7	145	83
0.14	6	3	0.72	153	88
0.16	8	4	0.74	162	93
0.18	10	6	0.76	171	98
0.2	12	7	0.78	180	103
0.22	14	8	0.8	190	108
0.24	13	10	0.82	199	113
0.26	20	11	0.84	209	119
0.28	23	13	0.86	218	126
0.3	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.9	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.4	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Fuente: Salazar (2016)

Con el resultado de  $R/X=0.13$ , se buscó dentro de la tabla 32, resultando un número de 6 observaciones, para efectos de mayor precisión se tomaron 10 observaciones.

Tabla 33: Toma de tiempos para el bidón

Parte	N°	Elementos	TIEMPOS OBSERVADOS (EN SEGUNDOS)										TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS 15%	TIEMPO ESTÁNDAR
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10					
B I D Ó N	O1	Recepción de MP e Inspección	47.3	46.2	50.6	44.3	44.7	44.49	43.78	43.07	42.36	41.65	44.85	75	33.63	5.05	38.68
	O1	Secado	57.4	53.2	59.1	58.8	54.5	56.54	56.52	56.5	56.48	56.46	56.55	100	56.55	8.48	65.03
	O2	Pigmentado	23.5	20.3	21.7	20.9	20.3	19.6	19.02	18.44	17.86	17.28	19.89	100	19.89	2.98	22.87
	O3	Fundición	37.5	36.3	36.8	35.5	36.9	36	35.8	35.6	35.4	35.2	36.10	125	45.13	6.77	51.89
	O4	Prensado	24.9	25.4	24.8	26.1	26.4	26.63	27	27.37	27.74	28.11	26.45	125	33.06	4.96	38.01
	O5	Acomodar moldes/aguja	7.6	8.1	6.9	8.3	8.5	8.48	8.68	8.88	9.08	9.28	8.38	75	6.29	0.94	7.23
	O6	Corte	2.7	4.1	3.3	1.9	4.2	3.48	3.56	3.64	3.72	3.8	3.44	100	3.44	0.52	3.96
	O7	Inyección	39.1	38.6	36.9	37.3	40.1	38.61	38.68	38.75	38.82	38.89	38.58	100	38.58	5.79	44.36
	O8	Quitar Prensa e Inspección	6.6	6.2	6.7	6.5	4.9	5.25	4.94	4.63	4.32	4.01	5.41	75	4.05	0.61	4.66
	O12	Corte e Inspección	4.9	7.1	4.8	4.9	6.3	5.78	5.84	5.9	5.96	6.02	5.75	125	7.19	1.08	8.27
T A P A	O13	Recepción de MP e Inspección	41.78	43.71	42.56	38.91	41.44	38.66	37.44	36.22	35.45	33.78	39.00	75	29.25	4.39	33.63
	O9	Secado	62.94	66.93	65.71	63.17	62.53	60.72	59.27	57.68	56.16	54.64	60.98	100	60.98	9.15	70.12
	O10	Pigmentado	9.44	12.4	11.7	12.6	8.05	8.92	7.47	6.93	5.77	4.92	8.82	100	8.82	1.32	10.14
	O11	Inyección	31.68	32.91	29.8	30.3	31.2	30.14	29.8	29.46	29.12	28.78	30.32	100	30.32	4.55	34.87
O4	Quitar Tapa	5.72	5.29	4.95	5.88	5.95	5.24	5.2	5.16	5.12	5.08	5.36	125	6.70	1.00	7.70	
BIDÓN	O12	Ensamble	2.48	3.91	4.38	4.91	3.12	2.84	5.88	5.92	4.96	2.37	4.08	125	5.10	0.76	5.86
TIEMPO CICLO TOTAL																447.29	

Se obtuvo así un tiempo de ciclo total de 447.29 segundos. Como se muestra en la tabla 33, los procesos cuellos de botella dentro de la línea son en las áreas de secado e inyección. Esto se debe a que, en el proceso de secado, los operarios no muestran interés en realizar seguimiento a que la operación se realice adecuadamente por lo que dejan al material expuesto a más segundos de secado innecesarios y que retrasan la producción. En cuanto a la inyección, es la operación con mayor complejidad y en la que se requiere mayor experiencia en la manipulación de la máquina. Solo dos operarios son capaces de manejarla adecuadamente y de manera continua, al no estar disponible alguno de ellos, la operación no es realizada con fluidez lo que ocasiona demoras.

#### **e) Incidentes y accidentes de trabajo**

La tabla 34 presenta la matriz IPER, en donde se han identificado los riesgos de la situación actual, así como su relevancia dentro de la empresa. La valorización de la matriz se encuentra en el anexo 11.

Se demuestra que, el desorden y aseo, falta de señalización y delimitación de espacios representan los mayores riesgos, lo cual no permite que se realice un flujo continuo de la producción.

#### **f) Falta de capacitación a los operarios**

Se observa en la planta que la falta de entrenamiento en la manipulación de las máquinas ocasiona que el operario cometa bastantes errores. Como se mencionó anteriormente, la máquina de inyección requiere de un manejo especial para que el producto final sea óptimo y son pocos los operarios que la manejan con fluidez. Asimismo, se manifestó insatisfacción en cuanto al sueldo que perciben los trabajadores, esto se evidenció en las conversaciones que se tuvo con los operarios de planta, en donde 7 de los 10 trabajadores se mostraron insatisfechos con los beneficios ofrece la empresa, por lo que se necesita implementar un programa de capacitaciones, entrenamientos educativos e incentivos para los operarios que realizan las revisiones técnicas.

Tabla 34: Matriz IPER

PROCESO	ACTIVIDAD (Iniciativa - No Iniciativa)	POR EMPRESA	POR EMPRESA	PUERTO DE TRABAJO (ocupación)	RIESGOS			MEDIDA DE CONTROL	EVALUACIÓN DE RIESGOS				HIGIENE OCUPACIONAL		PLAN DE ACCIÓN		
					FUENTE SITUACIÓN	ACID	INCIDENTES POTENCIAL		SEVERIDAD (S)	EVALUACIÓN DEL RIESGO	NIVEL DE RIESGO	ESTATE EVALUACIÓN DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO	SEGURIDAD		Probabilidad (P)	
																	Seguridad
s	R	X	X	Operario de máquina	1	Advertencias o poco claras o inesistentes (auditiva y visual)	No se requiere de protección personal	Exposición a Ruido	No se evidencian control de emisiones de ruido	9	6	54	Importante	NO	Importante	Medidas de seguridad e implementación de EPP para las operaciones en cuestión.	
					1	Equipos sin mantenimientos o emisiones de funcionamiento	Pérdida inaleceada	Contacto con objetos punzantes	No se evidencian	5	6	30	Medio	NO	Bajo		
					1	Falla de manual de instrucciones (original)	Mal manejo de materiales, equipos e insumos	Golpeado con objeto o herramienta	No hay control	3	4	12	Bajo	SI - Cualitativa	Bajo		Se establecieron acciones específicas de control, las cuales debieron ser documentadas e incorporadas en plan o programa de seguridad del lugar donde se establece este peligro. El control de estas acciones, debe ser realizado en forma anual.
					1	Falla de la Hoja de Datos de Seguridad	Falta de conocimiento / Ocas	Atrapamiento entre objetos en movimiento o fijo y movimiento	No hay control	3	8	24	Medio	SI - Cuantitativa	Importante		
					1	Iluminación insuficiente	Fatiga físico o fisiológico	Golpeado con objetos o equipos	Ausencia de Medidas de Iluminación	5	4	20	Medio	NO	Importante		Se establecieron nuevos sistemas de iluminación para el correcto alumbrado de las instalaciones
					1	Falla de orden y acceso	Intento inapropiado por ahorrarse tiempo o esfuerzo / cambio incontrolable	Contacto con objetos punzantes	No hay control	9	6	54	Importante	SI - Cualitativa	Critico		Las medidas de control y otras especificar complementarias, deben ser incorporadas en plan o programa de seguridad y salud ocupacional del lugar donde se establece este peligro. Se establecieron objetivos y metas a alcanzar con la aplicación del plan o programa. El control de las acciones llevadas en el programa, debe ser realizado en forma mensual.
					1	Superficies resbalantes	No se requiere de protección personal	Contacto con objetos calientes	Ubicación puestos de trabajo	5	6	30	Medio	SI - Cualitativa	Importante		
					1	Falta de señalización	No advertir / señalizar	Caida al mismo nivel	Ausencia de señalización del área de trabajo, ausencia de una salida adecuada de evacuación	9	8	72	Critico	SI - Cuantitativa	Critico		
					1	Falta de delimitación de pisos	Omitir o reutilizar dispositivos de protección	Caida al mismo nivel		9	8	72	Critico	SI - Cuantitativa	Critico		
					1	Movimiento repetitivo -Agente Ergonomico	Fatiga debido a carga o duración la hora!	Exposición a movimientos repetitivos -Agente Ergonomico	No se evidencian	5	4	20	Medio	NO	Importante		Incorporar capacitaciones en cuanto al manejo de materiales y adecuada realización de las operaciones para evitar movimientos repetitivos
h	R	X	X	Operario de máquina	1	Calor	Acción de terceros	Exposición a Calor	No se evidencian	3	4	12	Bajo	NO	Bajo	Incorporar o actualizar puestos de trabajo a Programa de Seguimiento Ambiental / Salud.	
					1	Labores en espacios confinados	Limitaciones de movimiento	Golpeado con objeto o herramienta	No se evidencian	5	4	20	Medio	NO	Importante		
					1	Manejo con objetos calientes o fundidos	Mal manejo de materiales, equipos e insumos	Contacto con objetos calientes	Utilización de Trapos para manipulación	9	8	72	Critico	SI - Cualitativa	Critico	Se establecieron acciones específicas de control de peligro, las cuales deben ser incorporadas en plan o programa de seguridad y salud ocupacional del lugar donde se establece este peligro. El control de las acciones, debe ser realizado en forma trimestral.	



### 3.3 Problemas observados vs herramientas a utilizarse

Después del análisis del diagrama causa – efecto, se elabora un cuadro con las herramientas propuestas a utilizar para atacar el problema principal: la capacidad de producción no cubre la demanda. A continuación, en la tabla 35, se muestra el resumen de los problemas identificados con las herramientas que se utilizarán en el capítulo cuatro para atacarlos:

Tabla 35: Problemas observados vs herramientas

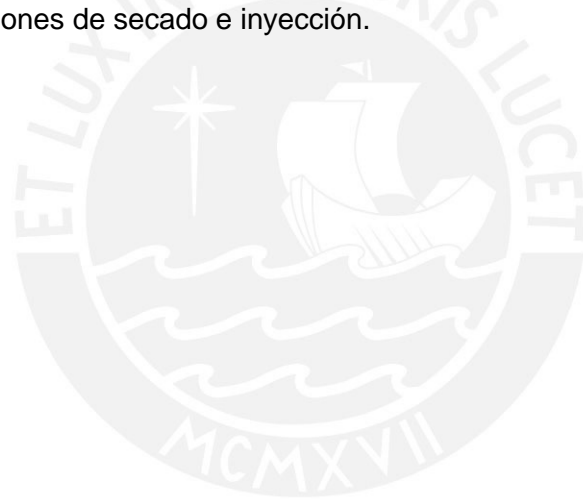
Procesos no estandarizados	Herramientas a utilizarse
Mala distribución de planta	Distribución de Planta
Desorden en la estación de trabajo	5S's
Demora en la operación de secado e inyección	Estudio de Tiempos
Incidentes y accidentes de trabajo	Seguridad Industrial
Falta de capacitación a los operarios Procesos no estandarizados	Estudio de Métodos

### 3.4 Conclusiones del análisis y diagnóstico de la empresa

- El área crítica a analizar es la de producción en la que se abarcará la línea industrial, cuyo producto principal es el bidón. Esta línea es la que necesita mayor enfoque ya que representa más del 80% de los ingresos por venta y evidencia graves problemas y oportunidades de mejora.
- En el análisis y diagnóstico, se logró identificar como primer problema principal que la producción no cubre la demanda, presentándose un mayor déficit en el mes de julio con solo un 70% de cumplimiento promedio en los años 2016 y 2017 y, se tiene un 73% de cumplimiento anual para el 2016 y un 76% para el 2017. Esto genera utilidad perdida para la empresa, ocasionando problemas con los clientes externos.
- Como segundo problema principal está el nivel de SST los cuales presentan niveles deficientes en el registro de accidentes e incidentes durante el periodo 2016 y 2017, con una tendencia creciente en el último año en mención. Se evaluó este problema utilizando la matriz IPER donde se encontró 4

problemas críticos dentro de la planta que deben ser atacados a la brevedad: Falta de señalización y delimitación de pisos, falta de EPP para los trabajadores y el recurrente manejo de materiales calientes y fundidos.

- Los dos problemas principales están relacionados con las siguientes causas: Los procesos no se encuentran estandarizados, existe una inadecuada distribución de planta, no existe orden en las áreas de trabajo, y demoras en operaciones del proceso productivo (inyección y secado), así como un alto número de accidentes, alrededor de 39 accidentes al año (evaluado en 2016 y 2017). Se requerirá poner enfoque en solucionar tales problemas, aplicando herramientas como las 5S, en cuanto al orden y la limpieza; mejorar las condiciones de seguridad, mediante un adecuado sistema de gestión; y proponer una adecuada distribución de planta. Además, se hará uso del Estudio de Métodos y Tiempos para reducir los cuellos de botella en las operaciones de secado e inyección.



## **CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA**

En este capítulo se muestran las propuestas de mejora planteadas después del análisis realizado en el capítulo tres. En general, se proponen las siguientes herramientas:

- La aplicación de la Herramienta 5S en el área de producción para la realización de la clasificación, orden y limpieza de las zonas de trabajo, materiales y equipos.
- El Estudio de Métodos para el incremento de la eficiencia del trabajo de los trabajadores de producción.
- El Estudio de Tiempos para determinar tiempos estándar para la elaboración de bidones.
- El Balance de Línea para la determinación de la cantidad de operarios y maquinaria para la producción de los bidones.
- La Seguridad Industrial para establecer las condiciones básicas de seguridad, así como de salud en el trabajo.
- La implementación de la redistribución de la planta, donde se determinarán los pronósticos, relaciones de actividades, balances de línea, layout de bloques unitarios, necesidad de espacios y el respectivo análisis de alternativas obtenidas.
- La Automatización Industrial en la producción de bidones, incluida sobre la nueva redistribución de planta.

### **4.1 Aplicación de las 5S**

En primer lugar, para la implementación de la metodología se debe saber qué aspectos son necesarios para su aplicación. El alcance de esta aplicación abarca toda el área de producción, así como ciertas zonas de la empresa que se encuentran comprometidas en la producción (área de moldes, molineros, secadoras, soploras e inyección y área de almacenamiento).

Los objetivos específicos de la implementación del proyecto se describen a continuación:

- Realizar la capacitación tanto a los operarios del proceso productivo como al personal administrativo de la empresa sobre las consideraciones y objetivos de la herramienta 5S.
- Implementación de las 5S en todo el flujo productivo de la empresa.

- Realización de estándares de acondicionamiento básico de orden, seguridad y aseo por cada estación de trabajo.
- Nombramiento de los líderes por cada procedimiento, para lograr la mantención de la metodología en cuanto a la seguridad, orden y aseo.
- Construcción de una herramienta de riguroso control para la conservación de las 5S en toda la empresa.

Para la implementación de las 5S, se iniciará con el planeamiento y organización del proyecto; y posterior a esta primera etapa, se realizarán las actividades establecidas en el cronograma realizado.

#### **4.1.1 Organización y planeación inicial del proyecto**

En el comité de directores de la empresa se determina la fase inicial del proyecto que consiste en la selección de las áreas a modificar, las fases en conjunto con las actividades clave a realizar, los responsables de cada área, los recursos y la duración respectiva. A continuación se describen etapas anteriormente mencionadas:

##### **Selección del área de implementación**

Se observa una planta productiva desorganizada, por lo que la mejora está enfocada en la línea de bidones que cuenta con las siguientes secciones: Secado, inyección, molineros, pigmentación, embalaje, sopladoras, acabado, almacén de materia prima y de productos terminados.

La aplicación de la herramienta no se hará en simultáneo ya que representaría paradas en la producción, se realizará de acuerdo al orden que poseen los procesos y se tendrá especial consideración en las secciones de inyección y secado ya que en estas se realizan las actividades principales de producción, por ende, ocasionan cuello de botella en la línea de producción de bidones.

Se muestra en la tabla 36 los criterios seleccionados para agrupar las diferentes áreas de trabajo.

Tabla 36: Criterios de selección de áreas de trabajo

Características de selección	Sección con poca carga de trabajo	Sección con demasiada carga de trabajo	Operaciones compartidas por operarios	Secciones que comparten área	Secciones con operaciones similares
Almacén de la materia prima			X		X
Almacén de productos terminados			X		X
Área de molineros	X				
Área de secado	X			X	
Área de pigmentación				X	
Área de inyectado	X				
Área de embalaje		X			
Área de sopladores		X		X	
Área de acabado		X		X	

Con este análisis se procede a realizar la agrupación de las secciones:

- Primer grupo: Almacén de materia prima y producto terminado.
- Segundo grupo: Área de molineros e inyectado.
- Tercer grupo: Área de secado y pigmentación.
- Cuarto grupo: Área de embalaje, sopladores y acabado.

El orden de la aplicación, se determina mediante el análisis de lo siguiente: Movimientos y traslados innecesarios, tiempo para localizar herramientas y materiales, grado de incidentes y/o accidentes, presencia de desperdicios y productos defectuosos, compromiso y responsabilidad del operario.

La medición de estos parámetros se determina por la periodicidad con la que se presentan; es decir, si el criterio tiene una baja ocurrencia en el grupo, se le colocará 1 y 6 si la presencia es alta en la agrupación de secciones. Se determinó el resultado final mediante la multiplicación del peso de cada criterio, con su respectivo puntaje de ocurrencia, el cual fue analizado junto con el dueño de la empresa y el jefe de producción. Con el resultado de esta operación, se obtuvo el orden de aplicación de las 5S en las agrupaciones, esto se muestra a continuación en la tabla 37.

Tabla 37: Orden de aplicación de las 5S's

Secciones	Movimiento y traslados innecesarios	Tiempo para localizar herramientas y materiales	Grados de incidentes y/o accidentes	Presencia de desperdicios y productos defectuosos	Compromiso y responsabilidad del operario	Puntaje final	Orden de aplicación
	25%	30%	20%	15%	10%		
Almacén de materia prima y producto terminado.	2	1	4	6	3	2.8	3°
Área de molineros e inyectado.	1	3	2	5	2	2.5	4°
Área de secado y pigmentación .	4	2	3	5	3	3.25	2°
Área de embalaje, sopladores y acabado.	5	5	6	6	2	5.05	1°

### Comité de 5S

Se formará un comité que tendrá la responsabilidad de monitorear la implementación de la herramienta, realizar el acompañamiento durante su ejecución y de realizar posteriormente la evaluación de resultados. La estructura del equipo que se realizará en este proyecto es la siguiente (ver figura 35).

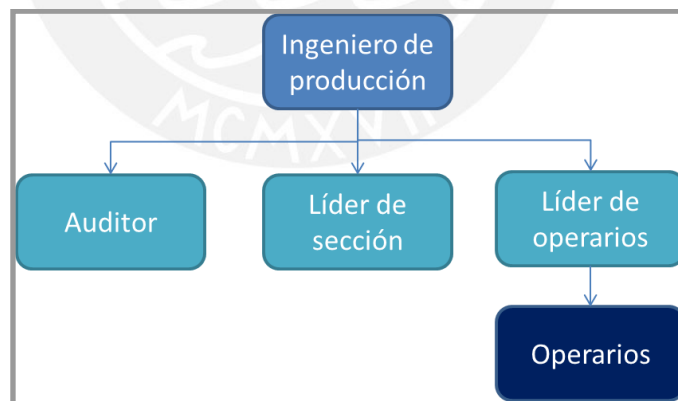


Figura 35: Estructura del comité

El ingeniero de producción realizará la organización del proyecto y dentro de su matriz de rol está:

- Mapear todo el procedimiento de las 5S.
- Coordinar las reuniones y realizar las convocatorias respectivas.
- Coordinar las capacitaciones a los operarios que se acuerdan en el comité.
- Realizar la agenda con los temas que se tocarán en las reuniones.
- Realizar la documentación correspondiente del programa y anexarla.

- Responsable de mantener la sinergia en la organización del comité.
- Realizar el nombramiento de las partes del comité.

En el programa existirá un auditor, que será nombrado por el coordinador del comité y, tendrá las siguientes funciones:

- Esquematizar las auditorías en cada etapa de la implementación.
- Presentar los resultados a los líderes y cabeza del comité.

Existirá un líder de sección por cada grupo de trabajo, dentro de sus funciones están:

- Responsable de la sinergia del grupo al cual fue asignado.
- Respaldo al ingeniero de producción en la implementación del programa.
- Verificar la documentación en cada grupo de trabajo.
- Coordinar y realizar las convocatorias de las reuniones en los grupos al cual pertenece.

Existirá un líder de operarios, el cual tendrá las siguientes funciones:

- Responsable de la sinergia del grupo de operarios al cual fue asignado.
- Es el enlace entre el líder de la sección y los operarios.
- Negociador para acuerdos con los líderes de sección.
- Si ameritase, responsable de la realización de la documentación de los cambios en el grupo asignado.

### **Capacitación y difusión**

La capacitación de la herramienta se dará en primer lugar a los líderes de sección y auditor. Luego se capacitará al líder de operarios para que este capacite de forma final a los operarios.

### **Registro de la situación actual**

La tabla 38 muestra por cada área a trabajar la situación actual en cuanto al orden y organización.

Tabla 38: Situación actual de secciones de trabajo

Almacén de la materia prima	
No existe delimitación de la sección	
Se encuentran productos terminados dentro del almacén de materia prima	
Se encuentran desperdicios de plástico dentro de la sección	
Mala ubicación de los instrumentos de seguridad	
No existen estantes de almacenamiento para los sacos polietileno	
Almacén de productos terminados	
Se encuentran desperdicios de plástico dentro de la sección	
Los productos terminados no presentan informaciones técnicas de funcionamiento	
El almacén no está delimitado	
Los productos no se encuentran embalados correctamente	
Mala ubicación de los instrumentos de seguridad	
Área de molineros	
Se encuentran desperdicios de plástico dentro de la sección	
Los equipos de protección personal se encuentran sucios y en mal estado	
La sección no está delimitada	
Los materiales no se encuentran en fácil disposición	
Área de secado	
La sección no se encuentra delimitada	
Falta de iluminación	
El espacio no cuenta con señalización	
La sección se encuentra sucia y desorganizada	



Área de pigmentación	
Existen desperdicios de plástico e insumos utilizados	
La sección no se encuentra delimitada	
Los insumos de pigmentado no están organizados	
No existe estantería para herramientas	
Las herramientas de pigmentación se encuentran desorganizada	
Área de inyectado	
Falta de iluminación	
La sección no se encuentra delimitada	
La inyectora no se encuentra etiquetada con respecto a su mantenimiento y su seguridad	
Área de embalaje	
Las herramientas de embalaje se encuentran desorganizadas	
Existen desperdicios de rafia e insumos utilizados	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen productos en proceso	
El espacio no cuenta con señalización	
Área de sopladores	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen desperdicios de plástico	
Falta de iluminación	
No existe estantería para herramientas	
El espacio no cuenta con señalización	

Área de acabado	
Las herramientas de corte se encuentran desorganizadas	
Existen desperdicios de plástico	
La sección no se encuentra delimitada	
Existen herramientas de otras secciones	
Existen productos en proceso	
Falta de iluminación	

### Reunión de lanzamiento oficial de las 5S

La reunión tiene una duración de aproximadamente dos horas y se realizará el calendario de actividades, siguiendo la secuencia de implementación en las secciones previamente determinada, el cronograma se muestra en la figura 36. Al final de la reunión, el director anuncia de forma oficial el compromiso de la compañía en la implementación la herramienta.

#### 4.1.2 Propuesta de la implementación y construcción de las 5S

Esta fase presenta la propuesta de implementación de las 5S dentro del área de producción de bidones de la empresa. Se comenzará con crear interés en los trabajadores acerca de la implementación del programa en las áreas de secado, molineros, pigmentación, embalaje, sopladoras, acabado, almacén de materia prima y de productos terminados; en los cuales se publicarán carteles y afiches informativos de las 5S. El fin de realizar todo este plan es crear expectativa y fomentar la participación de los trabajadores. Luego de esta etapa, se continuará con la realización de las cinco fases de la metodología dentro de las áreas seleccionadas, cuya responsabilidad tiene el comité a cargo del ingeniero de producción. Este equipo se encargará de la capacitación al personal, brindando el material respectivo, enviando el mensaje de que las 5S más que una necesidad, es una cultura, enfocada en la disciplina para lograr el mantenimiento de los cambios en el tiempo.

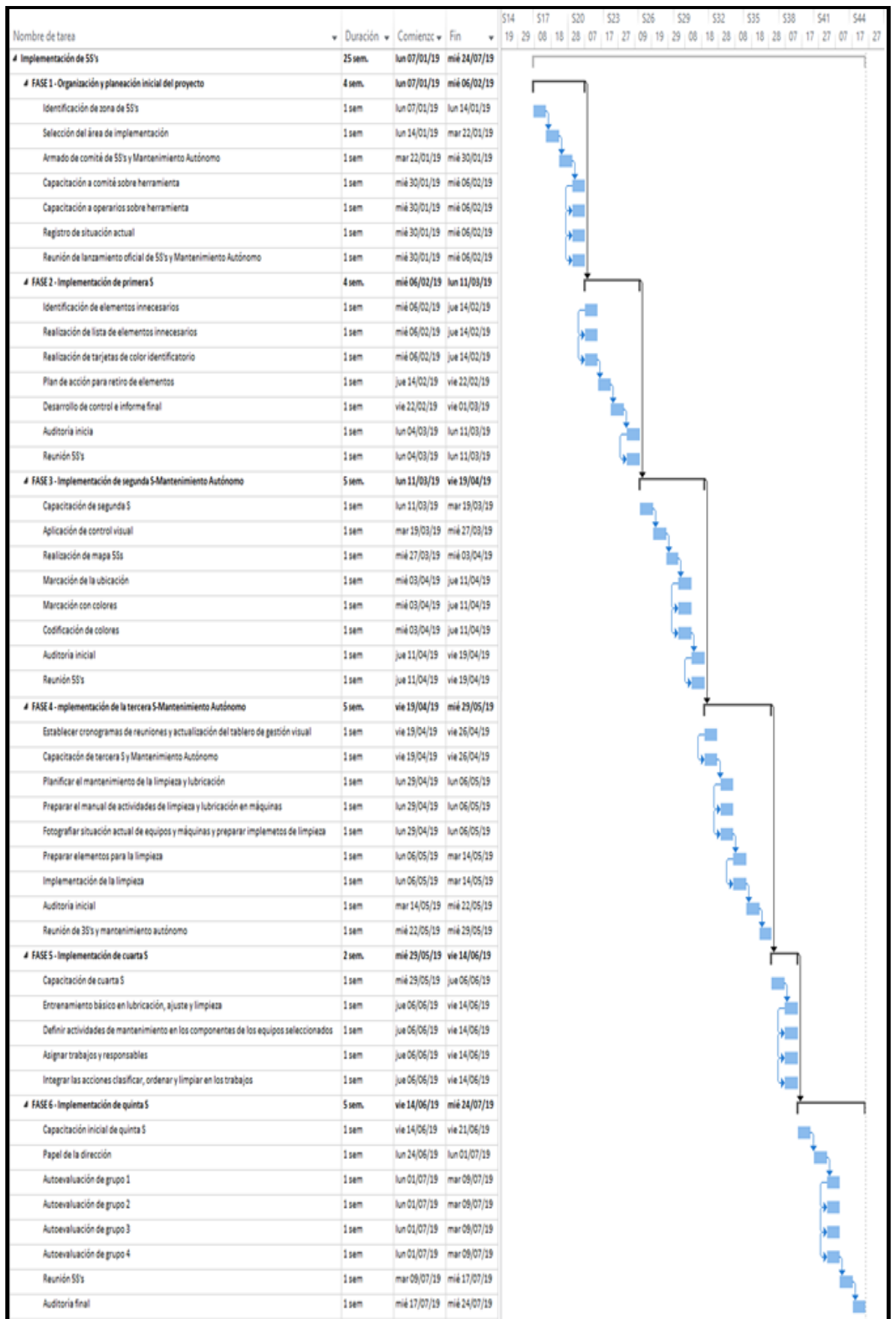


Figura 36: Cronograma de Implementación 5S

Para ello, se planea realizar una reunión al inicio de cada S, en la que el ingeniero de producción, junto al líder de operarios, capacitarán y explicarán cuáles son las metas y los procedimientos a realizar para el inicio de implementación de la S.

En cada una de estas reuniones iniciales se dará importancia a la explicación de teoría de lo que se va a desarrollar, con diversos ejemplos aplicativos y relacionados a las secciones de trabajo. Al término de la reunión, se procederá a la fase aplicativa, la que se realizará en los días en los cuales la demanda productiva sea mínima. Para terminar, se dará una reunión final por cada jornada culminada, con la finalidad de evaluar los resultados, analizar lo aprendido y las dificultades que tuvieron los trabajadores. Por ello, se incluirá la realización de un histórico de problemas e incidencias de la aplicación, de modo que no se cometan los mismos errores a futuro. Se detalla a continuación la implementación de cada S.

### **1. Seiri (Organización o clasificación)**

Para comenzar con la primera S, se necesitará 2 pliegos de cartulina y 2 hilos pabilo para la colocación las tarjetas que se elaborarán. De igual forma, se requerirá de pintura roja para limitar la zona de tarjetas, lugar de 3.5 m<sup>2</sup>, ubicada entre el suministro de energía y el área de sopladoras. Se clasificará los elementos dentro de cada área de trabajo, segmentándola en necesario e innecesario. La colaboración de los operarios es muy importante para la implementación. El líder de operarios ayudará con la supervisión y acompañamiento.

De aquellos materiales innecesarios, se registrará la cantidad encontrada, su ubicación, explicación de su posible origen y la sugerencia para su eliminación mediante las siguientes tarjetas de colores:

- A. A los elementos de uso frecuente dentro de secciones de trabajo: Los operarios les colocarán etiquetas de color verde.
- B. A los elementos con menos uso dentro de la sección de trabajo: Se colocarán etiquetas de color amarillo y se integrarán los objetos que se utilizan, pero no de forma frecuente.
- C. A los elementos que no se usan dentro de la sección de trabajo: Los operarios pondrán dos clases de tarjetas. La tarjeta de color naranja se usará para clasificar los elementos que se podrían utilizar en otras secciones, a pesar de que no sea de utilidad en la sección de trabajo, mientras que se clasificará con tarjeta de color

rojo a los elementos que no se requieren en ninguna parte de la producción de bidones.

El diseño de las etiquetas que se utilizarán en la línea industrial se muestra en la figura 37.

Tarjeta de color rojo/verde/naranja/amarilla		FOLIO: N° 001	
Nombre del elemento:			
Categoría	1. Maquinaria	7. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	8. Equipo de oficina	
	3. Instrumental de medición	9. Librería y papelería	
	4. Materia Prima	10. Limpieza o pesticidas	
	5. Refacción	11. Mal funcionamiento de equipo	
	6. Inventario en proceso	12. Otro	
Fecha		Unidad de medida	Valor (S/.)
Cantidad		Localización	
Razón	1. No se necesitan		5. Se necesitan
	2. Dañado		6. Contaminante
	3. Material de desperdicio		7. Otro
	4. Uso desconocido		
Consideraciones especiales de almacenaje			
<input type="checkbox"/> Ventilación especial		<input type="checkbox"/> Ambiente a _____ °C	
<input type="checkbox"/> Frágil		<input type="checkbox"/> En cama de _____	
<input type="checkbox"/> Explosivo		<input type="checkbox"/> Máxima altura _____ cajas	
Descripción del problema			
Forma de desecho	1. Descartar		6. Otro
	2. Organizarlos		
	3. Repararlos/Organizarlos		
	4. Separarlos/Descartarlos		
	4. Transferir		
	5. Vender		
Elaborado por			
Fecha de desecho			
Fecha de despacho			

Figura 37: Etiquetas de control

El cronograma propuesto señala que las tareas para la implementación de Seiri se concluirá en cuatro semanas. En el anexo 12, se puede visualizar los diferentes elementos encontrados en las áreas de trabajo clasificadas de acuerdo a su necesidad.

En la tabla 39 se observa que el porcentaje de elementos que se ubican en el área incorrecta de trabajo es el 34%, y estas requieren ser movilizadas y organizadas. Por otro lado, el 32% de los elementos no son utilizados en la producción de bidones y solo el 27% se encuentran ubicados en sus correspondientes secciones de trabajo, de igual forma estas deben ser organizadas. La tabla 40 muestra a detalle el total de actividades que se realizarán debido a la tipificación de colores elaborada previamente.

Tabla 39: Detalle de la cantidad de etiquetas según áreas de trabajo

Áreas	Amarillo	Naranja	Rojo	Verde	Total de evidencias
Almacén de materia prima	1	5	6	4	16
Almacén de productos terminados	2	3	9	2	16
Área de molineros	0	3	4	4	11
Área de secado	1	6	3	1	11
Área de pigmentación	0	4	6	3	13
Área de inyectado	1	1	3	3	8
Área de embalaje	3	8	1	4	16
Área de sopladores	0	5	4	4	13
Área de acabado	0	5	2	7	14
Total etiquetas	8	40	38	32	118
% Acumulado	7%	34%	32%	27%	100%

Tabla 40: Clasificación de necesidades de todas las áreas de trabajo

Necesidad	Total	% Acumulado
Descartar	13	11%
Organizarlos	37	32%
Repararlos/Organizarlos	2	2%
Separarlos/Descartarlos	15	13%
Transferir	41	36%
Vender	6	5%
Total general	114	100%

## 2. SEITON (Ordenar)

Seguido de la clasificación de los elementos, se determina el ordenamiento de los mismos. Para esto se requiere realizar la ubicación de tal forma que se puedan encontrar de forma rápida por cualquier operario que lo necesite.

El objetivo está en la clasificación de los elementos que sean considerados útiles: Por seguridad (impedir incidentes y/o accidentes de trabajo), por calidad (respaldar el estado de los elementos) y por eficacia (disminuir los tiempos de búsqueda). Los elementos requieren ser ubicados de acuerdo a la frecuencia en los que son utilizados.

Se necesita el soporte de los líderes de sección y el ingeniero de producción. Los pasos a seguir se presentan a continuación:

- Delimitar y acomodar los lugares de almacenamiento: Se implementará el uso de estanterías móviles (ver figura 38) para almacenar las herramientas y materiales que se usan dentro de las secciones de pigmentación y acabado. Se ubicarán en sitios estratégicos que logren el fácil acceso del operario.



Figura 38: Estanterías etiquetadas.

Fuente: Extraído de [http://www.paperflow.fr/pdf/deutsches\\_katalog\\_paperflow.pdf](http://www.paperflow.fr/pdf/deutsches_katalog_paperflow.pdf)

- Determinar un lugar para cada objeto: La altura donde serán colocados los materiales y herramientas debe ser próximo y seguro para el operario. La materia prima (polietileno) que se utiliza en las secciones se debe organizar en contenedores para su fácil manipulación. En cuanto a las herramientas de trabajo, éstas deben ser localizadas con el propósito de disminuir el tiempo de recojo y retorno. (Ver figura 39)

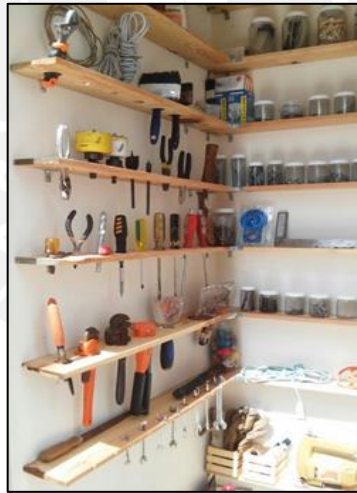


Figura 39: Herramientas organizada y lugar etiquetado.

Fuente: Extraído de <https://blogs.hogarmania.com/2017/06/organizar-herramientas-materiales/>

En cuanto a los insumos como los pigmentos y piezas, estos se almacenarán en estanterías etiquetadas, de tal forma que se visualice la información de lo que contiene cada una de ellas.

En cuanto a los equipos (sopladoras, inyectoras, molineros y secadora) y productos que se almacenan en el suelo, contarán con señalización (ver figura 40).



Figura 40: Señalización de suelo

Fuente: Extraído de <http://www.industriaspuchol.com/senal/horizontal.php>

- Creación de manual: Dentro de este se encontrará la ubicación de cada objeto. El manual estará al próximo a los operarios y trabajadores de la planta, ya que facilitará lo rapidez de ubicación de los objetos, y es una buena herramienta de familiarización de los nuevos lugares para los operarios, reduciendo y hasta eliminando el tiempo requerido para su búsqueda.
- Mantener el orden: Es responsabilidad de los operarios acatar el reglamento de orden establecido en las secciones como también el MOF (manual de organización y funciones), debido a esto los líderes tienen la responsabilidad de hacer cumplir las reglas implementadas.

### 3. SEISO (Limpieza)

En esta parte de las 5S, la limpieza es tomada de forma integral. Se encuentra a cargo de los operarios, tomando en cuenta que no solo se realiza en la maquinaria, sino que incluye a toda el área de trabajo.

- Primer Paso: Preparación

Inicialmente se establece una capacitación integral a los operarios dada por el personal con mayor experiencia en las técnicas de lubricación, limpieza y ajuste; así como en el manejo de la maquinaria existente en la planta (sopladoras e inyectoras), con el objetivo de que el personal conozca la operatividad de las máquinas y esto facilite la detección de los desgastes que se ocasionen.

Se contará con actualización continua de tableros de gestión visual, en el que se observará fotos de las máquinas en su actual estado, en cuanto a limpieza y el ajuste de los diferentes elementos de las máquinas, así como las anomalías registradas.



Con el objetivo de lograr un efecto positivo en el proceso de producción de la planta, se procede a priorizar la realización del plan de mantenimiento en el área de inyectado y soplado. Según información brindada por la empresa, las máquinas de inyección y soplado, no cuentan con un programa de mantenimiento y son estas las que mayor número de conexiones eléctricas poseen.

- Segundo Paso: Limpieza inicial

Se realiza el acompañamiento respectivo antes de empezar la jornada inicial de limpieza en las diferentes estaciones. En las figuras 41 y 42, se muestran las máquinas seleccionadas. La máquina de inyección se encarga de producir las tapas por el método de moldeo por inyección. Las máquinas de soplado se encargan de la elaboración de los bidones mediante la técnica de soplado. Estas máquinas se consideran semiautomáticas ya que necesita de la supervisión de un operario para su manipulación.

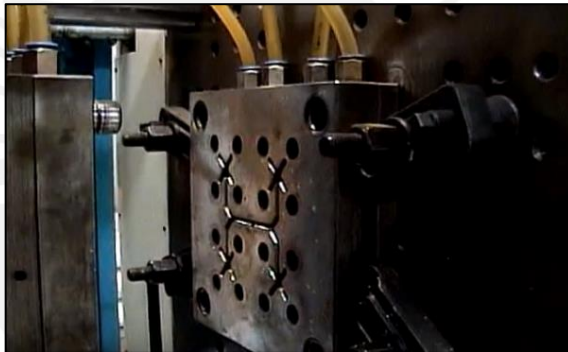


Figura 41: Máquina de inyección



Figura 42: Máquina sopladora

En la figura 43 se describirán qué anomalías y/o focos de suciedad existe en la máquina de inyección.

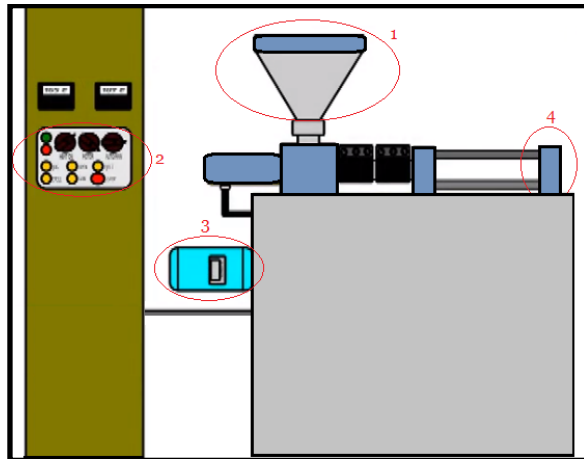


Figura 43: Vista lateral de máquina de inyección

- ✓ Punto 1: Foco de suciedad por la constante incorporación de polietileno paletizado. La máquina inyectora suele parar de trabajar debido al exceso de material colocado en la tolva.
- ✓ Punto 2: Exceso de polvo y manchas en el tablero de control. En repetidas ocasiones se tiene un exceso en la potencia de la máquina.
- ✓ Punto 3: Hay suciedad alrededor del compresor.
- ✓ Punto 4: Hay suciedad alrededor de la prensa, se requiere una inspección diaria antes de su utilización.

De acuerdo con la figura 44, se presenta una anomalía en la máquina de soplado.



Figura 44: Máquina sopladora

- ✓ Punto 1 y 2: Hay suciedad alrededor de las manecillas de la máquina sopladora. Se requiere el ajuste adecuado de las mismas.

Se presentará a continuación el plan de mantenimiento que fue realizado analizando las inconsistencias que se encontraban en las máquinas de inyección y de soplado (ver tabla 41); y un plan de limpieza, inspección, ajuste y lubricación de las partes fundamentales de dichas máquinas (ver anexo 13).

Tabla 41: Tabla de mantenimiento según las anomalías encontradas

Máquinas	Anomalías encontradas	Causa	Tarea de mantenimiento	Tiempo (min)	Responsable
Inyectora	Caída de granulos de plástico de	Exceso de material usado	Inspección	10	Operarios de producción
	Elevada potencia de la máquina	Mal manejo por parte del trabajador	Ajuste/Inspección	12	Operarios de producción
	Demora en el proceso de la máquina	Falta de limpieza y lubricación de máquina	Limpieza/Lubricación	15	Operarios de producción
	Ruidos al momento del prensado de tapas	Presencia de suciedad en bordes de prensa	Limpieza/Inspección	15	Operarios de producción
Sopladora	Fricción en movimiento de prensas	Falta de lubricación de máquina	Lubricación/Limpieza	15	Operarios de producción
	Parada de máquina	Exceso de material usado	Inspección	10	Operarios de producción
	Rotura de agujas	Presión y ajuste incorrecto	Ajuste/Inspección	6	Operarios de producción

La limpieza general de la planta de producción es responsabilidad de la organización de la empresa; sin embargo, cada operario tiene bajo su responsabilidad la limpieza de su puesto de trabajo. Con la participación y colaboración de todos, se logrará mantener un espacio limpio y agradable. Se recomienda los siguientes procedimientos para lograr lo anteriormente descrito:

- ✓ Campaña de limpieza: Con esta campaña se busca generar una rutina de limpieza permanente. Se comenzará con la limpieza de paredes, piso, ventanas, herramientas. Se propone una jornada diaria de limpieza, cuya duración sea de veinte minutos, realizada entre las 4:45 pm y 5:00 pm.
- ✓ Identificación de fallas o problemas: Se verifica la operatividad de cada material o elemento limpiado. Se verifica la existencia de problemas dentro del proceso productivo.
- ✓ Se determina el foco de suciedad: Se requiere localizar las fuentes de suciedad en las secciones dentro de cada área. Las interrogantes utilizadas son las siguientes:

- ¿Cómo la suciedad llegó a dicho punto?
- ¿Fue producto de un descuido?
- ¿Puede generar accidentes laborales?
- ¿Cuál es la fuente?
- ¿Se podría prevenir?
- ¿El personal está capacitado para solucionarlo?

Estas interrogantes se deben responder para poder encontrar la solución y mitigar la suciedad.

- ✓ Elaborar un plan de acción: Se propone dar capacitaciones a los operarios con respecto al correcto cumplimiento del plan de limpieza, elaborado en el punto anterior (anexo 13). Se pone foco a mantener un correcto hábito en los trabajadores de la planta. Para dar conformidad al trabajo de limpieza, el responsable del grupo deberá realizar la ficha de conformidad de limpieza, al término de la jornada diaria alrededor de las 4:55 pm. (Ver tabla 42).

Tabla 42: Ficha de conformidad de limpieza

Ficha de conformidad de limpieza diaria		
Puesto de trabajo inspeccionado		
Nombre de Operario		
Fecha		/ /
Hora		a.m. p.m.
Checklist		
SÍ	NO	Observaciones
		Herramientas en lugar adecuado
		Mesa de trabajo limpia
		Máquina limpia
		Piso sin derrames, limpio

#### 4. SEIKETSU (Estandarización)

Se dará inicio al programa con una reunión, en la que el operario es capacitado para realizar los procesos de limpieza, ajustes y lubricación. Al igual que con la limpieza, se implementará un manual con los procedimientos de mantenimiento e inspección de las máquinas inyectoras y sopladoras.

De forma adicional, para esta fase se debe tener en cuenta la conservación todo lo implementado en las primeras tres S, para lo cual se considera lo siguiente:

- **Clima laboral para el personal:**  
 El mantenimiento de la seguridad del operario a través de equipos de protección personal, vestuario adecuado, al igual que la conservación de un ambiente de trabajo saludable y limpio. El esfuerzo es realizado con la finalidad de reducir las faltas por enfermedades, el cansancio físico, los accidentes y se logró así un aumento en la productividad, porque, de lo contrario, las 5S se estarían realizando por obligación y no por convicción. Asimismo, para mejorar las condiciones de trabajo se realizará lo siguiente:
  - ✓ Reducir el exceso de humo y polvo dentro de las zonas de trabajo con la utilización de un sistema de ventilación.
  - ✓ Contar con una buena iluminación en todas las áreas de trabajo.
  - ✓ Implementar campañas de vacunación y supervisar el servicio médico dentro de la planta.
  - ✓ Contar con equipos de protección personal para uso del operario.
  - ✓ Conservar la limpieza de los servicios comunes como los baños, vestidores, etc.
  - ✓ Exigir a los operarios el cumplimiento de las normas de seguridad y de higiene.
  
- **Estandarización:**
  - ✓ Complementar las responsabilidades de los operarios con las acciones de clasificación, orden y limpieza.
  - ✓ Implementar de forma permanente los manuales de limpieza y mantenimiento.

### **5. SHITSUKE (Disciplina)**

Se considera la parte más difícil de implementar debido a que se requiere mitigar todos los hábitos que impiden y dificultan la implementación de las 5S. Se debe tomar las siguientes acciones para promover la disciplina:

- Capacitar a los trabajadores acerca de los principios y técnicas de la herramienta. Hacer que el operario participe en las acciones de mejora.
- Retroalimentar constantemente a los operarios, aún más cuando no se alcancen los resultados deseados.
- Publicar las fotografías del antes y después en el periódico mural implementado en las secciones.
- Incluir elementos visuales para la conservación del orden y la limpieza.

- Reconocer el desempeño de los operarios mediante incentivos cuando se cumplan con los objetivos de las 5S y reforzar a quienes aún no lo puedan lograr.
- El líder del grupo tiene la responsabilidad de supervisar el progreso y evaluar la evolución de la implementación en cada sección de trabajo.

### **5.1. Monitoreo de las 5S**

Para el monitoreo respectivo se realizarán auditorías internas donde se verificará lo aprendido para poder realizar ajustes donde corresponda. Se dará la correspondiente explicación a los trabajadores de la planta sobre la importancia de su participación para una correcta y fluida implementación.

Para realizar el seguimiento del desempeño se establece un máximo valor de 100% por la auditoría realizada, las cuales se obtendrán a partir del análisis de los siguientes criterios:

- Elaboración de reuniones semanales y mensuales.
- Grado de utilización y correcta realización de los documentos.
- Análisis de la aplicación correcta de separar/ ordenar/ limpiar.

Para la realización de las auditorías se establecen periodos de evaluación:

- Inicial: En este proceso se realizarán de 2 a 3 auditorías con la finalidad de apaciguar futuros problemas o complicaciones de una mala implementación.
- Desarrollo: Se evalúa el progreso en el aprendizaje de las 3 primeras S. Se recomienda la realización de esta auditoría cada 6 meses, prolongadas hasta los primeros dos años.
- De consolidación: Inicia cuando se realiza la implementación de la 4S, el control visual y la 5S, ya que en esta etapa es el funcionamiento de los grupos se realiza de forma autónoma.
- Autoevaluaciones: Esta etapa permite a cada agrupación realizar la medición de la evolución de lo implementado, tomando en cuenta el estado inicial y los objetivos fijados.

Debido a que las auditorías se realizan de forma cualitativa se identifica la necesidad de definir los valores a cada punto, por lo que se desarrolló un tablero de control y seguimiento 5S que unifica lo anteriormente descrito. (Ver figura 45).



Figura 45: Tablero de Control y Seguimiento de la implementación de las 5S

Este tablero está dividido en las siguientes secciones:

- Programa de Aplicación de 5S: Se visualiza de manera ordenada y clara la asignación del operario responsable de dar apoyo y seguimiento al cumplimiento de las 5S. Este ordenamiento es por semana y mes. (Ver figura 46).
- Lista de verificación de Auditoría: Es una lista de verificación o check list con una valorización que va del 1 al 3 (donde 0 = No hay implementación, 1 = Un 30% de cumplimiento, 2 = Cumple al 65%, 3 = Un 90% de cumplimiento) por cada S. Además, existe la opción de agregar comentarios y notas para considerar como retroalimentación y mejoría del tablero. (Ver figura 47).
- Resultado Auditorías: Con la ponderación realizada anteriormente se obtiene el resultado por cada S implementada y se observa el resultado global de la herramienta. (Ver figura 48)
- Inicio y Fin de acción: En esta sección se realizará el seguimiento visual de cada una de las secciones de trabajo, cómo estuvo antes de la implementación de la herramienta usando fotografías actuales, y cómo sería la situación futura luego de la aplicación de las 5S haciendo uso de fotografías referenciales. (Ver figuras 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 y 57).

NOMBRE DEL RESPONSABLE	PUESTO	ENERO				FEBRERO			
		SEMANA							
		1	2	3	4	1	2	3	4
		MARZO				ABRIL			
		SEMANA							
		1	2	3	4	1	2	3	4
		MAYO				JUNIO			
		SEMANA							
		1	2	3	4	1	2	3	4
		JULIO				AGOSTO			
		SEMANA							
		1	2	3	4	1	2	3	4
		SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
		SEMANA							
		1	2	3	4	1	2	3	4
		NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		SEMANA							
		1	2	3	4	1	2	3	4

Figura 46: Programa de Aplicación de 5S



FORMATO DE EVALUACIÓN		Calif.	Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora
<b>SELECCIONAR</b>			
1	Los accesorios de trabajo se encuentran en buen estado para su uso		
2	El mobiliario se encuentra en buenas condiciones de uso		
3	Existen objetos sin uso en los pasillos		
4	Pasillos libres de obstáculos		
5	Las mesas de trabajo se encuentran despejadas y libres de objetos sin uso		
6	Se cuenta con solo lo necesario para trabajar		
7	Los cajones se encuentran bien ordenados		
8	Se ven partes o materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado		
9	Es difícil encontrar lo que se busca inmediatamente		
10	El área de trabajo está libre de cajas de papeles u otros objetos		
11	Se cuenta con documentos actualizados		
<b>ORDENAR</b>			
12	Las áreas están debidamente identificadas		
13	No hay cajas u otros objetos encima de las mesas o áreas de trabajo		
14	Los contenedores de basura están en el lugar designado para éstos		
15	Lugares marcados para todo el material de trabajo (Equipos, carpetas, etc.)		
16	Todas las sillas y mesas están el lugar designado		
17	Los equipos de seguridad se encuentran visibles y sin obstáculos		
18	Todas las identificaciones en los estantes de medicamentos están actualizadas y se respetan		
19	Los Documentos se encuentran bien archivados		
20	Lo necesario se encuentra identificado y almacenado correctamente		
<b>LIMPIAR</b>			
21	Los escritorios, vitrinas, pisos y áreas de atención al cliente se encuentran limpios		
22	Los accesorios de trabajo se encuentran limpios		
23	Piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas		
24	Los estantes que resguardan los productos están libres de polvo		
25	Las mesas o escritorios están libres de polvo, manchas y/o residuos de comida		
26	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida		
27	Los equipos de limpieza están organizados y de fácil acceso		
28	Los contenedores de basura están limpios y en buen estado		
29	Las paredes y techo se encuentran limpias, correctamente pintadas y libres de humedad		
30	Los papeles de trabajo están limpios y en buen estado		
31	Los anaqueles y góndolas se encuentran se encuentran libres de oxido y están debidamente pintados		
32	Los equipos de protección del personal es adecuado y se mantiene en condiciones optimas		
33	Los uniformes se encuentran en buenas condiciones y limpios		
34	El refrigerador de medicamentos se encuentra limpio y libre de escarcha		
35	Las cortinas, anuncios luminosos, parasoles y vitrales se encuentran limpios y en optimas condiciones		
<b>ESTANDARIZAR</b>			
36	El personal cumple sistemáticamente con 5 "S" para mantener el orden y limpieza		
37	El personal usa el uniforme en forma adecuada durante sus labores		
38	Se cuida que los equipos mantengan una imagen uniforme		
39	Todo los instructivos y formatos están controlados; pueden mostrar evidencias del programa 5 "S"		
40	El personal está capacitado y entiende el programa 5 "S"		
41	Las máquinas se encuentran correctamente calibradas		
42	La temperatura del ambiente y humedad relativa son las adecuadas		
43	Existen instrucciones claras de orden y limpieza		
<b>SEGUIMIENTO</b>			
44	Existe control sobre el nivel de orden y limpieza		
45	Las tendencias de los resultados estadísticos son positivas		
46	Se hace la limpieza de forma sistemática		
47	Se cumple con los programas de mantenimiento a la infraestructura		
48	Se cumple con los programas de mantenimiento a motocicletas		
49	Se cumple con los programas de equipos de cómputo		
50	Existe reconocimiento por las mejoras		
51	Existen sanciones para los que incumplen en lo establecido		
52	Existe un plan de mejora		
53	Existe Programa de aplicación de 5s		
54	Se identifica la causa raíz de las problemáticas en las 5s		
<b>Guía de calificación</b>			
0 = No hay implementación			
1 = Un 30% de cumplimiento			
2 = Cumple al 65%			
3 = Un 90% de cumplimiento			

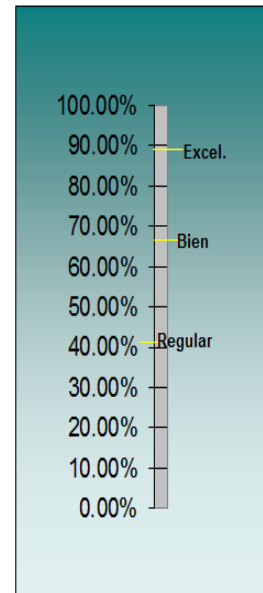
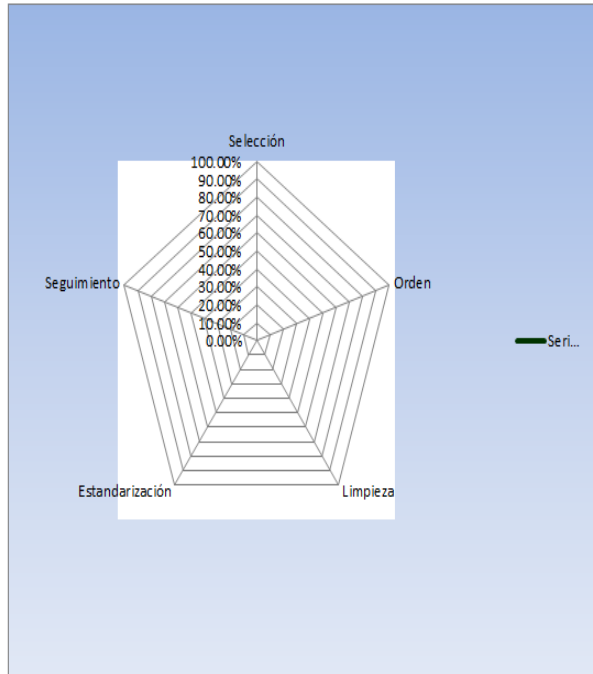
Figura 47: Lista de verificación de Auditoría.

## RESULTADOS DE EVALUACIÓN 5S

	Porcentajes	Puntos
<i>General</i>	0.00%	0
<i>Selección</i>	0.00%	0
<i>Orden</i>	0.00%	0
<i>Limpieza</i>	0.00%	0
<i>Estandarización</i>	0.00%	0
<i>Seguimiento</i>	0.00%	0

Fecha \_\_\_\_\_

Regular	Bien	Excelente
> 50 %	> 70 %	0.9



ELABORÓ

REVISÓ

AUTORIZÓ

.....  
Auditor

.....  
Ingeniero de Producción

.....  
Director General

Figura 48: Resultado Auditorías.



Figura 49: Inicio y Fin de acción en almacén de materia prima



Figura 50: Inicio y Fin de acción en almacén de productos terminados



Figura 51: Inicio y Fin de acción en área de molineros

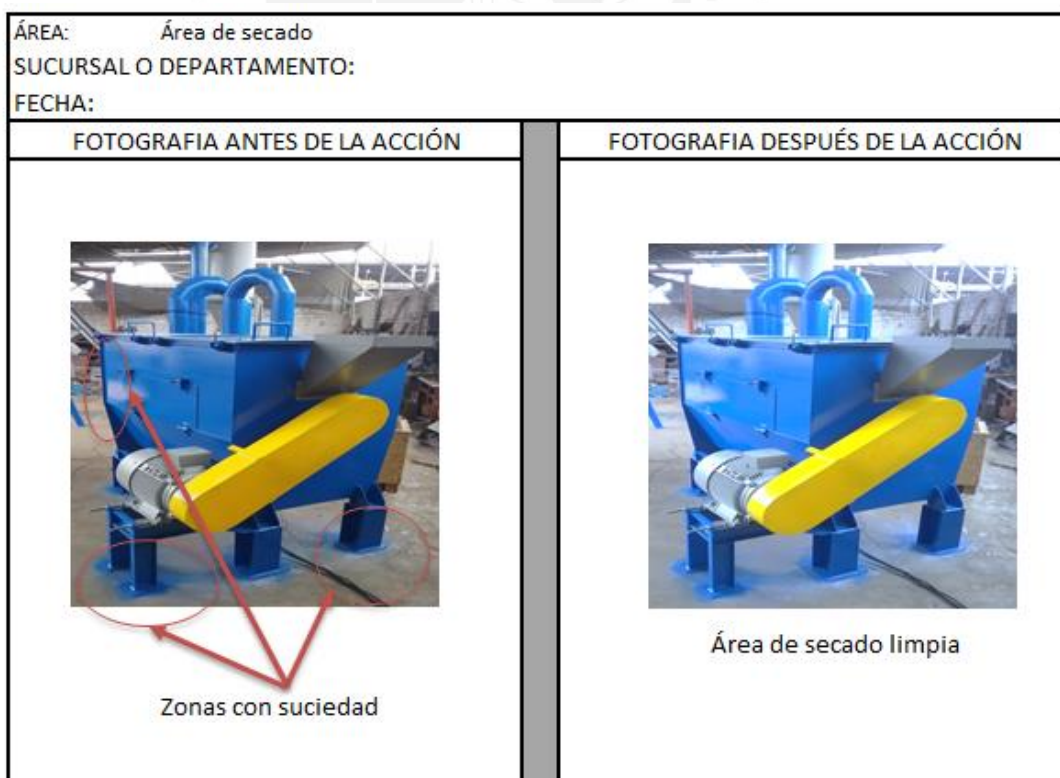


Figura 52: Inicio y Fin de acción en área de secado



Figura 53: Inicio y Fin de acción en área de pigmentación



Figura 54: Inicio y Fin de acción en área de inyectado



Figura 55: Inicio y Fin de acción en área de embalaje



Figura 56: Inicio y Fin de acción en área de sopladoras



Figura 57: Inicio y Fin de acción en área de acabado

## 4.2 Aplicación del estudio de Tiempos y Métodos

Se realizará el estudio de métodos para poder identificar las modificaciones necesarias para tener un proceso de trabajo fácil, simple de ejecutar y que permita optimizar la línea de producción de bidones. Una vez aplicado el método, se realizará el estudio de tiempos para evaluar el impacto en el tiempo estándar de las propuestas de mejora.

### 4.2.1 Estudio de Métodos

Toda la línea de producción de bidones se ha considerado para este estudio de métodos. Los procesos involucrados dentro de la línea de producción son: Pigmentado, secado, soplado, acabado y embalaje. Los procesos son continuos y son trabajados con diferentes materiales, equipos y método. Por ello, se realizará el estudio de los métodos en cada proceso productivo de los bidones.

- **Seleccionar**

Se seleccionan las operaciones que se repiten con mayor frecuencia y en donde los operarios estén expuestos a mayor fatiga o cansancio por la realización del trabajo, es decir, en la pigmentación, soplado, inyección, acabado y embalaje. Además, se eligen los procesos cuellos de botella en la producción de los bidones, las cuales son el secado e inyección. Los procesos descritos se encuentran presentes en toda la

línea de producción de bidones de diferentes capacidades, se escogió la capacidad más representativa que es la de 5 galones. Existe también gran cantidad de traslados de materiales en la sección de trabajo, los cuales deben ser mejorados o, en su defecto, eliminados.

- **Registrar**

Para el registro se recolectó data a través de entrevistas al personal y jefe de producción, este último se encarga de capacitar a los nuevos trabajadores. También se realiza el registro fotográfico de las operaciones que son realizadas en la producción de bidones. Se organizó con los equipos de trabajo previamente formados en la empresa en la herramienta 5S, de esta forma lograr visualizar los procesos y realizar diagramas de los mismos. En la figura 34, se muestra el DAP de todos los procesos. En la tabla 43, se puede observar el resumen el que muestra que se cuenta con 13 operaciones, 7 transportes, 1 inspección, 2 demoras y 1 almacenamiento.

Tabla 43: DAP de los procesos para la obtención de bidones

Actividad	○	➡	□	D	▽
Cantidad	13	7	1	2	1

- **Examinar e Idear**

Para la realización de examinar se usa la técnica del interrogatorio de esta forma se logra tener un examen más crítico del método actual de trabajo. Se realizarán preguntas acerca de la forma de laborar de los operarios. Existen tres tipos de actividades que suelen realizarse: Las de preparación (para contar con el material y máquina listos para ser utilizados), las operaciones activas (que transforman físicamente el material) y actividades de salida (movimiento de material). El objetivo es obtener la mayor proporción de operaciones y disminuir las operaciones de preparación y de salida debido a que estas no agregan valor en la producción. A continuación, se realiza el interrogatorio para las siguientes actividades:

- **Traslado de polietileno a zona de secado**

P. ¿Qué se hace?

Se transporta los sacos de pellets desde el almacén de MP hasta la zona de secado.



P. ¿Cómo se hace?

Los sacos de MP se colocan sobre el hombro derecho del operario encargado del secado para ser trasladado hasta la zona de secado. Después, el operario procede a abrir la bolsa con unas tijeras y vierte el material a la máquina de secado.

P. ¿Por qué se hace?

Porque el operario de secado es el único encargado de hacer el traslado y no puede llevar varios sacos a la vez dado que el espacio es reducido.

P. ¿Dónde debería hacerse?

Debería colocarse los sacos de pellet en un recipiente para que sea recogido con mayor facilidad y llevarlo listo para verter a la máquina secadora.

P. ¿Qué otra cosa podría hacerse?

Se plantea acercar las zonas de almacenamiento de MP y secado. Además, uno de los problemas dentro de este traslado es que las bolsas al no estar completamente cerradas se pierde material en el camino, por lo que el traslado debe realizarse con mayor cuidado y con la ayuda de un pato y recipiente. De esta manera, se transporta mayor cantidad de material, se reduce la cantidad de traslado y la pérdida del material.

#### ➤ **Pigmentación de los Pellets**

P. ¿Qué se hace?

Se realiza la pigmentación del polietileno en forma de pellet con el colorante para la realización de los bidones.

P. ¿Cómo se hace?

Se coloca el polietileno seco en baldes de plástico y se coloca 60 gr de colorante por balde, para uniformar el material se mezcla con la ayuda de un palo de madera.

P. ¿Por qué se hace?

Porque el bidón que comercializa la empresa tiene coloración y la materia prima, el polietileno en pellet, es transparente por lo cual requiere ser pigmentado.

P. ¿Dónde debería hacerse?

Debería delimitarse la zona ya que simplemente es un balde al costado de la secadora y el espacio es reducido.

P. ¿Qué otra cosa podría hacerse?

Se propone uniformizar la cantidad de pigmento a utilizar a una unidad de medida ya que se trabaja por baldes y no siempre es exacto. Además, el pigmentado no es uniforme, debido a que solo se utiliza un palo de madera para repartir el

pigmento a todas las bolitas de polietileno, para lo cual se deberá implementar un equipo de mezclado.

➤ **Soplado y moldeo de bidón**

P. ¿Qué se hace?

Se realiza el soplado y moldeo del polietileno fundido, actividad principal de la elaboración de bidones.

P. ¿Cómo se hace?

Posterior al pigmentado, el operario coloca el polietileno en la tolva y pasa por el fundido para luego ser colocado en los moldes, una vez vertido la cantidad necesaria de material se corta el flujo del material fundido y se ajusta la aguja por la cual pasa el aire para que el material fundido se moldee y pueda ser hueco. Se procede a abrir el molde y retirar la pieza.

P. ¿Por qué se hace?

Porque el material requiere ser fundido y adaptado al producto que se desea obtener, en este caso los bidones.

P. ¿Dónde debería hacerse?

Se debe realizar en la zona de sopladoras, ahí se encuentran 6 máquinas con una silla al costado, en donde el operario se coloca para poder realizar la operación de forma manual, ya que la máquina no es automática.

P. ¿Qué otra cosa podría hacerse?

Se debería utilizar una silla más alta para el operario y con soporte de espalda ya que ahí es donde pasa gran parte de su jornada laboral y no posee un centro de trabajo ergonómico, asimismo, se debe tener un mayor control del tiempo de vertido del material, debido a que, al depender de la maestría del operario, suele haber ocasiones en las cuales la aguja se rompe por exceso de presión y distracción del operario. Se debe realizar el estudio de tiempo para el cual se debe verter el material y evitar accidentes.

➤ **Acabado del bidón**

P. ¿Qué se hace?

Se realiza el acabado de la pieza, al realizar el corte de las partes sobrantes y afiladas para presentar el producto final.

P. ¿Cómo se hace?

En una mesa de trabajo al costado de la máquina sopladora, el operario de acabado, después de esperar que la pieza se enfríe, procede a realizar el corte

de las partes sobrantes con un cuchillo y las coloca en una bolsa de rebabas que son posteriormente devueltas a la tolva para volver a ser fundidas.

P. ¿Por qué se hace?

Porque el producto final requiere cumplir las especificaciones generales de los clientes.

P. ¿Dónde debería hacerse?

Se debe realizar en una zona limpia y organizada, debido a que todo material que es retirado de la pieza puede ser reutilizado y aprovechado.

P. ¿Qué otra cosa podría hacerse?

Se debe utilizar una técnica uniforme para las dos clases de cortes que se realiza: El corte de exceso de material y para el corte y sellado de las partes afiladas (Ver tabla 44). Asimismo, para la recaudación del exceso de material se dispondrá de un recipiente de capacidad mediana para que una vez llenado se lleve a la tolva.

Tabla 44: Diagrama Bimanual de acabado

Diagrama Bimanual									
Empresa: Filiplast SAC				Fecha: 25/10/2018					
Dpto o Sección: Producción				Método de Trabajo: Propuesto					
Operación: Acabado				Elaborado por: Sigüeñas y Valverde					
Lugar: Zona de Sopladoras				Aprobado: Ing. de Producción					
Descripcion Mano Izquierda	Símbolo				Símbolo				Descripcion Mano Derecha
	○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	
Coge bidón	●				●				Coge bidón
Llevar bidón a mesa de acabado		●				●			Llevar bidón a mesa de acabado
Sostener bidon	●				●				Soltar bidón
Sostener bidon	●				●				Hacia estante de materiales
Sostener bidon	●				●				Coger cuchilla de acabado
Sostener bidon	●				●				Llevar cuchilla a zona de acabado
Girar bidón a imperfeccion		●			●				Cortar imperfección
Sostener bidon	●				●				Dejar cuchilla en mesa de acabado
Sostener bidon	●				●				Sostener bidon
Llevar bidón en zona de apilado		●				●			Llevar bidón en zona de apilado
Soltar bidón	●				●				Soltar bidón

### ➤ Empaquetado de bidones

P. ¿Qué se hace?

Se realiza el empaquetado de los bidones, en este caso para bidones de 5 galoneras, se agrupa 12 bidones.

P. ¿Cómo se hace?

El operario de empaquetado recoge los bidones de las mesas de acabado y reúne 12 de estos que son unidos por una rafia en un bloque de 4x3.

P. ¿Por qué se hace?

Porque el material requiere ser transportado en bloques para ser entregado a los clientes.

P. ¿Dónde debería hacerse?

Se debe realizar en una zona céntrica, equidistante a las 6 mesas de acabado y al mismo tiempo cercano al almacén de productos terminados, donde es posteriormente llevado.

P. ¿Qué otra cosa podría hacerse?

Se debe delimitar el área de empaquetado y realizar el apilado de hasta 4 bloques de 4x3 para ser posteriormente llevados por un pato de carga o mediante rodillos transportadores hasta la zona de productos terminados. (Ver figura 58)

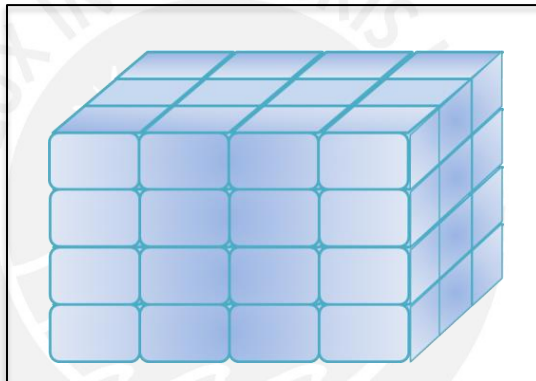


Figura 58: Apilado de 4x3x4 de bidones

- **Definir**

En esta parte se define el proceso que se desarrollará. El nuevo método debe ser explicado de tal forma que los operarios no posean interrogantes en su manera de trabajar. Esto será explicado mediante fichas instructivas en los puestos de trabajo, esto se complementa con lo ya implementado en la herramienta de las 5S. Además, esta incluye una sección en donde se especifica los elementos a utilizar, la maquinaria empleada y ciertas observaciones que surjan.

- **Implantar**

Debido a que esta parte es sumamente importante para la metodología, se necesita el compromiso de todo el personal de producción, es decir, se requiere de la colaboración tanto de los operarios, como de los jefes, coordinadores y del gerente. Para la implementación se realizará la comunicación primero al ingeniero de

producción y al gerente para poder describirles los diferentes beneficios del estudio de métodos que abarca tanto lo monetario como el clima laboral. Teniendo el conforme de ambos se muestra al resto del personal la nueva forma de trabajar y se pide la participación activa de todo el personal para su ejecución. Finalmente, los operarios lograrán ejecutar por sí solos la nueva forma de trabajo, si no se encontrase claro totalmente, se hará hincapié en capacitar a los operarios hasta que se pueda ejecutar correctamente.

- **Mantener**

Se realizará un control para que los operarios mantengan el método a lo largo del tiempo, ya que es común que los trabajadores vuelvan a la forma de trabajar anterior, a la que ya están acostumbrados. El seguimiento se realizará con el soporte de los jefes que tendrán la responsabilidad de que se respete la metodología, esto puede ser mediante incentivos o amonestaciones. Se tendrá al alcance las hojas instructivas y diagramas de operaciones en donde se encontrará especificado los nuevos procesos del área de producción. Por ello se realizará el control dos veces por semana en los próximos seis meses sobre el método empleado en el área de producción. Se monitorea mediante observaciones y entrevistas a los agentes involucrados. De observar que la metodología no está siendo cumplida, se preguntará a los operarios la causa del rechazo del nuevo proceso y se reforzará con charlas y capacitaciones la importancia de la utilización de las nuevas metodologías. Esto se realizará hasta que se adquiriera al 100% todos los procedimientos.

#### **4.2.2 Estudio de Tiempos**

Se mide el tiempo que transcurre en cada actividad de la producción de bidones, haciendo uso de un cronómetro digital. En esta etapa se encuentran las actividades cuello de botella y bajos rendimientos al momento de realizar el trabajo. Previamente al registro de tiempos, se explicó a los operarios que esta acción es solo por caso de estudio, por lo que no se juzgará de ningún modo su modo de trabajar, ni se interrumpirá en el área de trabajo.

Esta actividad fue realizada dentro del capítulo tres en el análisis de la situación actual, en la cual se evaluó las causas fundamentales del problema principal: La producción no cubre la demanda. El estudio de tiempos de la situación actual se encuentra en la tabla 33, en las cuales se determina el tiempo de ciclo total de 447.29 segundos. Los procesos “cuellos de botella” dentro de la línea de producción de bidones son las áreas de secado e inyección.

- Tiempo estándar (aplicando 5S y estudio de métodos)

Después de aplicar la herramienta de las 5S y el Estudio de Métodos, se logró eliminar inspecciones y traslados, con ellos se mejoró los procedimientos en las operaciones disminuyendo los tiempos en esas actividades. El tiempo estándar de la aplicación de estas metodologías se pueden observar en la tabla 45. En promedio se pudo realizar una reducción de tiempos del 15%.

Se tiene ahora un tiempo total de 379.06 segundos de producción, se puede observar el detalle del DAP con los tiempos modificados en la tabla 47 no se eliminan operaciones, el DAP estructuralmente no cambia, pero sí dentro de las operaciones las prácticas han sido cambiadas y la forma de trabajar, eso ha implicado la disminución del tiempo.

Tabla 45: Estudio de Tiempos Mejorado

Parte	N°	Elementos	TIEMPOS OBSERVADOS (EN SEGUNDOS)					TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS 15%	NUEVO TIEMPO ESTÁNDAR	TIEMPO ESTANDAR ANTERIOR	VARIACIÓN %
			T1	T2	T3	T4	T5							
B I D Ó N	O11	Recepción de MP e Inspección	45.4	44.45	47.4	42.42	42.93	44.52	75	33.39	5.01	38.40	38.68	-1%
	O1	Secado	36.9	31.7	36.6	35.3	30.5	34.20	100	34.20	5.13	39.33	65.03	-40%
	O2	Pigmentado	19.2	15.6	16.8	16.9	16.2	16.94	100	16.94	2.54	19.48	22.87	-15%
	O3	Fundición	36.4	35.21	35.4	33.8	35	35.16	125	43.95	6.59	50.55	51.89	-3%
	O4	Prensado	18.5	19.1	18.1	19.2	20.3	19.04	125	23.80	3.57	27.37	38.01	-28%
	O5	Acomodar moldes/agujas	7.1	7.8	6.8	8.21	8	7.58	75	5.69	0.85	6.54	7.23	-10%
	O6	Corte	2.7	2.1	2.3	1.9	3.2	2.44	100	2.44	0.37	2.81	3.96	-29%
	O7	Inyección	35.7	36.3	33.2	34.4	37	35.32	100	35.32	5.30	40.62	44.36	-8%
	O8	Quitar Prensa e Inspección	5.2	4.9	5	4.6	3.8	4.70	75	3.53	0.53	4.05	4.66	-13%
	O12	Corte e Inspección	3.5	5.8	3.1	3	5.2	4.12	125	5.15	0.77	5.92	8.27	-28%
T A P A	O13	Recepción de MP e Inspección	41.38	43.41	41.86	38.01	41.34	41.20	75	30.90	4.64	35.54	33.63	6%
	O9	Secado	42.54	46.53	45.31	42.77	42.13	43.86	100	43.86	6.58	50.43	70.12	-28%
	O10	Pigmentado	9.43	8.4	10.1	13.6	8.04	9.91	100	9.91	1.49	11.40	10.14	12%
	O11	Inyección	32.68	31.91	30.1	31.3	30.18	31.23	100	31.23	4.69	35.92	34.87	3%
O4	Quitar Tapa	5.07	5.09	4.95	4.8	5.15	5.01	125	6.27	0.94	7.20	7.70	-6%	
BIDÓN	O12	Ensamble	1.98	1.91	2.38	2.91	3.01	2.44	125	3.05	0.46	3.50	5.86	-40%
TIEMPO CICLO TOTAL											379.06	447.29	-15%	

Tabla 46: Tiempos Mejorados

Actividad	Área Involucrada	Herramienta		Tiempos (segundos)		
		5S	Métodos	Actual	Mejorado	Δ%
Hacia almacén de MP	Transporte			10.00	9.97	-0.3%
Apliado de MP	Almacén MP		- Colocar los sacos de pellet en un recipiente para que sea recogido con mayor facilidad y llevarlo listo para verter a la máquina secadora.	38.68	38.40	-0.7%
Hacia zona de Secado	Transporte			30.00	17.80	-40.7%
Verter MP a Secadora	Secado	- Señalización de Maquinaria		18.00	18.09	0.5%
Secado	Secado		- Estandarizar el tiempo aprox de secado, para eliminar tiempos muertos	47.03	21.24	-54.8%
Hacia zona de Pigmentación	Transporte		- Transporte mediante un carrito	25.00	24.78	-0.9%
Pigmentación de MP	Pigmentación	- Estantería Móvil con etiquetas para almacenar los materiales utilizados	- Delimitar la zona ya que simplemente es un balde al costado de la secadora y el espacio es reducido por lo que si se realiza algún cambio no es flexible. - Razonar la cantidad de pigmento a utilizar	22.87	19.48	-14.8%
Hacia Sopladora	Transporte		- Transporte mediante un carrito	48.00	45.60	-5.0%
Vertido de MP	Soplado	- Señalización de Maquinaria - Implementación de Plan de Mantenimiento (plan de limpieza, inspección, ajuste y lubricación - tableros de gestión visual)	- Colocar una silla más alta para el operario y con soporte de espalda ya que ahí es donde pasa la mayor parte de su jornada laboral y no posee un centro de trabajo ergonómico, asimismo, se debe tener un mayor control del tiempo de vertido del material.	18.00	17.80	-1.1%
Prensar MP	Soplado			38.01	27.37	-28.0%
Espera	Soplado			51.89	50.55	-2.6%
Acomodar Aguja	Soplado			7.23	6.54	-9.5%
Cortar Material	Soplado			3.96	2.81	-29.1%
Inyectado de aire y agua	Soplado			44.36	40.62	-8.4%
Quitar Prensa	Soplado			4.66	4.05	-13.0%
Hacia zona de Acabado	Transporte					6.00
Remover Rebabas	Acabado	- Estantería Móvil con etiquetas para almacenar los materiales utilizados	- Se debe utilizar dos tipos de cuchillos: uno para el corte de exceso de material y otro para el corte y sellado de las partes afiladas. - Para la recaudación del exceso de material se dispondrá de un recipiente de capacidad mediana para que una vez llenado se lleve a la tolva.	8.27	5.92	-28.3%
Colocar Tapa	Acabado			5.86	3.50	-40.2%
Hacia zona de Apilado	Transporte			3.04	3.14	3.3%
Apilar	Embalaje		- Se debe delimitar la zona de empaquetado y realizar el apilado de hasta 4 bloques de 4x3 para ser posteriormente llevados por un pato de carga o mediante rodillos transportadores hasta la zona de productos terminados.	3.06	2.88	-5.9%
Empaquetado	Embalaje			47.90	40.70	-15.0%
Hacia almacén de PT	Transporte			24.00	24.10	0.4%
Almacenar	Almacén PT			10.00	10.09	0.9%
Elaboración de las Tapas	Secado/ Pigmentado/ Inyección	- Señalización de Maquinaria - Implementación de Plan de Mantenimiento (plan de limpieza, inspección, ajuste y lubricación - tableros de gestión visual)		122.83	104.96	-14.6%

Tabla 47: DAP Mejorado

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO								<input type="checkbox"/> Operación:
PROCESO: FABRICACIÓN DE BIDONES								<input type="checkbox"/> Material:
MÉTODO:	<input type="checkbox"/> Actual	<input checked="" type="checkbox"/> Propuesto						<input type="checkbox"/> Hombre:
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en segundos	OBSERVACIONES
Hacia almacén de MP	○	➡	□	D	▽	22	9.97	De aquí parte la producción
Apliado de MP	●	➡	□	D	▽	0	38.40	
Hacia zona de Secado	○	➡	□	D	▽	3	17.80	
Verter MP a Secadora	●	➡	□	D	▽	0	18.09	Absorción de humedad. Se hace uso de secadoras
Secado	○	➡	□	◐	▽	0	21.24	Hasta que se alcance determinada temperatura
Hacia zona de Pigmentación	○	➡	□	D	▽	17	24.78	Por cada bolsa de pellet
Pigmentación de MP	●	➡	□	D	▽	0	19.48	Manual, en baldes
Hacia Sopladora	○	➡	□	D	▽	11	45.60	
Vertido de MP	●	➡	□	D	▽	0	17.80	En sopladora
Prensar MP	●	➡	□	D	▽	0	27.37	Manual
Espera	○	➡	□	◐	▽	0	50.55	La sopladora automáticamente empieza a verter el material en el molde
Acomodar Aguja	●	➡	□	D	▽	0	6.54	Para el soplado de cada pieza
Cortar Material	●	➡	□	D	▽	0	2.81	Para interrumpir el flujo de material fundido dentro del molde
Inyectado de aire y agua	●	➡	□	D	▽	0	40.62	Haciendo uso del Sistema de Refrigeración
Quitar Prensa	●	➡	□	D	▽	0	4.05	Manual
Hacia zona de Acabado	○	➡	□	D	▽	4	4.20	
Remover Rebabas	●	➡	■	D	▽	0	5.92	Además se verifica que la galonera no tenga huecos. Material sobrande se regresa a la sopladora
Colocar Tapa	●	➡	□	D	▽	0	3.50	
Hacia zona de Apilado	○	➡	□	D	▽	5	3.14	
Apilar	●	➡	□	D	▽	0	2.88	
Empaquetado	●	➡	□	D	▽	0	40.70	
Hacia almacén de PT	○	➡	□	D	▽	8	24.10	
Almacenar	○	➡	□	D	▼	0	10.09	
RESUMEN	Cantidad:	13	7	1	2	1	Diagramado por: Sigueñas - Valverde	
	Tiempo:	228.164	129.59	5.9225	71.7854	10.09	Fecha: 02/11/2018	



### 4.3 Distribución de planta

En esta sección se muestran los pasos a realizar para realizar la redistribución de las zonas de trabajo en la planta. Determinando la redistribución de las zonas de trabajo, se elegirá la mejor alternativa mediante una ponderación de factores.

#### 4.3.1 Pronósticos

Se procede a determinar la proyección de la demanda para los productos que pertenecen a la línea industrial mediante los diversos métodos de pronóstico, y escogiendo a aquel método que posea el menor error porcentual.

Tabla 48: Cálculo de errores para Bidón de 1 galón

Bidón 1 galón	Método de Regresión lineal	Método exponencial	Método exponencial con tendencia
CFE	0.00	1,162.80	2,428.18
MAD	446.00	593.04	602.04
MAPE	2.24%	2.97%	2.98%

Tabla 49: Cálculo de errores para Bidón de 2 galones

Bidón 2 galones	Método de Regresión lineal	Método exponencial	Método exponencial con tendencia
CFE	0.00 -	7,100.00 -	13,161.29
MAD	2,680.00	3,580.00	0.12
MAPE	6.07%	8.53%	-263.16%

Tabla 50: Cálculo de errores para Bidón de 3 galones

Bidón 3 galones	Método de Regresión lineal	Método exponencial	Método exponencial con tendencia
CFE	0.00	1,888.40	7,598.00
MAD	943.20	1,099.12	1,698.03
MAPE	1.17%	1.36%	2.09%

Tabla 51: Cálculo de errores para Bidón de mango delgado 5 galones

Bidón de mango delgado 5 galones	Método de Regresión lineal	Método exponencial	Método exponencial con tendencia
CFE	0.00	8,039.12 -	5,936.05
MAD	990.40	1,920.78	1,673.32
MAPE	0.65%	1.24%	1.10%

Tabla 52: Cálculo de errores para Bidón de mango grueso 5 galones

Bidón de mango grueso 5 galones	Método de Regresión lineal	Método exponencial	Método exponencial con tendencia
CFE	0.00 -	1,337.84 -	4,241.47
MAD	1,138.00	1,231.89	1,187.08
MAPE	2.37%	2.62%	2.57%

Tabla 53: Cálculo de errores para Bidón de 6 galones

Bidón de 6 galones	Método de Regresión lineal	Método exponencial	Método exponencial con tendencia
CFE	0.00	580.96	330.62
MAD	7.20	116.19	66.12
MAPE	0.13%	2.12%	1.22%

Tabla 54: Cálculo de errores para Bidón de 10 galones

Bidón de 10 galones	Método de Regresión lineal	Método exponencial	Método exponencial con tendencia
CFE	0.00	1,154.72	658.97
MAD	145.60	230.94	180.78
MAPE	2.82%	4.29%	3.37%

Observando los valores de las tablas 48 hasta la tabla 54, el método elegido para el desarrollo de la proyección de la demanda para los próximos 5 años es el de Regresión Lineal, ya que este posee menor error en comparación de los otros dos métodos. El método elegido se aproxima a la demanda real que posee la empresa. En la tabla 55 se puede observar la demanda proyectada hallada.

Tabla 55: Demanda proyectada de Línea Industrial

Año	Bidón 1 galón	Bidón 2 galones	Bidón 3 galones	Bidón de mango delgado 5 galones	Bidón de mango grueso 5 galones	Bidón de 6 galones	Bidón de 10 galones	Total de bidones
2018	20,555	41,500	81,799	156,852	47,475	5,763	5,951	359,895
2019	20,820	40,540	82,164	158,390	47,322	5,886	6,164	361,286
2020	21,085	39,580	82,529	159,928	47,169	6,009	6,377	362,677
2021	21,350	38,620	82,894	161,466	47,016	6,132	6,590	364,068

Los cálculos que se realizaron para la selección del método de pronóstico, se basaron en información histórica dada por la empresa, el detalle se observa en los anexos 14, 15 y 16.

### 4.3.2 Balance de línea

Para el cálculo de la cantidad necesaria de maquinaria, en base a la información obtenida de la tabla 55, se realiza el cálculo del Balance de Línea, en donde la demanda total es la suma de la demanda pronosticada para el año 2021 por cada tipo de bidón. Se puede realizar lo mencionado anteriormente debido a que no hay una importante diferencia en el tiempo de ciclo para la elaboración de uno u otro galón de distinta capacidad.

Los tiempos estándares utilizados son los tiempos mejorados obtenido en el punto 4.2.2. La cantidad de máquinas necesarias por áreas presentadas se puede observar en la tabla 56. (En el anexo 18 se encuentra mayor detalle).

Según la tabla 56, se requerirá tener una máquina sopladora más, de modo que se logre cubrir la demanda de los siguientes cuatro años, por lo que será necesario un mayor espacio en el área de sopladoras. Sin embargo, ya que el número teórico de máquinas es 6.090, se plantea como segunda opción el no realizar la compra de dicha máquina, sino que las seis máquinas sopladoras existentes trabajen más tiempo, para que se logre cubrir la demanda sin problemas.

Tabla 56: Número de máquinas necesarias para la línea industrial

Áreas de Trabajo	Tipo recurso	Número actual de operarios / máquinas	Suma de N	Nº operarios / máquinas	Nº operarios / máquinas adicional
Almacén de la materia prima	Manual	1	0.665	1.000	0.000
Almacén de producto terminado	Manual				
Área de secado	Secadora Industrial	1	0.451	1.000	0.000
Área de pigmentación	Manual		0.155	1.000	1.000
Área de Inyección	Máquina de inyección	1	0.541	1.000	0.000
Área de embalaje	Manual	1	0.798	1.000	0.000
Área de sopladores	Sopladora Industrial	6	6.090	7.000	1.000
Área de acabado	Manual		0.714	1.000	1.000

### 4.3.3 Análisis de Relaciones de Actividades

#### Tabla de relaciones de actividades (TRA)

En base al Diagrama Multiproducto y al Gráfico de Recorrido (anexo 19 y 20 respectivamente), se realizó la tabla de relaciones de actividades números, mostrado en la figura 59.

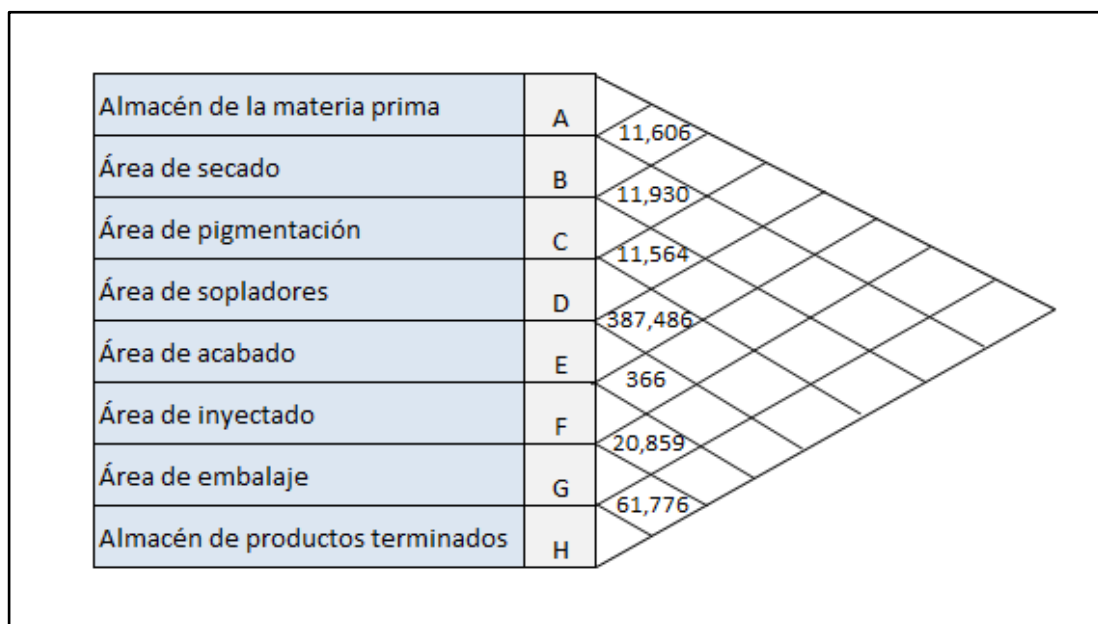


Figura 59: TRA (números)

Para la realización del TRA de letras (Ver figura 60) y el diagrama (Ver figura 61), previamente se tienen las siguientes consideraciones:

- Para la distribución de planta se requieren dos áreas adicionales: Área de molineros y suministro de energía, a pesar de que no intervengan directamente en el recorrido de la producción de bidones.
- El área de acabado y el área de sopladoras deben ir juntas debido a la facilidad de manipulación de material.
- El área de pigmentación y el área de secado tienen que estar cerca (no necesariamente juntas) debido a la facilidad de manejo de material de una sección a otra, de igual manera sucede la relación existente entre las áreas de inyección y de acabado.
- Los pares de áreas: Secado y sopladoras, secado e inyección, acabado y embalaje; son áreas que deben ser cercanas, pero no necesariamente juntas, debido a que las operaciones llevadas a cabo entre ellas son consecutivas.

- El almacén de MP y PT, poseen una relación ordinaria, no es necesario que estén juntos ni cerca, sin embargo, ambas deben estar ubicadas próximas a la entrada para que permita una mejor manipulación en cuanto a la recepción y despacho.
- Entre los pares de áreas: Molineros y sopladoras, molineros y acabado; existe una relación ordinaria, ya que las rebabas acumuladas provienen de la zona de acabado y estas se reprocessan luego en las sopladoras.
- En cuanto al área de secado y suministro de energía, por motivos de seguridad no deben estar ubicados ni juntos ni próximos, debido a la elevada temperatura a la que opera la máquina de secado. Además, se debe recalcar que la posición del suministro de energía es fija.

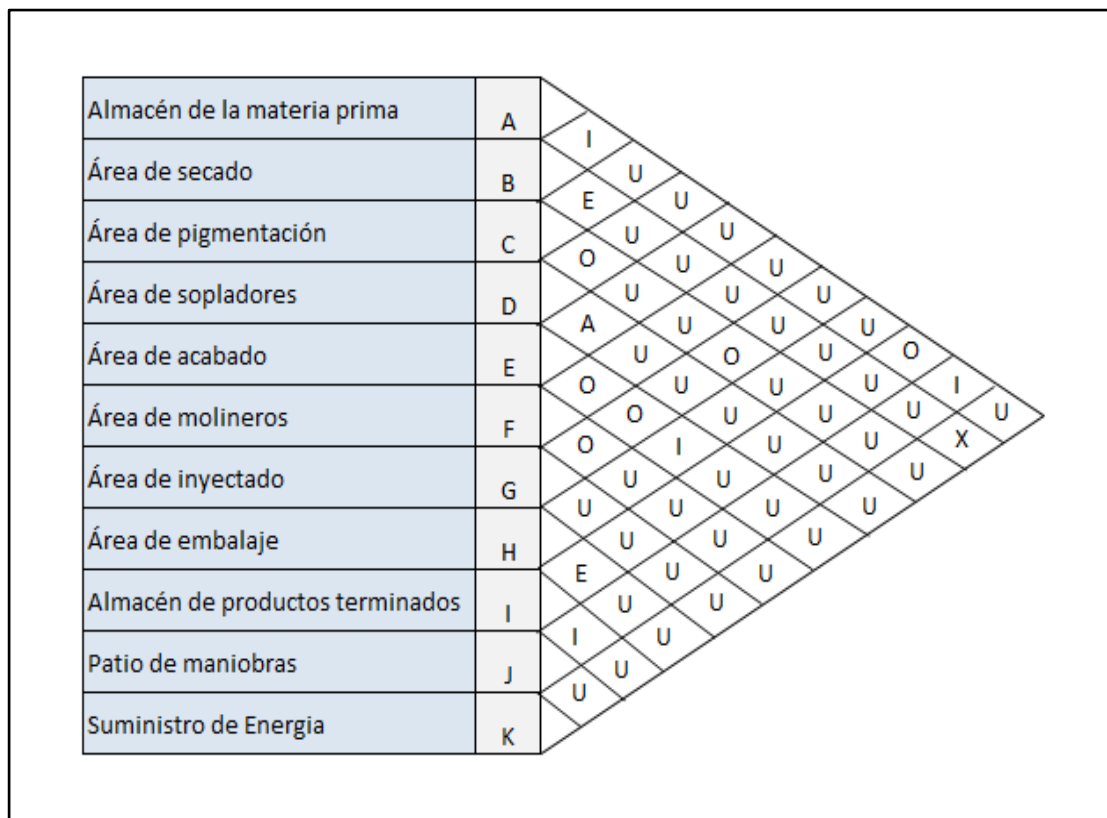


Figura 60: TRA (letras)

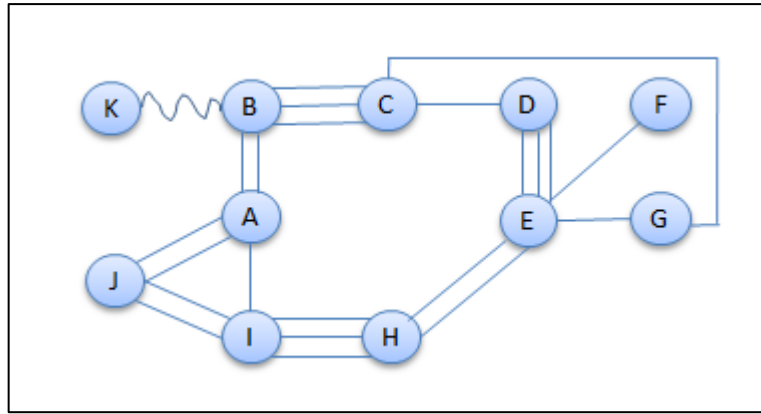


Figura 61: Diagrama relacional de actividades

#### 4.3.4 Layout de bloques unitarios

Para realizar el layout de los bloques unitarios mostrado en la Figura 62, se hace uso de la tabla y diagrama relacional de actividades, así como del Algoritmo de Francis (ver anexo 21).

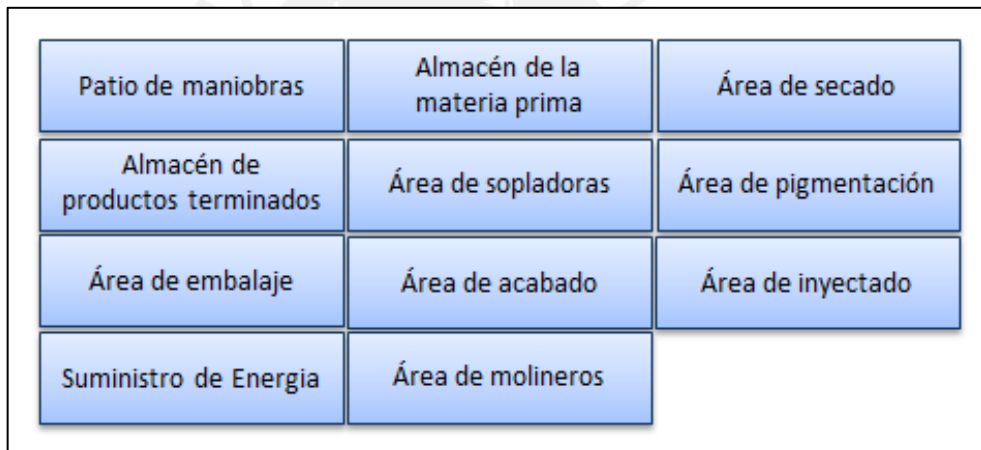


Figura 62: Diagrama relacional de actividades

Según el layout, la distribución de planta es la adecuada, dado el almacén de materia prima y de productos terminados están posicionados estratégicamente al lado del patio de maniobras, el área de secado y pigmentado juntas debido a que las operaciones que se realizan entre ellas son consecutivas; el área de sopladoras y acabado necesariamente juntas por la cantidad de recorridos entre ellas, y respetando que el área de secado con el suministro de energía se encuentren lo necesariamente alejadas por motivos de seguridad. Con este layout se aseguraría un flujo continuo del material.

### 4.3.5 Requerimiento de espacios

Mediante la aplicación del Método de Guerchet se calcular el área total requerida para la maquinaria, áreas de trabajo, vestuario, entre otros, información necesaria para plantear diversas alternativas para la distribución.

Según lo señalado anteriormente las dimensiones de planta son alrededor de 25 x 40 m<sup>2</sup> y laboran 10 operarios todos varones, un auxiliar de producción y el ingeniero de producción, cuya altura promedio es de 1.65 metros.

Se utilizó la tabla 57 con las dimensiones de las máquinas y equipos de acarreo existentes.

Tabla 57: Número de máquinas necesarias para la línea industrial

Elemento	Largo L (m)	Ancho A (m)	Altura H (m)	Cantidad (n)	Nº de lados N
Molineros	3	2	3	2	1
Secadora	1.5	1.5	1	1	1
Sopladora	3.5	3	2	6	1
Inyectora	6	3.5	1.5	1	1
Mesa de Inspección	2	1.5	0.7	6	1
Patos para llevar PT	3.5	2	1	4	-
Personas	-	-	1.65	12	-

Tabla 58: Método Guerchet

Elemento	(LxA)	(LxAxn)	(LxAxnH)	K	Superficie Estática (SS) =L*A	Superficie Gravitacional (SG)=Área*n	Superficie Evolutiva Sei=K*(SS+SG)	STi	Superficie Total
Molineros	6	12	36	0.308	6	6	3.696	15.696	31.392
Secadora	2.25	2.25	2.25	0.308	2.25	2.25	1.386	5.886	5.886
Sopladora	10.5	63	126	0.308	10.5	10.5	6.468	27.468	164.808
Inyectora	21	21	31.5	0.308	21	21	12.936	54.936	54.936
Mesa de Inspección	3	18	12.6	0.308	3	3	1.848	7.848	47.088
		<b>116.25</b>	<b>208.35</b>						<b>304.11</b>
Patos para llevar PT	7	28	28						
Personas	0.5	6	9.9						
		<b>34</b>	<b>37.9</b>						
Elementos fijos									
Elementos móviles									

Según el método de Guerchet, el área total ocupada tanto por elementos fijos como elementos móviles sería de aproximadamente 304.11 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.6 Localización de la planta industrial

Existen diversos factores a tomar en cuenta para la distribución de la planta, por ello se debe considerar el tipo de empresa y sus prioridades. Siendo así, se identificaron 6 factores eje para el análisis de localización, detallado a continuación:

- **Materia prima:** Los insumos son de suma relevancia para las actividades de la planta, y el nivel de producción.
- **Transporte:** El acceso tanto para proveedores como para los distribuidores y/o compradores es de vital importancia porque influye directamente en el costo.
- **Personal:** La disponibilidad de operarios también influye en la producción de bidones.
- **Seguridad:** La seguridad dentro y fuera de la planta, cuidar la integridad física de sus trabajadores genera cierto grado de satisfacción y con ello el aumento de su eficiencia.
- **Sociedad:** Se puede ocasionar ciertos problemas con la población si es que la planta se ubica en una zona residencial ya sea por el ruido o contaminación que genera.
- **Gobierno:** Los impuestos y arbitrios municipales, las licencias de funcionamiento dependen de los requerimientos de los municipios o institución estatal.

Las tres posibles zonas donde se podría localizar la empresa son las siguientes:

- **Distrito:** San Martín de Porres  
Calle Marcos Farfán. A espaldas del centro comercial Mega plaza. Esta es la ubicación actual de la empresa.
- **Distrito:** Cercado de Lima  
Avenida Argentina.
- **Distrito:** San Juan de Lurigancho  
Avenida Santa Rosa

La escala a utilizar es 1: Malo, 2: Regular, 3: Bueno, 4: Muy bueno, y se describe con mayor detalle ciertos factores previo a la calificación:



- En San Juan de Lurigancho la principal vía de acceso lo constituye la avenida Próceres de la Independencia por la cual pasa el Metro de Lima, al menos 35 personas murieron en este distrito durante el 2017 a causa de accidentes de tránsito fatales, según la Policía Nacional del Perú. En Cercado de Lima el mal diseño del cruce peatonal en la intersección de las avenidas Venezuela y Naciones Unidas genera un caos vehicular; asimismo en San Martín de Porres es un caso similar, pero de menor impacto.
- La materia prima para la fabricación de bidones (HDPE Polietileno) se obtiene en su gran mayoría en distritos del norte como Puente Piedra, San Martín de Porres, y Ancón, una pequeña parte desde el Cercado de Lima, y de una forma casi nula en San Juan de Lurigancho.
- Como la producción de bidones tiene alta demanda, requiere una rápida obtención de materia prima, y con una entrega efectiva del producto terminado. Gran demanda es entregada a provincias, pero en estos casos la empresa se encarga de llevar a las agencias de transporte el producto terminado. Hay agencia de cargas importantes en el Cercado de Lima y Lima Norte.
- La mano de obra en cuanto a costo es similar en Cercado de Lima y San Martín de Porres; sin embargo, en San Juan de Lurigancho el costo es menor.
- En lugares de San Juan de Lurigancho y de Cercado de Lima la delincuencia es un problema crítico, en San Martín de Porres la delincuencia es de una intensidad regular.
- El local de la planta, se encuentra en una zona industrial (anexa a la Avenida Industrial); en Cercado de Lima la avenida Argentina se encuentra como una de las zonas industriales. En San Juan de Lurigancho, la Avenida Santa Rosa se identifica como una zona que posee un mayor número de viviendas (zonas residenciales).
- Los trámites municipales como las licencias en Cercado de Lima toman un mayor tiempo; mientras que en el distrito de San Juan de Lurigancho y San Martín de Porres los permisos se agilizan y las entregas de licencias son rápidas.

En base a los detalles descritos y utilizando los factores mencionados, los resultados mostrados de la tabla 59, sugieren que la localización más adecuada es en el distrito de San Martín de Porres, por lo que se trata de una redistribución de planta en la ubicación actual.

Tabla 59: Ponderación de factores - distritos

N°	Factores	Ponderación	SMP	Cercado	SJL	PxSMP	PxCercado	PxSJL
1	Disposición de Materia Prima e Insumos	35%	4	2	1	1.4	0.7	0.35
2	Costo de transporte	25%	4	3	2	1	0.75	0.5
3	Disp. de M.O.D.	15%	3	3	4	0.45	0.45	0.6
4	Seguridad	15%	2	1	1	0.3	0.15	0.15
5	Sociedad	5%	4	4	2	0.2	0.2	0.1
6	Impuestos y Licencias (Gobierno)	5%	2	1	3	0.1	0.05	0.15
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>3.45</b>	<b>2.3</b>	<b>1.85</b>

#### 4.3.7 Diseño de la Distribución

El área de suministro de energía no se puede cambiar de posición ya que el edificio así ha sido instalado, la entrada de la planta es un portón de dos puertas, cada una de 3 metros por donde ingresan los camiones al patio de maniobra. Los pasillos son relativos, dado que toda la planta es abierta; es decir, no hay paredes que dividan las secciones de trabajo. Cada área es calculada incluyendo el espacio que la máquina y el operario requiere para trabajar. En la tabla 60 se detalla el área requerida aproximada para cada área, incluyendo el Vestuario/Servicios Higiénicos.

Tabla 60: Cálculo de área requerida

ÁREAS		Área (m2)
A	Almacén de la materia prima	78.00
B	Área de secado	5.89
C	Área de pigmentación	12.00
D	Área de sopladores	164.81
E	Área de acabado	100.00
F	Área de molineros	31.39
G	Área de inyectado	54.94
H	Área de embalaje	45.00
I	Almacén de productos terminados	78.00
J	Patio de maniobras	91.00
K	Suministro de Energía	18.00
L	Vestuario/ Servicios Higiénicos	16.00
<b>ÁREA TOTAL</b>		<b>695.02</b>

Como se observa en el layout de la empresa con la distribución actual (ver figura 17), el área entre líneas oblicuas no le pertenece a la empresa. Se muestra las tres alternativas que surgieron del trabajo realizado para la redistribución de planta.

- Alternativa 1

Esta alternativa se realizó en base al DRA obtenido mediante el método tradicional. La puerta que da para la calle, es la ubicada en la parte izquierda del layout (ver figura 63). El porcentaje de ocupación del almacén de materia prima como de producto terminado pueden variar según la demanda y a la temporada del año.

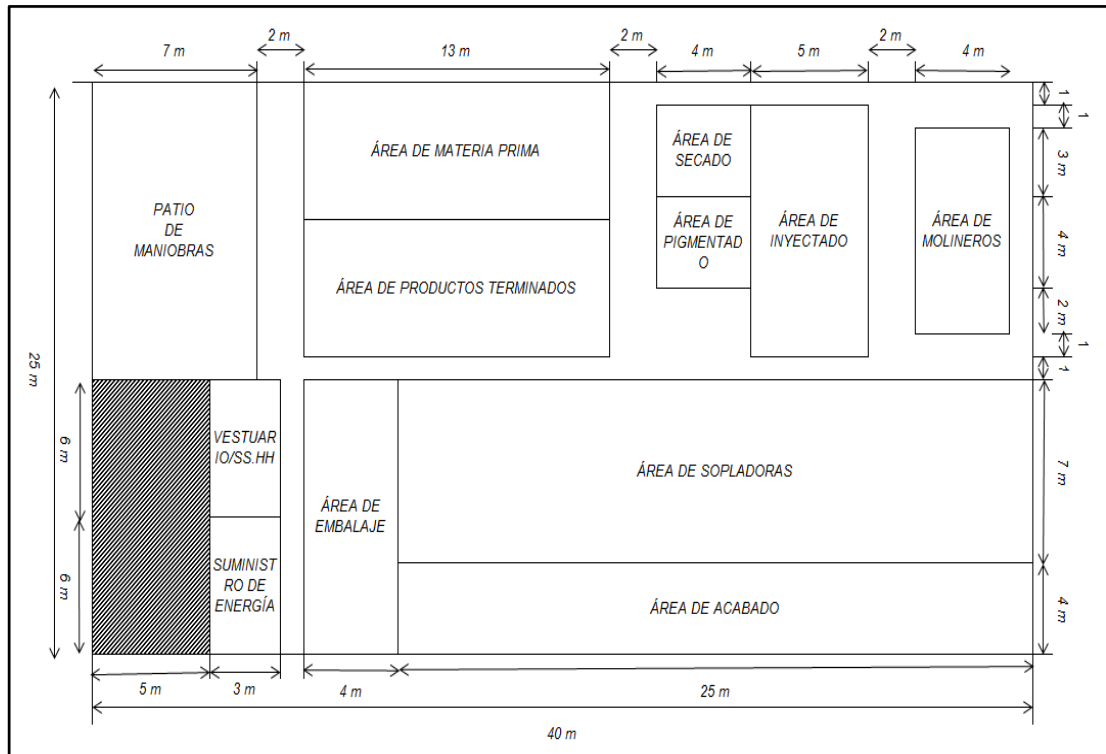


Figura 63: Alternativa 1 de diseño de distribución de planta

- Alternativa 2:

En la segunda propuesta de redistribución (ver figura 64), el área de molineros, secado y de inyectado son los que cambian de ubicación.

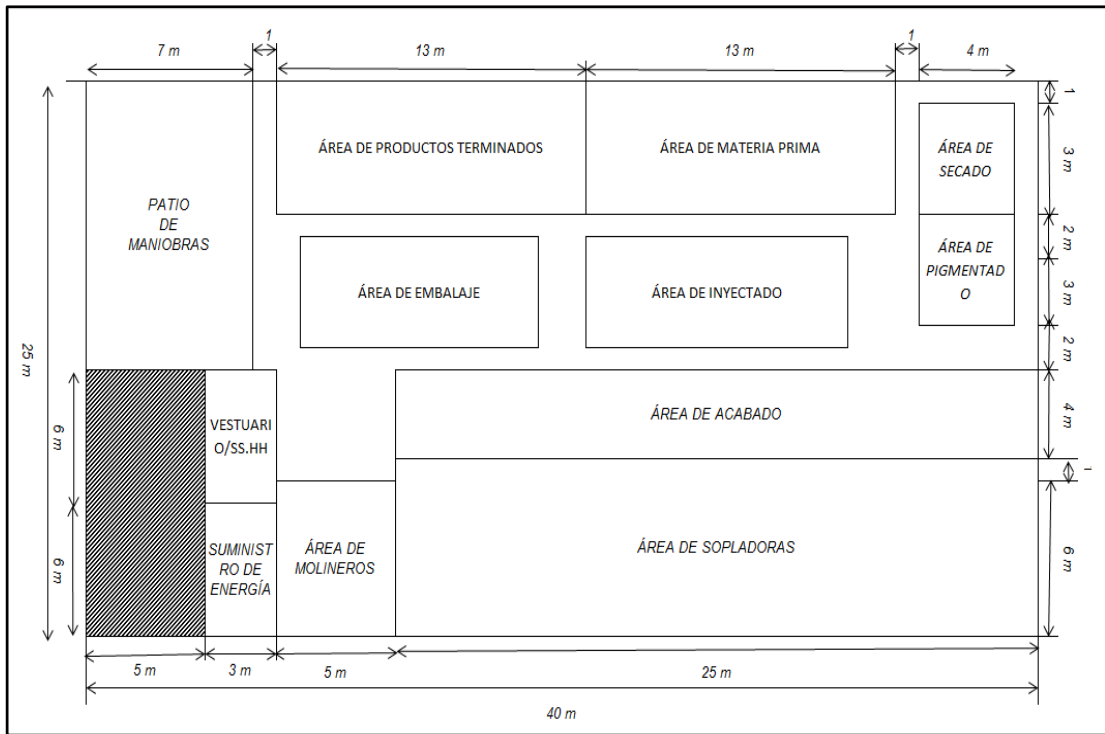


Figura 64: Alternativa 2 de diseño de distribución de planta

- Alternativa 3:

En la tercera redistribución de planta (ver figura 65), hay cambios de ubicación importantes tales como que el área de soploras y de acabado se posicionan al lado derecho de la planta.

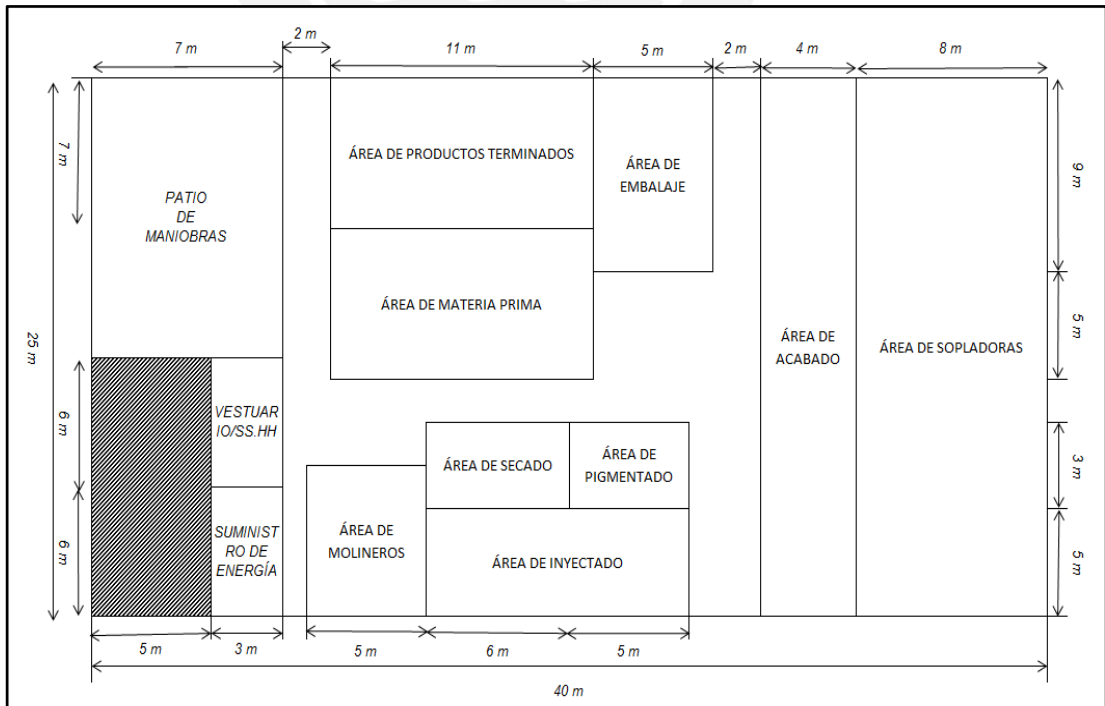


Figura 65: Alternativa 3 de diseño de distribución de planta

#### 4.3.7 Análisis y selección de alternativas de distribución

Para saber cuál de las tres alternativas es la indicada, se realiza una comparación mediante un análisis de factores. Se elegirá la opción con mayor puntuación. Se tiene como prioridad los aspectos productivos de la empresa ante los administrativos.

Se tomará en cuenta la ponderación que tiene cada factor cuyo rango será del 1 al 10, donde 1 es el de menor importancia y 10 el de mayor. La valoración de cada factor se calificará de la siguiente manera: 1 es pésimo, 2 es indiferente, 3 es bueno y 4 excelente. Lo obtenido se presenta se presenta en la tabla 61.

Tabla 61: Ponderación de factores - alternativas

Factor	Ponderación	Valoración		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Mínimo recorrido	8	4	2	3
Aumento de eficiencia	9	4	3	3
Incremento de producción	8	4	3	3
Ahorro de área ocupada	7	3	2	4
Disminución de retrasos	9	4	3	3
<b>TOTAL</b>		<b>157</b>	<b>108</b>	<b>130</b>

Para seleccionar una alternativa coherente, debemos establecer las ventajas y desventajas que cada alternativa posee y según los aspectos mostrados en la tabla 62.

Tabla 62: Ventajas y desventajas de alternativas

Ventajas y desventajas de alternativas		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<i>¿Se evitará accidentes?</i>		Ventaja total	Ventaja parcial	Ventaja total
<i>¿Facilitará el transporte?</i>		Ventaja total	Ventaja total	Ventaja total
<i>¿Mejorará la integración de conjunto?</i>		Ventaja parcial	Ventaja parcial	Ventaja parcial
<i>¿Permitirá mejorar las inspecciones?</i>		Ventaja total	Ventaja parcial	Ventaja parcial
<i>¿Permitirá cambios futuros?</i>		Ventaja parcial	Ventaja parcial	Desventaja
<i>¿Disminuirá el tiempo de almacenamiento?</i>		Ventaja total	Ventaja parcial	Ventaja parcial
<i>¿Disminuirá el mantenimiento?</i>		Desventaja	Desventaja	Desventaja
<i>¿Reducirá los costos?</i>		Ventaja parcial	Ventaja total	Desventaja
<i>¿Mejorará la productividad?</i>		Ventaja total	Ventaja total	Ventaja total
Valor	Ítems	Puntaje		
-1	Desventaja	1	1	2
1	Ventaja parcial	2	4	3
2	Ventaja total	5	3	2
<b>Resultado</b>		<b>11</b>	<b>9</b>	<b>5</b>

Según el análisis anterior, se puede afirmar que la alternativa número 1 (ver figura 63), es la mejor para la distribución de planta, ya que presenta los mejores aspectos de mejora para la empresa.

#### 4.3.8 Análisis de Alternativas

- Debido a que se requiere mover maquinaria que emplea electricidad para su funcionamiento, se deberá rediseñar las conexiones eléctricas para que las máquinas sigan funcionando con la misma eficiencia.
- La máquina secadora, así como la inyectora y las sopladoras, se encuentran fijadas al piso, por lo que habrá cierta dificultad para reubicarlas.
- Las áreas son espacios abiertos, por lo que para reubicarlas y delimitarlas bastará dibujar líneas perimetrales con pintura en el piso.
- En caso se presenten algunas observaciones de mejora posterior de la redistribución, se puede realizar unos reajustes para asegurar que dicha redistribución sea efectiva.

Tabla 63: Cronograma de implementación

Actividad	Descripción de la actividad	Mes 1							Mes 2							Mes 3							Mes 4						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	Rediseño de las conexiones eléctricas																												
2	Reubicación de los almanecenes de MP y PT																												
3	Reubicación del área de embalaje																												
4	Traslado de máquina secadora e inyectora																												
5	Delimitación de las áreas reubicadas																												
6	Instalación de las nuevas conexiones eléctricas																												
7	Prueba de la nueva distribución de planta																												
8	Evaluación de los resultados obtenidos																												
9	Reajustes de la nueva distribución de planta																												

En la tabla 63 se observa el cronograma de implementación de la alternativa 1, con las actividades a realizar y los tiempos respectivos.

#### 4.3.9 Conclusiones de la Distribución de Planta

- Mediante el método aplicado, se obtuvo una propuesta de planta mejor distribuida y en la que se optimiza el flujo del material.
- De acuerdo a los factores evaluados, se concluye que la empresa se encuentra ubicada en un distrito estratégico que es San Martín de Porres, y que le permite aprovechar ventajas en cuanto a la obtención de materia prima y despacho de productos terminados.

- La época adecuada para realizar la nueva distribución sería después de los meses de alta demanda; es decir en diciembre o julio, porque los operarios se encuentran en vacaciones y la demanda disminuye.
- Un factor importante es la seguridad de la planta, en el que no se está tomando en consideración la integridad de los trabajadores ya sea por los malos hábitos de trabajo o por el descuido de la empresa. Existe el peligro de trabajar con materiales inflamables, pues se observó que la empresa no cuenta con la debida implementación de medidas de seguridad.
- Se ha observado que el almacén de producto terminado se localiza en un punto que facilita el despacho del producto terminado, asimismo el almacén de materia prima se localiza al costado del patio de maniobras.
- En cuanto a la selección de alternativas se escoge la alternativa 1 debido a que la manipulación en el flujo del material disminuye considerablemente.

#### **4.4 Seguridad y Salud en el Trabajo**

Se realiza y explica la propuesta de la inclusión de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, por lo cual se plantean los siguientes pasos:

- Diagnóstico de la Situación Actual
- Definición de la Política
- Planificación y Organización
- Control operativo
- Documentación

##### **4.4.1 Diagnóstico de la Situación Actual**

El análisis del estado actual de la planta se desarrolló en la sección “3.2.1 *Justificación de problemas, inciso c) Problemas de seguridad e Higiene en el trabajo*”, del presente informe. Se evaluó información histórica de los accidentes e incidentes de la línea industrial de los años 2016 y 2017 (Ver figura 26 y anexo 6).

Cabe mencionar que a pesar de que la empresa opere desde el 2013, solo se posee información pertinente a temas de seguridad desde el 2016. Los resultados muestran la frecuencia de accidentes e incidentes presentados mes a mes, siendo puntos de inflexión enero, julio, agosto y diciembre debido a que es donde se presenta la mayor demanda de producción. Existe correlación entre la cantidad demandada y la cantidad de accidentes e incidentes en la línea industrial (producción de bidones), lo cual demuestra la urgente necesidad de la instalación y control de un sistema de seguridad.

De igual forma, se realizó la matriz IPER en la sección “3.2.4 Análisis relacional de las causas fundamentales, inciso e) Incidentes y accidentes de trabajo”, del presente informe. Con lo cual se obtiene que las deficiencias en la seguridad e higiene de la planta no permite la realización del flujo continuo de la producción de bidones.

Con los resultados analizados y tomando en cuenta que la cantidad de operarios de la empresa es igual a 10 y la cantidad de personal administrativo es 13, se efectuó una pequeña simulación de las multas en las que se incurriría por no contar con algunas consideraciones importantes en la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) ante una posible auditoría de la Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (SUNAFIL). (Ver tabla 64).

Tabla 64: Simulación de Multas

		Respuesta	Valoración	Monto del Multa
1	La empresa ha definido su política de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	NO	Leve	S/ 20,750.00
2	La empresa ha constituido el Comité de Seguridad y/o supervisor de SST	SI	Grave	S/ -
3	La empresa tiene un Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo	No Aplica	Muy Grave	No aplica
4	La empresa cuenta IPER (procedimientos de identificación, evaluación y control de riesgos) actualizados anualmente y por centro de trabajo	NO	Grave	S/ 12,450.00
5	La empresa cuenta con un Plan o Programa Anual de Seguridad y Salud en el Trabajo	NO	Grave	S/ 12,450.00
6	La empresa cuenta con los Mapas de Riesgos	NO	Grave	S/ 12,450.00
7	La empresa cuenta con un Programa Anual de Capacitación en SST	SI	Grave	S/ -
8	La empresa realiza un mínimo de 4 capacitaciones en temas de seguridad y salud a todos sus trabajadores al año	NO	Grave	S/ -
9	La empresa realiza exámenes médicos ocupacionales a su personal y les informa de sus resultados	NO	Grave	S/ 12,450.00
10	La empresa cuenta con los servicios de un médico especialista en salud ocupacional	NO	Grave	S/ 12,450.00
11	La empresa ha implementado lactarios	No Aplica	Grave	No aplica
12	La empresa cuenta con los registros obligatorios en SST	NO	Grave	S/ 12,450.00
13	La empresa cuenta con Planes de Emergencia y Contingencia en caso de emergencia	SI	Grave	S/ -
14	La empresa cuenta con las Brigadas designadas y correctamente capacitadas	NO	Grave	S/ 12,450.00
15	La empresa realiza investigación de accidentes e incidentes	NO	Grave	S/ 12,450.00
16	La empresa cuenta con un Programa de Prevención para Madres Gestantes	No Aplica	Muy Grave	No aplica
17	La empresa informa al trabajador sobre los riesgos del puesto en el que va a laborar (en su contrato de trabajo o similar. Adenda).	SI	Grave	S/ 12,450.00
18	La empresa otorga equipos de protección personal a los trabajadores	SI	Grave	S/ -
19	La empresa fomenta la consulta y participación de los trabajadores en temas de prevención	NO	Grave	S/ -
20	La empresa exige a sus contratistas cumplir con disposiciones y regulaciones sobre SST	No Aplica	Grave	No aplica
21	Se conservan los informes médicos, velando la confidencialidad exigida. Solo acceso a los mismo el área médica	NO	Muy Grave	S/ 20,750.00
Monto Máximo de Multa (300 UIT)				S/ 1,245,000.00
Monto por incumplimiento LEGAL				S/ 153,550.00

Como se puede observar, el incumplimiento de los estándares legales representa un monto significativo para la empresa, de S/153,550, por lo que se demuestra la importancia del control de seguridad e higiene en la planta.



#### **4.4.2 Definición de la Política**

Se necesita del compromiso de la Gerencia General para poder realizar la política, de modo que se acepte y avale la realización del sistema de seguridad en la planta. Se expondrá en una primera reunión preliminar los siguientes beneficios:

- Reducción de los accidentes de trabajo y días no laborales por problemas médicos, lo que incurriría en el aumento de las horas productivas.
- Reducción de los costos directos en accidentes o enfermedades laborales.
- Se considera el beneficio indirecto de la mejoraría del clima laboral para los operarios ya que la empresa demuestra preocupación en las condiciones de trabajo, se estima con esto un incremento en la productividad.

Al asumir la responsabilidad principal de la implementación de SGSST, la gerencia confirma su compromiso con sus trabajadores y el bienestar de la empresa. Se debe delegar funciones, tiempos y responsabilidades para presentar un primer entregable de la política, el cual se corrige y revisa para que se elabore el documento final y presentarlo en un plazo estimado de 30 días para el chequeo final, firma y aprobación de gerencia.

Con la definición de la Política de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO) se incluye como norma en el Sistema de Gestión de Calidad y comenzar con la publicación entre los operarios. Se emitirán copias a cada sección de la planta, estas requieren ser colocadas en paneles junto con la Política de Calidad; asimismo, se darán reuniones con todos los trabajadores con el fin de mostrar la nueva política y los lineamientos establecido en el sistema de gestión implementado.

Las bases de la Política de SSO esta sostenido bajo estos pilares:

- Desarrollar la cultura de seguridad y prevención de los riesgos de trabajo, con esto la compañía incluye el Sistema de Seguridad con el resto de sistemas de gestión existentes, con el objetivo de mejorar la productividad y la forma de trabajar.
- Prevenir y evitar que los operarios incurran en eventos desafortunados, mediante un correcto sistema de seguridad en los diferentes elementos dentro de la planta como: equipos, maquinarias e instalaciones. Además de cumplir con las normas de seguridad y salud de la legislación vigente.

#### **4.4.3 Planificación y Organización**

Se define un plan de trabajo para la realización del sistema, se plantean reuniones entre los jefes de área y los líderes de cada sección (seleccionados en el plan de implementación de las 5S) que puedan aportar detalles en temas de seguridad y salud ocupacional.

Se realiza el análisis para identificar peligros y evaluar riesgos, se establecen los objetivos del nuevo sistema, con el fin de dar seguimiento y revisión esporádica del nivel de cumplimiento.

##### **a) Identificación de peligros y evaluación de riesgos**

En un primer diagnóstico se señalaron los peligros y riesgos presentes y con mayor probabilidad de ocurrencia, los cuales se presentan en la tabla 65 de acuerdo a la maquinaria donde se localicen y se encuentra listado, con el fin de recorrer toda la planta y realizar la evaluación en puntaje de cada peligro, se utiliza para esto escalas de valores establecidas previamente.

Además, a nivel de toda el área de producción, se encuentra bajos niveles de iluminación lo que provoca en los operarios disminución visual, fatiga, cansancio que afecta toda la línea de producción de bidones.

##### **b) Objetivos**

Se procede a delimitar funciones según las definiciones de la política: El gerente asume la mayor responsabilidad, la que consiste en determinar, evaluar y aprobar los objetivos. Estos serán empleados para el conocimiento de la efectividad y nivel de cumplimiento del desarrollo del nuevo sistema de gestión.

Tabla 65: Principales Peligros

Proceso/ Actividades	Nº Trabajadores	Zona / Lugar	Tareas	Clasificación	Efectos	Nivel de Riesgo
Apilado de MP	1	Almacén MP	- Posturas mantenidas por requerimiento de la tarea	Biomecánico	Dolor lumbar, Incomodidad, malas posturas, cansancio.	Importante
			- Desplazamiento dentro del área y pasillos	Condiciones de seguridad	Contusiones, heridas traumas, fracturas. Caidas a mismo nivel	Crítico
Secado de MP	1	Zona de Secado	- Cambios de temperatura en periodos cortos	Físico	Disconfor termico, cansancio, fatiga, irritabilidad	Moderado
Pigmentación MP	1	Zona de Pigmentado	- Utilización de pigmentos (partículas de polvo)	Condiciones de seguridad	Aspiración de polvo tóxico en bajas cantidades	Moderado
			- Movimiento repetitivo al homogeneizar los pellets con el pigmento	Biomecánico	Dolor lumbar, Incomodidad, malas posturas, cansancio.	Importante
Vertido y Prensado de MP	1	Zona de Sopladoras	- Movimiento repetitivo al pararse para poner los pellets en la tolva y sentarse para prensar	Biomecánico	Dolor lumbar, Incomodidad, malas posturas, cansancio.	Importante
Acomodar Aguja			- Manipulación de material cortopunzante, agujas	Condiciones de seguridad	Traumas superficiales, heridas, puncion, pinchazo, infecciones, contagio de enfermedades	Importante
Cortar Material			- Manipulación de material caliente	Condiciones de seguridad	Quemaduras desde primero hasta tercer grado	Crítico
Inyectado de aire y agua			- Postura prolongada mantenida	Biomecánico	Síndrome del tunel carpiano, adormecimientos, calambres en extremidades superiores, desordenes de trauma acumulativo.	Importante
Quitar Prensa			- Falta de orden y aseo en la zona, mantenimiento de la máquina	Biomecánico	Cortes, caídas al mismo nivel.	Importante
Remover Rebabas			- Manipulación de material cortopunzante, cuchilla	Condiciones de seguridad	Traumas superficiales, heridas, puncion, pinchazo, infecciones, contagio de enfermedades	Importante
Moler Rebabas			1	Zona de Molinero	- Contacto con electricidad de Baja tensión (110V). Conexión y desconexión de equipos	Condiciones de seguridad
Apilado de MP	1	Zona de Embalaje	- Movimiento repetitivo al apilar y empaquetar	Biomecánico	Dolor lumbar, Incomodidad, malas posturas, cansancio.	Importante
Empaquetar						

Se efectuarán reuniones los trabajadores encargados de definir la política (Supervisor de mantenimiento, auxiliar de almacén y el auxiliar de control de calidad), si ameritase, se incluye a personal representante de los trabajadores como apoyo; se plantea realizar la discusión de los posibles objetivos de seguridad y salud, analizar el impacto en el sistema y determinar si son realizables.

Se plantean los siguientes objetivos de Seguridad y Salud Ocupacional discutidas en las reuniones:

- Sostener en el tiempo y difundir la Política de SSO, con la finalidad de prevenir los accidentes, velando por la seguridad y salud de los empleados. Con lo que se estima obtener un 80% de aceptación de la Política de SSO, en las encuestas anuales que se realizan sobre el clima laboral.
- Establecer el procedimiento del personal ante situaciones de emergencia, con la finalidad de llevar el control a tiempo de manera efectiva.

- Inclusión de simulacros de incendios en el Plan Anual de Seguridad. Al ser una planta de productos plásticos, la fundición de los mismos, representa una actividad primordial y peligrosa dentro de la empresa.
- Elaborar el cronograma de capacitaciones a realizar en cada área, que permita incrementar el buen desempeño en la prevención de emergencias.
- Establecer los procesos estandarizados para la prevención de riesgos en cada estación, de tal forma que se conozca las causas raíces de los accidentes e incidentes para prevenirlos. Retroalimentación.

Se planificará los días para las reuniones y éstas deben ser periódicas para el seguimiento de los objetivos, todo el personal debe asistir; se estima que por lo menos se debe realizar dos veces al año.

#### 4.4.4 Control operativo

Se evalúan los peligros que alcancen altos niveles de riesgo identificados en la tabla de los principales riesgos. Se realiza la identificación de las causas raíces de cada uno de los accidentes y de las faltas de control, con el fin de dar recomendaciones y disminuir los riesgos para que sean tolerables. Se analizará zona por zona según los problemas encontrados.

#### Zona de Sopladoras:

Las 6 máquinas sopladoras son parte principal del proceso productivo y trabajan durante toda la jornada laboral; además es donde ocurre mayor cantidad de actividades y tiempo para la elaboración de bidones.

#### ✓ Manipulación de Material Caliente

Tabla 66: Nivel de Riesgo – Manipulación de plástico caliente

Tipo de Peligro	Riesgos	Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo
Condiciones de seguridad	Quemadura	9	8	72	<b>Crítico</b>

De acuerdo al análisis de la tabla 66, este tipo de peligro ocasionado por condiciones de seguridad, puede causar quemaduras desde primero hasta tercer grado por lo que representa un nivel de riesgo crítico. Es considerado como causa principal el manejo de la máquina sopladora y el no uso de equipos de protección estándar por el operario

(actos subestándar) o que la máquina no haya obtenido los mantenimientos adecuados (condiciones subestándar). Por lo que se encuentran como principales causas: Poco de conocimiento o falta de capacitación por los operarios para realizar de forma correcta sus labores (factores personales), de igual manera se identifican factores exclusivos del trabajo como son las maquinas sin mantenimiento y falta de guardas de seguridad convenientes.

Se plantea instruir a los operarios de soplado en el correcto y seguro procedimiento de trabajo, por lo que se dictarán capacitaciones trimestrales en donde se encontrará como responsable al ingeniero de producción. Se realizarán los talleres de “Métodos de trabajo seguro en la zona de sopladoras” y “Correcto uso de los EPP”, los que serán dictados por el supervisor de mantenimiento y el ingeniero de producción.

Asimismo, se realiza la revisión de las instalaciones de las sopladoras y los dispositivos correspondientes de cierre, con el fin de evitar fugas del material; las fallas o fisuras que se encuentren deben ser reparadas rápidamente. Por ello se propone la realización del mantenimiento de los moldes de las 6 sopladoras, con un costo de S/.40 por cada máquina; también se realizará la colocación de guardas de seguridad para evitar la fuga de material plástico caliente, se obtiene una inversión de S/.120 por cada guarda. El control se debe realizar una vez al mes en los moldes y la maquinaria. La inversión para la realización de medidas de seguridad para la prevención en la manipulación de material caliente se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 67: Inversión inicial por medidas de seguridad en zona sopladoras

Cantidad	Item	Costo Unitario	Costo Total
1	Curso: Métodos de trabajo seguro en la zona de sopladoras	S/ 35.00	S/ 35.00
1	Curso: Correcto uso de los equipos de protección personal	S/ 35.00	S/ 35.00
42	Mantenimiento a moldes de máquinas sopladoras	S/ 40.00	S/ 1,680.00
6	Guardas de seguridad contra fuga de material plástico caliente	S/ 120.00	S/ 720.00

Los costos de los cursos son calculados en base a los materiales que se les proporcionarán a los operarios, no hay costo de capacitación mayor debido a que la charla es realizada por personal de la empresa que ya posee conocimientos del tema. El mantenimiento se da en todos los moldes y se recomienda realizarlo cada 1 a 2 años, al igual que la renovación de las guardas de seguridad.

✓ **Manipulación de material corto punzante**

Tabla 68: Nivel de Riesgo – Manipulación de material corto punzante

Tipo de Peligro	Riesgos	Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo
Condiciones de seguridad	Heridas cortantes	9	8	72	<b>Crítico</b>

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 68, el peligro provocado por condiciones de seguridad es referido a una incorrecta práctica en la manipulación de cuchillas en la realización del acabado de los bidones, esto puede ocasionar heridas por cortaduras con graves consecuencias. La manipulación brusca de cuchillas, el no correcto uso de los procedimientos establecidos, o no utilizar los EPP adecuados son considerados actos subestándar; asimismo, el desorden y poca limpieza en las zonas de acabado y sopladoras son condiciones subestándar peligrosas.

La causa primordial que se identificó es el inadecuado uso de las cuchillas de acabado, esto sucede por el poco entrenamiento brindado, algunos operarios carecen de habilidad o por el estrés físico y mental. Otra causa que se identificó es el desgaste de las cuchillas y el sobre esfuerzo de los operarios para que el corte se realice con mayor precisión, de igual forma se realizará la revisión periódica de las cuchillas, incluyendo su mantenimiento y renovación si fuese necesaria, evaluando el desgaste que presenten. La mantención se realizará mediante la utilización de un kit de afilado de cuchillos con el fin de alargar el tiempo de vida de los mismos.

Para el control se propone la implementación del curso “Métodos de trabajo seguro con herramientas cortantes” realizado por el auxiliar de producción con el fin de reforzar el entrenamiento de los operarios.

La inversión de las implementaciones realizadas como medidas de seguridad para la mejor manipulación de material corto punzante se detalla en la tabla 69.

Tabla 69: Inversión inicial por medidas de seguridad para cuchillas

Cantidad	Item	Costo Unitario	Costo Total
1	Curso: Métodos de trabajo seguro con herramientas cortantes	S/ 35.00	S/ 35.00
1	Afilador de cuchillos	S/ 1,672.00	S/ 1,672.00
6	Renovación de cuchillas	S/ 38.00	S/ 228.00

### Zona de Molineros:

Los molineros son utilizados dentro la línea de producción de bidones para triturar las rebabas, con el fin de no desechar material y reutilizarlo. Los dos molineros de la empresa trabajan durante la mayor parte del día, estos se encuentran localizados en un espacio alejado al resto de máquinas ya que generan una gran cantidad de polvo.

#### ✓ Contacto con electricidad de Baja tensión (110V)

Tabla 70: Nivel de Riesgo – Contacto con electricidad

Tipo de Peligro	Riesgos	Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo
Condiciones de seguridad	Choque eléctrico, quemaduras. Potencialización del riesgo de incendio.	9	8	72	<b>Crítico</b>

La energía requerida por la maquinaria y el constante trabajo que realizan durante la jornada laboral produce el riesgo de cortocircuitos, hasta de incendios, especialmente en la máquina molinero debido a su antigüedad y bajo mantenimiento; como se puede observar en la tabla 70, el nivel de riesgo es considerado crítico. Son consideradas condiciones subestándar el mal uso de protecciones y la incorrecta señalización en la maquinaria. Las principales causas identificadas para este riesgo son los problemas de supervisión y control de las actividades, así como el mal mantenimiento de la maquinaria y las instalaciones eléctricas correspondientes.

Se propone realizar el mantenimiento integral a las molineras, por cada una se estima el costo de S/.40; asimismo se ejecuta el mantenimiento total de las diferentes instalaciones eléctricas con el fin de evitar la generación de cortocircuitos y sobrecargas, tomando costo total de S/.500. La programación de revisiones mensuales preventivas de la maquinaria y circuitos eléctricos es necesaria y se realiza con el fin de mantener el correcto funcionamiento.

Tabla 71: Inversión inicial por medidas de seguridad para el molinero

Cantidad	Item	Costo Unitario	Costo Total
2	Mantenimiento de las máquinas molineras	S/ 40.00	S/ 80.00
1	Mantenimiento de instalaciones eléctricas	S/ 500.00	S/ 500.00

En la tabla 71 se visualiza la inversión inicial para implementar las medidas de control en la máquina molinera. Esta inversión suma un costo de S/.580.00.

### En toda la planta:

Existen dos problemas críticos a nivel de toda la planta de producción: La baja iluminación, que causa fatiga y sobreesfuerzo de los operarios y; la falta de señalización, que podría representar contusiones, heridas, traumas y fracturas.

Como medida inmediata, en el plano de la nueva distribución de planta se incluyó las nuevas luminarias (puntos amarillos) y señalización respectiva en los puntos requeridos. (Ver figura 66).

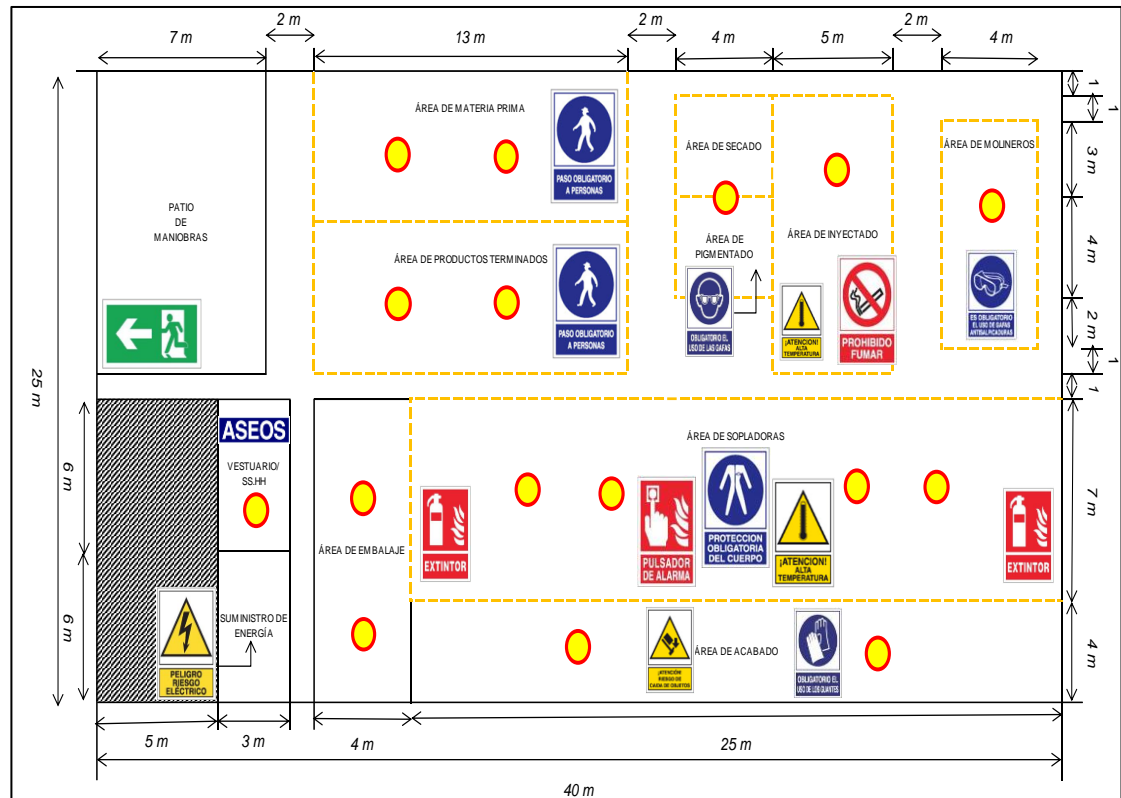


Figura 66: Señalización y Luminaria en nueva distribución

Asimismo, el problema ergonómico presente en la planta representa un riesgo importante por lo que se plantea el uso de sillas ergonómicas con soporte de espalda para la zona de sopladoras, la cual tiene un costo de S/. 300 por unidad. (Ver figura 67).





Figura 67: Silla ergonómica para zona de sopladoras  
Fuente: <https://www.bimos.com/B/es-es/noticias/2724/sillas-de-trabajo-en-la-industria-que-caracteriza-a-una-silla-industrial-perfecta>

#### 4.4.5 Documentación

Para la documentación, se ingresa primero al sistema actual de normas y registros los diversos que posee la empresa, los formatos que utilizará el SGSST, entre los cuales se tiene: La Política y los Objetivos de Seguridad y Salud Ocupacional, los indicadores de gestión, formatos para reportar accidentes, etc; esta tarea es simple para la empresa ya que ellos ya cuentan con registros y formatos similares en su Sistema de Gestión de Calidad. Registrados los formatos de forma correcta, se imprimen, reproducen y colocan a disposición de todos los operarios, para su uso.

Siguiendo el reglamento legal vigente (D.S. N° 009–2005–TR), se debe mantener documentados lo siguiente:

- Registros de accidentes
- Registros de enfermedades ocupacionales y exámenes médicos.
- Registros de las medidas correctivas adoptadas.
- Registros de las evaluaciones de seguridad y salud.
- Estadísticas con respecto a la seguridad y salud en el trabajo.
- Registros de equipos de seguridad.
- Registros de los programas de inducción, entrenamiento y simulacros de emergencia.

La documentación de la puesta en marcha del SGSST se debe archivar junto con los documentos del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa, a través de cuadernillos, ficheros, archivadores y almacenado en medios electrónicos para su

conservación. Esto servirá como sustento ante futuras auditorías, de igual forma, puede ser utilizado como como respaldo para la certificación de la norma OHSAS 18000.

## **4.5 Automatización Industrial**

Después de explicar las propuestas de mejora en la línea de producción de bidones, se identificaron actividades productivas que podrían ser automatizadas con el fin de optimizar la empresa, generando diversos beneficios. Para ello analizamos ciertos factores, tales como:

### **Horas-hombres**

El hecho de remplazar personal por maquinaria automatizada permitirá que el negocio reduzca sus costos por H-H, ya que estos realizarán funciones específicas que no pueden ser automatizadas.

### **Tiempo**

Al automatizar ciertas actividades que se realizan manualmente, se podría acelerar el proceso de producción, ya que las máquinas no presentan fatiga y de esta manera se podrá agilizar la entrega del producto a los clientes a tiempo.

### **Producción**

Las mermas y/o desperdicios que se generen en el proceso serán reducidas, de modo que el factor de utilización de los recursos disponibles se logrará incrementar y se reducirán los costos estimados por dichas pérdidas. Además, al automatizar ciertas actividades, se permitirá obtener una mejor calidad con respecto al producto actual.

### **Espacio físico**

El ahorro en espacio físico también representa un beneficio importante ya que podrá ser aprovechado para otros fines. Esto ocurre cuando una sola máquina se encarga de realizar las operaciones que antes requerían de operarios.

#### **4.5.1 Operaciones susceptibles a ser automatizadas**

Por lo mencionado anteriormente se considera que las operaciones susceptibles a ser automatizadas serían las mencionadas a continuación:

### **Área de pigmentación**

La operación de pigmentado es realizada manualmente por un solo operario quien emplea un balde para mezclar la materia prima con el pigmento.

En este proceso se desea reducir el tiempo de mezcla del pigmento de color con el polietileno, número de accidentes de trabajo de los operarios por los movimientos repetitivos, optimizar el uso de recursos disponibles (material, operario, etc.) y eliminar cualquier demora que se genere en el proceso de pigmentación. El proceso de automatización tiene como objetivo beneficiar la producción general de la empresa, obtener la mezcla más uniforme y pigmentada en su totalidad por el color correspondiente.

La automatización llevará consigo un sistema de controladores, sensores y programadores. Esto como resultado, permitirá reducir el tiempo de producción, mejorar la seguridad del operario, mejorar la uniformidad de la mezcla, entre otros.

### **Área de embalaje**

En esta área se realiza el proceso manual de empaquetado por un solo operario. En este proceso se propone como objetivo la reducción del tiempo de empaquetado de los productos terminados, disminuir la cantidad de accidentes de trabajo por los movimientos repetitivos, aprovechar el espacio cubico, aumentar la cantidad de inventarios de productos terminados y, de esta manera se reduzcan las H-H.

#### **4.5.2 Plan general de automatización**

En esta sección se muestra el plan general de automatización de los procesos de pigmentado y embalaje, cada uno en sus zonas respectivas.

#### **Proceso Pigmentado**

Se propone realizar la automatización de este proceso mediante la utilización de una máquina mezcladora con capacidad de 50 kilos de plástico paletizado. La máquina funciona colocando la cantidad de polietileno y pigmento dentro de ella y luego procede a realizar la mezcla mediante sus hélices (ver figura 68). La máquina se adaptará con un sensor de peso de modo que, al llegar a su capacidad máxima, el sensor detecte el peso y mediante un controlador active la máquina automáticamente. Adicionalmente, se incorporará un motor eléctrico el cual también estará conectado a un relé y este a su vez al mismo controlador.

Este motor eléctrico permitirá que la tapa se cierre al momento de encenderse la máquina, de esta manera, la máquina aparte de optimizar la uniformidad de la pigmentación también reducirá cualquier riesgo para el operario. Esta máquina ayudará también a la reducción de tiempo y disminución de fatiga en los operarios, pues ya no se requeriría una alta concentración y esfuerzo visual, sino que los operarios se encargarían de programar, activar y del mantenimiento de la máquina. El área cuenta con un operario que se encarga de manipular el equipo. El esquema del plan de automatización se puede observar en la figura 69.



Figura 68: Máquina mezcladora para pigmento

Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-641918693-mezclador-vertical-nuevo-wensui-wsqb-50-50kg-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-641918693-mezclador-vertical-nuevo-wensui-wsqb-50-50kg-_JM)

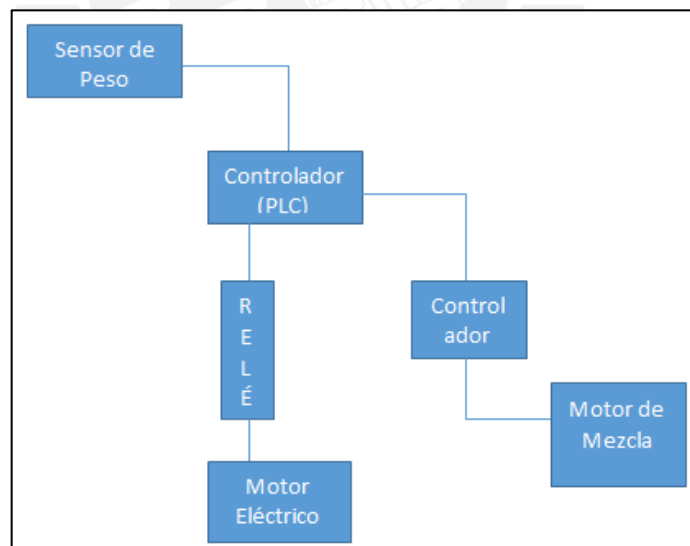


Figura 69: Esquema del plan de automatización para el área de Pigmentado

### Proceso Empaquetado y Etiquetado

Se propone realizar la automatización de este proceso mediante la utilización de dos fajas transportadoras. Una primera faja transportadora de mayor ancho que se implementará al costado de las mesas de acabado desde la sopladora 1 hasta la sopladora 6, por las cuales los operarios designados de cada sopladora colocarán

los bidones terminados. Al final de esta faja transportadora se encontrarán instalados dos rodillos los cuales recibirán a los bidones y los acomodarán de tal forma que puedan pasar por la máquina de etiquetado y la siguiente faja de menor ancho ajustable según la capacidad del bidón.

En esta parte del proceso encontramos como favorable la implementación de una máquina de etiquetado automático con el fin de implementar esta operación como parte del acabado y así poder estandarizar los productos y poder colocar la marca. Cada etiqueta tendrá un código de barras (ver figura 70) y una serie de número, que indicarán las características del producto como modelo, capacidad, etc. Además, se está planteando la obtención de una máquina lectora de estos códigos de barra (ver figura 71) que esté conectada a una computadora donde se guarde la información de los productos como la cantidad en almacén y la cantidad demandada. Esto disminuirá el tiempo de realización del inventario, pues ya no se haría de forma manual por los operarios.



Figura 70: Etiqueta código de barras

Fuente:

[https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo\\_de\\_barras#/media/Archivo:EAN13.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_de_barras#/media/Archivo:EAN13.svg)



Figura 71: Lector código de barras

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/netum-bluetooth-ccd-barcode-scanner-supports-continuous-scan-reader-32bit-portable-usb-cable-a4-barcode-for-60678902726.html>

Efectuado el proceso de etiquetado automático, se procede a la utilización de la segunda faja transportadora de menor ancho ajustable, por la cual pasarán los bidones en una fila de forma lineal. Al final de la respectiva faja transportadora se encontrará un sensor fotoeléctrico el cual enviará la información al mecanismo de empuje. Este mecanismo realizará el empuje de cada cuatro bidones hacia el mecanismo de embalaje, de igual forma el ancho del mecanismo es ajustable a la capacidad del bidón que se está produciendo.

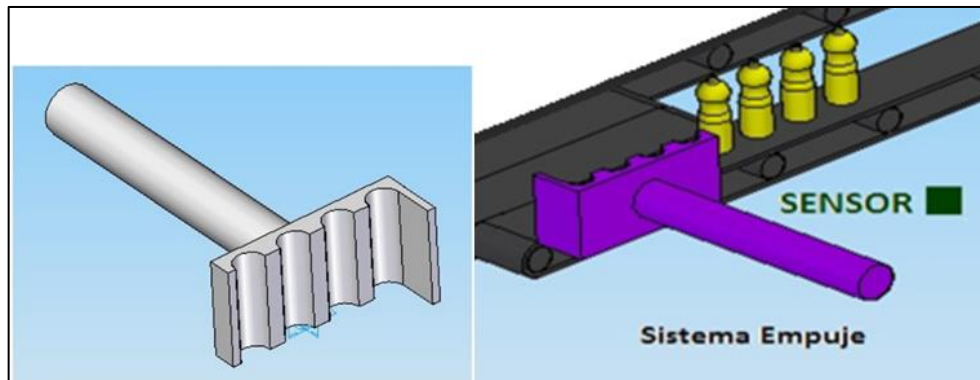


Figura 72: Mecanismo de empuje.

El mecanismo de embalaje también se activa con un sensor fotoeléctrico. Este mecanismo funciona con dos rodillos ajustables que sostienen el embalaje tensionado y se va estirando cuando pasan los cuatro bidones. Este recibe la información del sensor de la cantidad de filas que van pasando, en cuanto llega a 6 filas procede a cerrarse y cortar el embalaje.

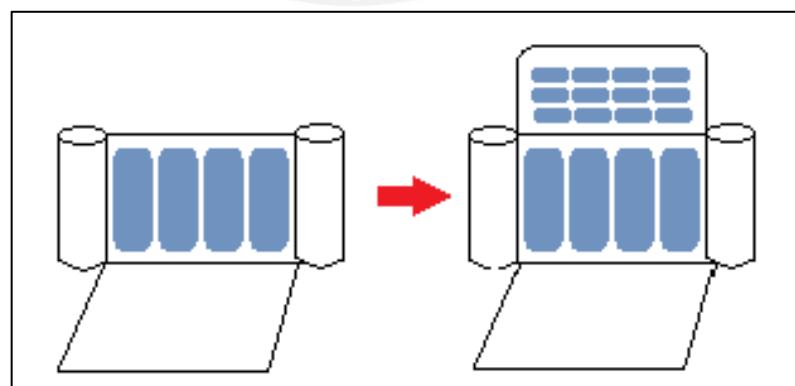


Figura 73: Sistema de Embalaje.

El paquete de bidones de 4x6 es empujado por la primera fila del siguiente paquete, pasa por rodillos transportadores colocados con la inclinación de 20° para que el paquete se deslice y llegue hasta la zona de productos terminados donde será

recibido por un operario para su colocación en el almacén. Se muestra el gráfico del proceso descrito en la figura 74 y 75.

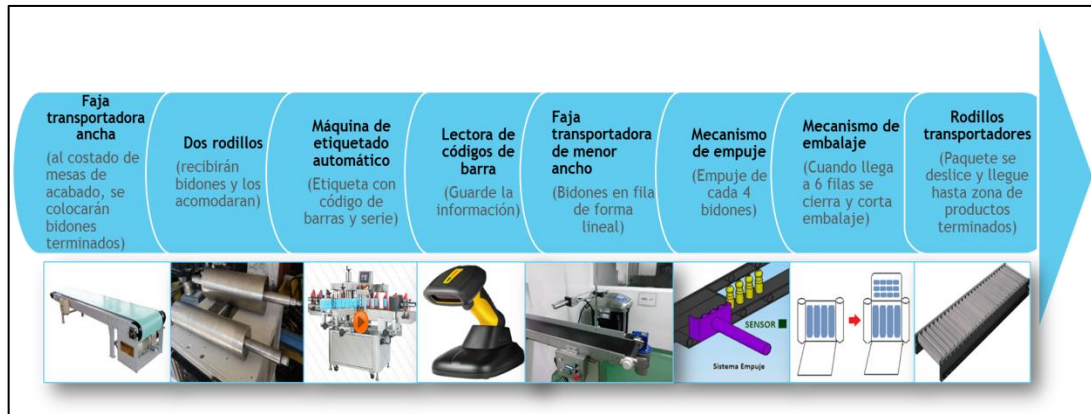


Figura 74: Esquema del proceso de embalaje y etiquetado

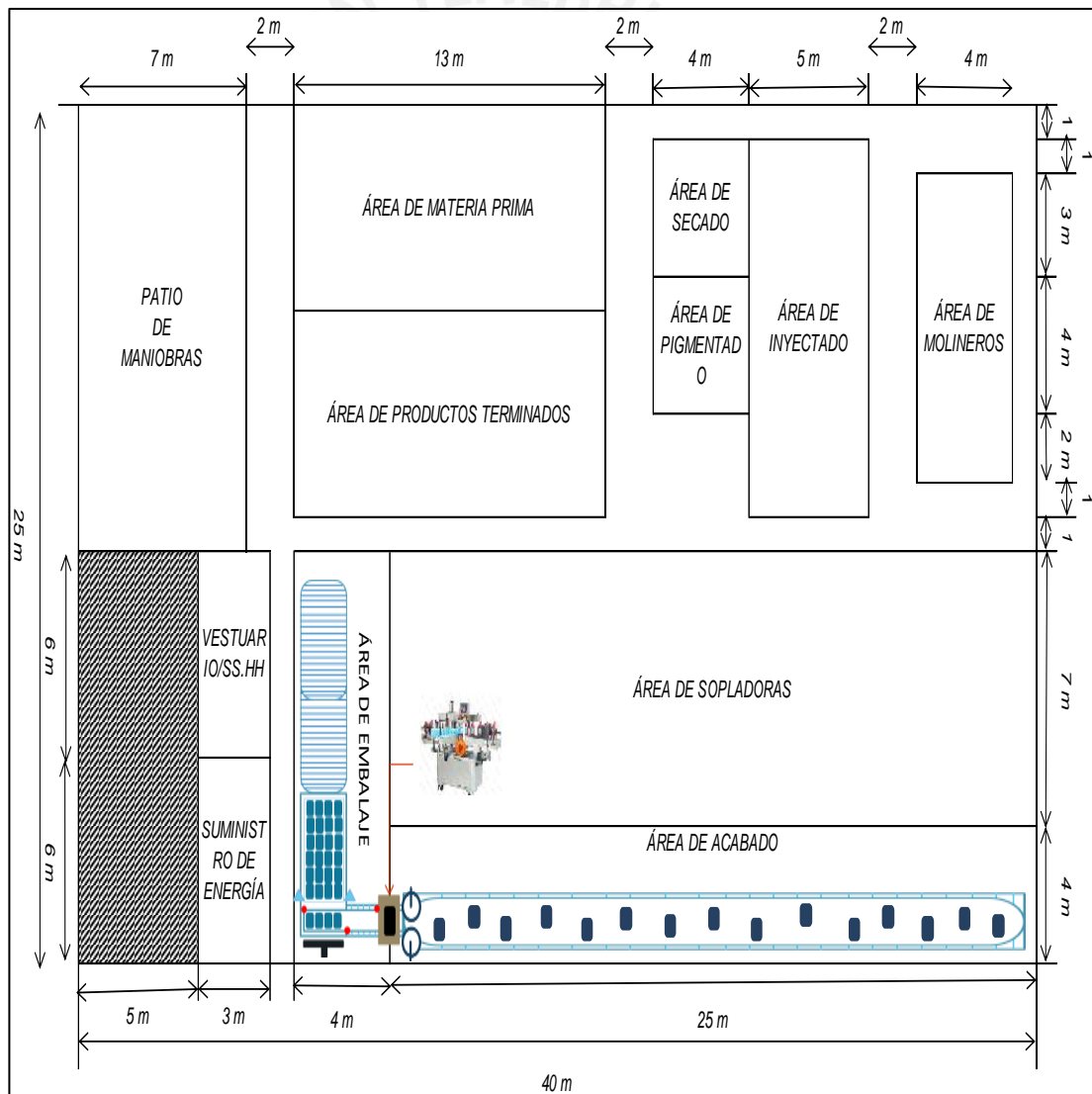


Figura 75: Diagrama de la automatización en los procesos de embalaje y etiquetado

### 4.5.3 Instrumentación

A continuación, se detallarán los instrumentos a utilizar para la automatización de los procesos seleccionados en la planta: Pigmentado y embalaje.

#### Proceso de Pigmentado

- **Sensor de Peso:**



Figura 76: Sensor de Carga de medio Puente.

Fuente: <https://silicio.mx/aditamentos/sensores/peso-y-altura>

La función del sensor de peso es la de identificar cambios eléctricos impulsados por una variación en la intensidad de un peso soportado en una balanza. En particular, el sensor envía la señal al controlador cuando se estira el medio puente. (Ver figura 77).

Especificaciones	
<b>Nombre del Sensor</b>	Carga de medio puente
<b>Tipo</b>	Sensor eléctrico
<b>Rango de peso</b>	0-25 kg
<b>Resistencia de Entrada</b>	1000 ± 50
<b>Resistencia de Salida (Ω)</b>	1000 ± 50
<b>Capacidad</b>	50 Kg
<b>Temperatura de Operación(C°)</b>	-10 ~ +50
<b>Sensibilidad de Salida(mv/v)</b>	1.1 ± 0.15
<b>Costo</b>	\$ 56.00
<b>Datos Adicionales</b>	Material Resistente Uso paralelo para añadir capacidad adicional

Figura 77: Especificaciones del sensor de peso

#### Funcionamiento:

Se usará este sensor en el área de pigmentación. El sensor se instalará en la máquina de pigmentado para que, al detectar el peso del plástico introducido en la máquina, envíe la información al controlador, el cual indicará a la máquina que debe activarse. La dosificación por cada Kg a utilizar de plástico, será medida previamente



antes de colocar la mezcla en la máquina. Cabe resaltar que el sensor se puede calibrar para que detecte cierta cantidad específica de peso. Esta dependerá de la tonalidad, poder de tintóreo y la resistencia térmica del pigmento.

**Justificación:**

Se eligió este tipo de sensor debido a que el costo de \$56.00 no es tan elevado y tiene un funcionamiento fácil de manejar. Por otro lado, son pequeños y sencillos de instalar. Tiene una excelente respuesta de frecuencia y son simples y adecuadas para medidas estáticas y dinámicas.

- **Máquina Mezcladora de pigmentos vertical**

La función de esta máquina es aumentar la calidad en la pigmentación de plástico mediante la uniformización de pigmentos al momento de mezclarlo con el polietileno. (Ver figura 78). Las especificaciones de la máquina se encuentran en la tabla 79.



Figura 78: Máquina Mezcladora de Pigmentos.

Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-641918693-mezclador-vertical-nuevo-wensui-wsqb-50-50kg-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-641918693-mezclador-vertical-nuevo-wensui-wsqb-50-50kg-_JM)

Especificaciones	
<b>Nombre de la Máquina</b>	Mezclador Pigmentador Vertical Wensui
<b>Modelo</b>	WSQB-50
<b>Serie</b>	Q160674
<b>Tipo</b>	Mezclador Vertical
<b>Capacidad del Depósito</b>	50 Kg
<b>Cantidad de Aspas</b>	4
<b>Velocidad de Aspas</b>	85rpm
<b>Motor</b>	2HP
<b>Dimensiones</b>	85x83x112
<b>Precio</b>	\$ 1,041.26
<b>Datos Adicionales</b>	Material de fabricación: Acero inoxidable Material de fabricación de aspas: Acero Inoxidable

Figura 79: Especificaciones de la Máquina mezcladora.

**Funcionamiento:**

Esta máquina funcionará en el área de pigmentado, los operarios traerán el polietileno mezclado con los pigmentos y lo verterán en la máquina, el sensor de peso detectará la cantidad requerida y activará la maquina automáticamente.

**Justificación:**

Debido a que la unidad de carga actual para la materia prima es de 25 Kg, no hay necesidad de comprar una mezcladora de mayor magnitud. Una gran ventaja es que estas mezcladoras no ocupan mucho espacio, puesto que la fábrica cuenta con espacio limitado.

- **Motor Eléctrico**

La función de este motor eléctrico será la de cerrar la tapa de la máquina mezcladora de pigmentos al momento de encenderse. (Ver figura 80).



Figura 80: Motor Eléctrico.

Fuente: [https://shdongzhan.en.alibaba.com/product/60421078005-803436227/Single\\_phase\\_110VAC\\_90W\\_30RPM\\_GEAR\\_MOTOR.html](https://shdongzhan.en.alibaba.com/product/60421078005-803436227/Single_phase_110VAC_90W_30RPM_GEAR_MOTOR.html)

**Funcionamiento:**

Este motor trabajará en conjunto con la mezcladora y se conectará a la tapa, así cuando la máquina se encienda automáticamente por detectar peso, el motor haga que la tapa se cierre.

**Justificación:**

Debido a que la tarea de cerrar la tapa de la mezcladora es simple no es necesario comprar un modelo con tanta potencia y tamaño, basta un pequeño motor eléctrico, el cual por ser de inducción presenta ventajas que se pueden observar en la tabla 72.

Tabla 72: Especificaciones del motor eléctrico.

Especificaciones	
<b>Nombre de la Máquina</b>	Pequeño motor
<b>Marca</b>	Dongzhan
<b>Frecuencia</b>	50Hz
<b>Fase</b>	Monofásico
<b>Capacidad del Depósito</b>	50 Kg
<b>Tensión</b>	110V
<b>Relación de engranajes</b>	0.000736111
<b>Costo</b>	\$ 50.00
<b>Potencia</b>	90W
<b>Corriente Nominal</b>	1.40 A / (AC)
<b>Datos Adicionales</b>	Motor de Inducción: Fácil de operar, reducción del desperdicio de energía, resistente, conexión directa A prueba de gotas

### Proceso de Embalaje

- **Faja Transportadora 1**

Se utilizará una faja transportadora para la recepción de los bidones que han finalizado las operaciones en la sección de acabado. (Ver figura 81).



Figura 81: Faja transportadora.

Fuente: <https://pesamaticindustrial.com/faja-modelo-rod-san/>

Tabla 73: Especificaciones faja transportadora.

Especificaciones	
<b>Modelo</b>	Guangzhou 2/4/6/10M stainless steel belt conveyor
<b>Voltaje</b>	220V
<b>Velocidad</b>	Ajustable
<b>Capacidad</b>	120kg
<b>Garantía</b>	2 año
<b>Precio</b>	\$12000-\$25000

**Funcionamiento:**

Transporta el conjunto de bidones salientes de las mesas de acabado, estos son colocados dispersos en la faja para lograr llevarlos a la operación de etiquetado. Las dimensiones que posee son: 12 metros de largo, 1 metro de ancho y 1 metro de alto. Las especificaciones se encuentran en la tabla 73.

**Justificación:**

Es un dispositivo de transporte económico, que es conveniente para transportar los bidones de manera rápida sin generar retrasos y sin mucha intervención del operario, además que nos ayudará a conectar la zona de acabado con la de empaquetado y etiquetado.

- **Rodillos**

Se implementará el uso de dos rodillos ajustables verticales en las fajas transportadoras con el fin de ordenar linealmente los bidones para dar facilidad al proceso de etiquetado. Además, estos permitirán que haya un punto de inspección para verificar los requerimientos específicos del producto ya que los bidones estarán ordenados individualmente y el operario podrá observar con facilidad los defectos y fallas que presenta el producto. (Ver figura 82)



Figura 82: Rodillos verticales.

Fuente: <http://spanish.steelwirebelt.com/sale-10036845-belt-wheel-conveyor-belt-rollers-knuckled-selvedge-heat-resistant-custom-design.html>

Tabla 74: Especificaciones faja transportadora.

ESPECIFICACIONES	
<b>Modelo</b>	Rodillos verticales SAWQUIT
<b>Velocidad</b>	Ajustable
<b>Garantía</b>	1 año
<b>Precio</b>	\$ 40.00

### Funcionamiento:

Está compuesto por dos carros de acero y mecanizado montados sobre cojinetes que a su vez están montados sobre guías deslizantes cromadas. Dos servos cilindros con controles para posicionamiento de cada grupo de rodillos. Estos se encargan de ajustar los bidones y posicionarla de manera lineal en la faja transportadora. Las especificaciones se encuentran en la tabla 74.

### Justificación:

El principal objetivo del uso de los rodillos es la agilización y ordenamiento del proceso. Así se disminuye el tiempo de flujo y el proceso se vuelve continuo.

- **Sensor Foto Eléctrico (1)**

El sensor foto eléctrico se encarga de detectar la presencia de bidones al momento de circular por la faja transportadora. Trabaja en equipo con el sistema de empuje. (Ver figura 83)



Figura 83: Sensor Fotoeléctrico.

Fuente: <https://www.automation24.es/sensor-fotoelectrico-reflex-automation24-ogp108-baseline>

Tabla 75: Especificaciones del sensor fotoeléctrico.

ESPECIFICACIONES	
<b>Sensor</b>	Sensor fotoeléctrico
<b>Tipo de sensor</b>	Reflex
<b>Distancia de detección</b>	0.05-2.5m
<b>Fuente de Alimentación</b>	10-30VDC
<b>Frecuencia</b>	1000Hz
<b>Corriente salida</b>	200mA
<b>Tipo de corriente</b>	AC
<b>Costo</b>	\$ 10.00-\$50.00
<b>Datos adicionales</b>	-Distancia de detección ajustable -Viene con 2 tuercas de fijación -Protección IP67, contra contacto e inmersión temporal. -Diseño cilindro con roscado

### **Funcionamiento:**

La luz emitida por el sensor incide sobre el objeto a detectar, los bidones, y luego es reflejada siendo el receptor el encargado de detectar esa luz. Cuando se utilizan estas fotocélulas es importante evaluar el color y la superficie del objeto. Con las superficies opacas la distancia de detección está influenciada por el color del objeto, a los colores claros le corresponden distancias mayores y viceversa. Este sensor llegará a contar un máximo de cuatro galones, los cuales harán que la faja transportadora se detenga y la mesa donde se pondrán estas se eleven. Las especificaciones se encuentran en la tabla 75.

### **Justificación:**

El sistema réflex utilizado con carcasa plástica con protección IP67 representa una alternativa económica al compararlo con los modelos de acero inoxidable. Además, este sistema dispone de un polarizador modo oscuridad, se ahorra tiempo y costos de montaje, lo cual hace que sea una solución ideal para el uso en sistemas de transporte y manipulación. Este sistema es compacto, el emisor y receptor se encuentran cerca, y por lo tanto se ahorra espacio, y puede ser fácilmente colocado en la faja transportadora. Con este sensor se pueden trabajar con materiales como papel, plástico, líquidos y telas.

- **Controlador (PLC)**

El PLC es una unidad de control que incluye parcial o totalmente las interfaces con señales del proyecto. PLC tiene un Bloque de Unidad de Control y dispositivos como los relés, llaves e indicadores luminosos. El PLC cuenta con un hardware estándar con capacidad de conexión directa con señales respectivas de campo y programables por el usuario. (Ver figura 84).

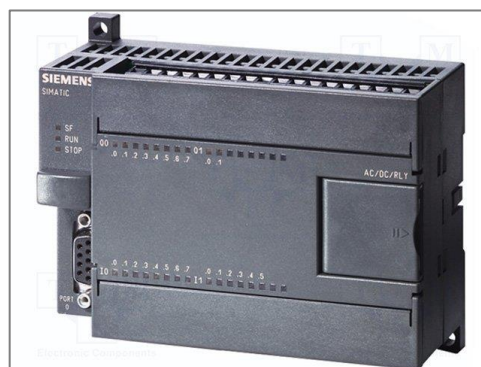


Figura 84: Controlador Siemens.

Fuente: <https://vietnamese.alibaba.com/product-detail/siemens-s7-200-programmable-logic-controller-plc-110245976.html>

Tabla 76: Especificaciones del Controlador PLC.

ESPECIFICACIONES	
<b>Marca</b>	SIEMENS
<b>Modelo</b>	SIEMENS S7 1200
<b>N° Salidas y entradas</b>	10 entradas 14 salidas (programación ladder)
<b>Precio</b>	\$ 420.00

**Funcionamiento:**

El controlador PLC se encargará de leer y procesar la información emitida por parte del sensor fotoeléctrico que en este caso es contar el número de bidones. El PLC inicia con la vigilancia de la cantidad de bidones, después el CPU escribe los valores de imagen de los procesos outputs en los módulos de salidas, después, el CPU interpreta en la lectura el estado de los inputs en las entradas y actualiza la imagen del proceso, el CPU procesa el programa del usuario. Las especificaciones se encuentran en la tabla 76.

**Justificación:**

Estos PLC lógicos son utilizados para aplicaciones pequeñas y medianas que necesitan conteos bajos de puntos I/O y movimiento de ejes, remueve la necesidad de baterías de litio con almacenamiento de energía incorporada, permite optimizar el espacio y mantenimiento es de bajo costo.

- **Actuador (1) - Faja transportadora 2**

La faja transportadora 2, movilizará los bidones hasta la zona de empaquetado, está poseerá barandas ajustables al tamaño de bidón que se desplazará por ella. El sensor foto eléctrico detectará cuando lleguen cuatro bidones formados en línea y el sistema de empuje procederá a retirar bidones de la faja transportadora 2. (Ver figura 85).



Figura 85: Guangzhou 2/4/6/10M.

Fuente: [https://www.alibaba.com/product-detail/Aluminum-Frame-ESD-PVC-Belt-Conveyor\\_60571720961.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Aluminum-Frame-ESD-PVC-Belt-Conveyor_60571720961.html)

Tabla 77: Especificaciones Faja.

Especificaciones	
<b>Modelo</b>	ST-IMSP1-V1
<b>Voltaje</b>	220V
<b>Velocidad</b>	Ajustable
<b>Capacidad</b>	30kg
<b>Garantía</b>	4 años
<b>Precio</b>	\$ 1,000.00

**Funcionamiento:**

La faja transportadora 2 recibirá la señal del controlador PLC, el cual hará que se detenga cuando se haya detectado con el sensor cuatro bidones, estos bidones ya se encontrarán posicionados al final de la faja y se procederá a retirar el conjunto. Las especificaciones se encuentran en la tabla 77.

**Justificación:**

Es un dispositivo de transporte económico, que es conveniente para transportar los bidones de manera rápida y logra que el flujo del proceso sea continuo. Además, aporta a que la siguiente área (embalaje) realice las operaciones de manera rápida disminuyendo el tiempo del flujo.

- **Actuador (2) - Sistema de Empuje**

**Funcionamiento:**

El sistema de empuje ajustable se activa después que el sensor fotoeléctrico, el cual está ubicado al final de la faja, logra percibir cuatro bidones, una vez que se detecta la acción del sistema empuja los cuatro bidones hacia la zona de embalaje. (Ver figura 86 y tabla 78)

**Justificación:**

Este sistema reemplazará al operario que antes se encargaba de trasladarlo hasta la zona de embalaje. La máquina de empuje ayudará que el proceso sea continuo y sin demoras.





Tabla 79: Especificaciones sensor.

Especificaciones	
<b>Sensor</b>	Sensor fotoeléctrico
<b>Tipo de sensor</b>	Barrera
<b>Distancia de detección</b>	3m +/- 10%
<b>Fuente de Alimentación</b>	10-30VDC
<b>Tiempo de respuesta</b>	1ms
<b>Corriente salida</b>	<300mA
<b>Tipo de corriente</b>	AC
<b>Costo</b>	\$ 10.00-\$50.00
<b>Datos adicionales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia de detección ajustable</li> <li>• 660 nm de luz infraroja</li> <li>• Garantía de 12 meses</li> <li>• Protección IP67, contra contacto e inmersión temporal.</li> </ul>

#### **Funcionamiento:**

Se usará este sensor fotoeléctrico de barrera para poder contar los grupos de cuatro bidones que están pasando, este contará hasta 6 filas y una vez que se llegue a este número mandará una señal al sistema de embalaje el cual se accionará y se cerrará, luego de esto cortará el embalaje de los bidones. Las especificaciones se encuentran en la tabla 79.

#### **Justificación:**

Se utilizará este sensor debido a que contará los objetos que pasen, es decir 6 filas de cuatro bidones y una vez que se cuenten estas, el sensor mandará una señal al sistema de embalaje que se encargará de empaquetar la matriz que se forma de bidones (6x4). Debido a que posee rangos más largos de detección hace que el método de detección sea más eficiente y permite que los sensores sean confiables en sitios de polvo y suciedad.

- **Actuador - Sistema de embalaje**

Viene equipado con un dispositivo de termo sellado para asegurar que el embalaje quede perfecto. De acuerdo con el espesor y la calidad de la bolsa de embalaje de plástico, la máquina se puede ajustar según el tiempo de sellado. (Ver figura 88)



Figura 88: Máquina embalaje.

Fuente: [https://www.alibaba.com/product-detail/thermoforming-DPP-110L-Automatic-Honey-Spoon\\_60658919965.html?spm=a2700.galleryofferlist.2017127.5.731870d7P2AZCh&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/thermoforming-DPP-110L-Automatic-Honey-Spoon_60658919965.html?spm=a2700.galleryofferlist.2017127.5.731870d7P2AZCh&s=p)

Tabla 80: Descripción máquina de embalaje.

Especificaciones	
<b>Material</b>	Acero
<b>Dimensiones</b>	1000mm*1000mm*1600mm
<b>Peso</b>	350Kg
<b>Potencia</b>	0.7 kW
<b>Costo</b>	\$ 1000-\$4000

#### **Funcionamiento:**

El sistema de embalaje se encargará de empaquetar una matriz 6x4 de bidones, recibiendo previamente la señal del sensor. Este al contar 6 filas activará el accionamiento del sistema de embalaje el cual cerrará y sellará el paquete automáticamente y, se trasladará por los rodillos. Las especificaciones se encuentran en la tabla 80.

#### **Justificación:**

Esta máquina es necesaria pues garantiza que, por medio del empaquetado, los bidones se conserven y no sean dañados a la hora del transporte o paletizado por parte de los operarios.

- **Transportador de Rodillos por Gravedad**

El transportador de rodillos es un mecanismo que permite transportar cargas ligeras o pesadas, de gran o poca magnitud. Se implementará un transportador de rodillos para mover la plancha de bidones de 6x4 hasta la zona de inspección por un operario.

El mecanismo del transportador utilizado es por gravedad por lo cual no necesita de una fuente de energía para funcionar. Las especificaciones se muestran en la tabla 81).

Tabla 81: Especificaciones Transportador de Rodillos.

ESPECIFICACIONES	
<b>Marca</b>	BT CONVEYOR
<b>Peso</b>	40 kg
<b>Nombre del artículo</b>	Gravedad Transportador de Rodillos De Acero Galvanizado
<b>Diámetro del rodillo</b>	19-50 mm
<b>Material</b>	Acero galvanizado
<b>Dimensión</b>	0.07m*4m*1m con grado de inclinación 20°
<b>Precio</b>	\$ 3,450.00

El transportador de rodillos tendrá una altura inicial de un metro y tendrá una inclinación de 20° para que el conjunto de galones pueda deslizarse.

El precio mostrado en la tabla 81 es variable, ya que no se venden rodillos estándar sino hechos a medida en base a los requerimientos de la empresa. (Ver figura 89).



Figura 89: Transportador de Rodillos.

Fuente: <https://www.convex-technology.es/productos/transportador-de-gravedad-serie-tg085-0>

- **Transportador de Rodillos Recto, Sin accionamiento**

Se implementará un transportador de rodillos para mover la plancha de bidones de 6x4 hasta el almacenamiento de productos finales. El mecanismo del transportador utilizado es por gravedad por lo cual no necesita de una fuente de energía para funcionar. Las especificaciones se encuentran en la tabla 82.

Tabla 82: Especificaciones Transportador de Rodillos.

ESPECIFICACIONES	
<b>Marca</b>	INTERROLL
<b>Peso</b>	35 kg
<b>Tipo de Rodillo</b>	Interroll Serie 1100, Rodillo de transporte de baja resistencia Interroll Serie 1700, Rodillo universal de transporte
<b>Diámetro de Rodillo</b>	50 mm
<b>Material de Rodillo</b>	Acero
<b>Serie</b>	RM 8110
<b>Nombre del artículo</b>	Transportador de rodillos Interroll Recto Sin accionamiento
<b>Material</b>	Acero
<b>Dimensión</b>	0.07m*4m*0.002m
<b>Precio</b>	\$ 2,100.00

Este transportador solo será utilizado para llevar el paquete de bidones desde la inspección hasta el almacén de productos terminados. (Ver figura 90)



Figura 90: Transportador de Rodillos.

Fuente: <https://www.interroll.es/productos/transportadores-sorters/transportador-de-rodillos/sin-accionamiento/recto-rm-8110/>

**Justificación:**

El principal objetivo del uso del mecanismo transportador de rodillos es el transporte de las planchas de bidones hacia la zona de inspección y evitar esfuerzos de los operarios. Minimiza tiempos de transporte y la ergonomía del área. Es un mecanismo simple, que no necesita de energía para funciones por lo que se ahorra en costos de energía y tiene un sistema propio de lubricación debido a su material.

## Proceso de Etiquetado

- **Máquina etiquetadora automática**

Las etiquetas son muy eficaces para mejorar el atractivo de los bidones. Cada bidón debe contener su etiqueta correspondiente. (Ver figura 91).



Figura 91: Máquina etiquetadora automática.

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-straight-bottle-labeling-machine-two-head-labeling-for-liquid-soap-bottle-150516352.html>

Tabla 83: Especificaciones etiquetadora automática.

ESPECIFICACIONES	
<b>Marca</b>	Marchef
<b>Con bolsa de vacío</b>	Sin modelo
<b>Número</b>	KTD
<b>Longitud de Lacre</b>	30 cm
<b>Fuente de energía</b>	Eléctrica
<b>Tipo</b>	Stand/Table
<b>Certificación</b>	CE
<b>Nombre del artículo</b>	Máquina automática de etiquetado de botellas y bidones
<b>Ancho de la etiqueta</b>	10-120mm
<b>Longitud de la etiqueta</b>	30-400 mm
<b>Rodillo de etiquetas diámetro interior</b>	15 mm
<b>Velocidad</b>	25-50 pcs por minuto
<b>Precisión</b>	± 0.5mm
<b>Fuente de alimentación</b>	220 / 110V 50 / 60Hz
<b>Aplicación</b>	PP, PET, botella redonda del PVC etc.
<b>Dimensión</b>	86 * 68 * 58cm
<b>Precio</b>	\$ 4,920.00

Dentro de las características principales de la máquina, están las siguientes:

- ✓ La máquina adopta el acero inoxidable 304 y el material de la aleación de aluminio.
- ✓ La máquina entera adopta el sistema de control servo importado y hace funcionar la máquina en una estable y alta velocidad.
- ✓ Interfaz avanzada humano-máquina, operación fácil, función completa y tiene la función en línea de la ayuda enriquecida.
- ✓ La cinta transportadora, estable, fiable garantiza la entrega de materiales.
- ✓ Seguimiento sincronizado de velocidad de transporte y automático, hace que el ajuste sea más rápido y fácil de operar.
- ✓ Detección automática del sensor para tener cualquier etiqueta, sin la parada automática. Tiene la función automática de detección de alarma y prevención de fuga.
- ✓ Es ventajoso para la recolección de productos terminados, clasificación y embalaje.
- ✓ La configuración opcional (impresora de cinta) puede imprimir el día de producción y el número de lote en línea, reducir el proceso de envasado y mejorar la eficiencia de producción.

#### **Funcionamiento:**

A esta máquina le llegan los bidones provenientes de la operación de acabado y los transporta a través de la faja transportadora de mayor ancho, luego de ser etiquetadas, se dirigirán a la faja de menor ancho ajustable, una por una en una línea continua para ser empaquetadas. A esta máquina se le implementarán sensores de proximidad para que se produzca el corte de la cinta de etiqueta correctamente. Se elegirá esta máquina de etiquetado ya que permite un movimiento continuo de los bidones al ser una máquina automática y además viene con un controlador PLC que estará conectado a los sensores. Las especificaciones se encuentran en la tabla 83.

#### **Justificación:**

El principal objetivo del uso de la máquina etiquetadora automática es la de minimizar e incluso eliminar el contacto entre el bidón y el operario, aumentando la velocidad del proceso, reduciendo tiempos muertos y disminuyendo considerablemente la carga del operario.

A continuación, se mencionarán los sensores que se implementarán en esta máquina:

### 1. Sensor Fotoeléctrico: KAMPA G139

#### Justificación

Se decidió por este modelo de sensor (ver figura 92) debido a que permite la detección de bidones sin la necesidad de un contacto físico. Las especificaciones del sensor se encuentran en la tabla 84.



Figura 92: Sensor Fotoeléctrico

Fuente: [https://www.alibaba.com/product-detail/G139-Photoelectric-sensor\\_1500951836.html](https://www.alibaba.com/product-detail/G139-Photoelectric-sensor_1500951836.html)

Tabla 84: Sensor Fotoeléctrico.

ESPECIFICACIONES	
Marca	Kampa
Distancia de lectura	1 metro Salida: 200 mA
Tiempo de respuesta	<2 ms
Temperatura de trabajo	<25 a 55 °C
Precio	\$ 10.00

### 2. Sensor de etiqueta: Sensor Lioneye 2



Figura 93: Sensor Lioneye 2.

Fuente: <http://www.suryasarana.com/PRODUK/Sensor/Label-Sensor.htm>



Tabla 85: Especificaciones de Sensor Lioneye.

ESPECIFICACIONES	
<b>Marca</b>	Lion Precision
<b>Precio</b>	\$ 260.00
<b>Interfaz</b>	Interfaz de dos botones
Cambio programable Brillo/Oscuro Salidas NPN y PNP Cableado por M8	

**Justificación:**

Se decidió por este sensor de etiqueta debido a su sencillez, ya que satisface con la lectura de etiquetas no transparentes. (Ver figura 93 y tabla 85).

- **Lector código de barras**

Dentro de las principales características del lector de barras (ver figura 71), están las siguientes:

- ✓ IP67 impermeable
- ✓ Anti-sísmica y caída.
- ✓ Súper decodificador.
- ✓ Bluetooth inalámbrico 1D / 2D CCD.
- ✓ Larga distancia inalámbrica.
- ✓ Fácil de escanear.
- ✓ Soporta escaneo de pantalla de PC móvil
- ✓ Multi-idiomas, con diseño del teclado: inglés/ español / francés / alemán / italiano.

**Justificación:**

Se decidió la utilización de este lector, debido a que su precio módico y por su alto rendimiento. Las especificaciones se encuentran en la tabla 86.

Tabla 86: Descripción Lector Código de Barras.

ESPECIFICACIONES	
Marca	RADALL
Profundidad de color	32 Bit
Ancho de barrido	A4
Velocidad de escaneado	200 escaneados / segundo
Tipo de elemento de escaneo	CCD
Fuente de luz de escaneo	Luz láser
Tipo de interfaz	USB
Resolución óptica	600 * 600
Tipo	Escáner de código de barras
Novedad	Nuevo
Número de modelo	RD-1203
Tipo de producto	Escáner de código de barras bluetooth
Profundidad del campo de exploración	10-800mm
Tasa de error de decodificación	Menos de 1/8 millones
Simbologías compatibles	Todos los códigos de barras 1D comunes
Voltaje	5 V
Intensidad de la luz	Daylight, 4000Lux
Tamaño de papel máximo	A4
Nivel de embalaje	IP67
Capacidad sísmica	Puede soportar un número de veces 7 metros libre
Precio	\$ 64.00

#### 4.5.4 Plan de Integración

Para el plan de integración se deberán analizar los componentes que se utilizarán como son el hardware, software y redes de comunicación. A continuación, se describirán cada uno de estos:

#### HARDWARE

- **Ordenador Central o MTU (Master Terminal Unit):**

Con este sistema los operarios podrán ver la mayoría de la planta. Se encargará de supervisar y recoger la información de las subestaciones. Este ordenador central debe actuar como interface para el operador.

El MTU que se utilizará será una “HP ENVY 34 inch Curved all in one Computer”. Su función es actuar como interface con el operario incluyendo la presentación de las variables en tiempo real. Deberá ejecutar el software especializado que cumpla con las funciones específicas asociadas al proceso. Este computador tiene una gran capacidad de memoria, posee un alto rendimiento en la codificación de videos y

renderización de imágenes por lo tanto habrá fluidez en el equipo, soporta el transporte de cargas de trabajo intensivas y HMI. (Ver figura 94)



Figura 94: HP ENVY 34 Curved all-in-one

Fuente: <https://www.wired.com/2017/06/review-hp-envy-34-curved-one-2017/>

### Características:

- ✓ Windows 10 Home 64
- ✓ Intel® Core™ i7-7700T (2.9 GHz, up to 3.8 GHz with Intel® Turbo Boost Technology, 8 MB cache, 4 cores)
- ✓ 86.3 cm (34") diagonal ultra wide (1900 mm radius curve) Quad-HD (3440 x 1440) display
- ✓ 8GB RAM; 256GB NVMe SSD and 1TB storage; NVIDIA GTX 950M 4GB
- ✓ Altavoces quad sintonizados por Bang & Olufsen; Pop-up HD webcam para Windows Hello; Teclado inalámbrico HP ENVY; Mouse inalámbrico HP ENVY.

- **Ordenadores Remotos RTU's (Remote Terminal Unit)**

Son ordenadores que se encuentran en nodos estratégicos del sistema, gestiona y controla las diferentes subestaciones. El hecho de soportar un HMI no es definido como una necesidad grande en el nivel, ya que se puede usar ordenadores tipo armarios de control, a excepción de sistemas complejos en los que puede haber subestaciones intermedias en formato HMI.

Actualmente a los PLC's son dotados según el número de entradas y salidas, con la capacidad de funcionar como RTU's. Esto minimiza los costos en un sistema como el presentado en este trabajo, pues las subestaciones no son muy complejas. (Ver figura 95)



Figura 95: Motorola MOSCAD-M

Fuente: [https://www.motorolasolutions.com/en\\_us/products/mission-critical-internet-of-things/scada/discontinued/moscad-m.html#tabproductinfo](https://www.motorolasolutions.com/en_us/products/mission-critical-internet-of-things/scada/discontinued/moscad-m.html#tabproductinfo)

Este RTU tendrá un costo de \$550 y se eligió debido a sus funciones y características tales como:

- ✓ Los módulos de entrada/salida especializados en complementos "plug-in" ofrecen conectividad para sensores digitales y analógicos y proporcionan salidas analógicas y relé.
- ✓ Diseñado para ser instalado dentro de recintos provistos para equipos ya instalados en el sitio.
- ✓ En modo de ahorro de energía, es una capacidad única y esencial para sitios remotos con baterías o energía solar. Se obtiene un bajo consumo mediante el suministro de energía únicamente a los circuitos y elementos activados mediante programas de aplicación.

## SOFTWARE

El software a utilizar será el NI-lab ViEW, debido a que ofrece un sistema avanzado que involucra el diseño de aplicaciones desde la adquisición, procesamiento y presentación de datos, hasta el manejo de interfaces. El uso de gráficos lo vuelve un programa más amigable, pues no requiere de conocimientos muy avanzados de programación. (Ver figura 96).

El labVIEW presenta las siguientes características:

- Puede integrarse a diferentes dispositivos y conectarse prácticamente a todos los sistemas.
- Usa programación gráfica para la creación de programas basados en diagramas de bloques.

- LabVIEW ofrece un avanzado sistema que involucra el diseño de aplicaciones en el monitoreo, presentación de datos y el manejo de interfaces.

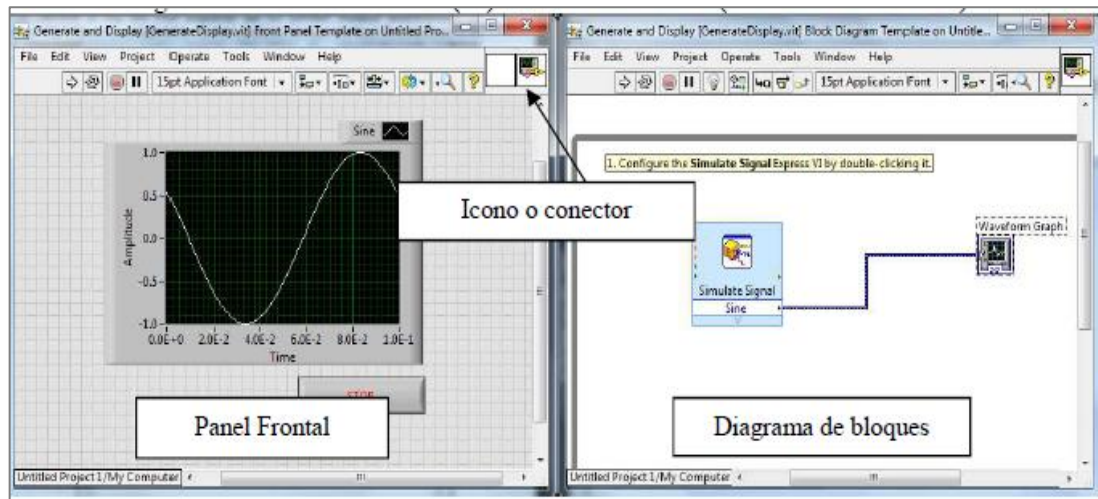


Figura 96: Instrumento virtual creado en labVIEW  
Fuente: Guía laboratorio Automatización PUCP.

### Sistema de Comunicaciones

La red de comunicación organiza la información que los elementos de campo extienden a la red de ordenadores. Se optará por la red Ethernet (Lan) ya que es una red estable, por lo que no fallará a menos que haya un corte de cableado; cuenta con distintas velocidades, se puede conectar a cualquier entorno informático y; además, es una red que se caracteriza por su flexibilidad, pues puede ser utilizada con varios tipos de protocolos.

A esto se le adiciona una red EtherCAT, mediante la cual se realizará la comunicación ya que permite tener un control de posición y los servos drivers. EtherCAT es una red de alto rendimiento, el principio funcional (procesar datos al vuelo) convierte a EtherCAT en el sistema más rápido disponible actualmente, permitiendo trabajar con ciclos de pocos  $\mu$ s. Además, los medios EtherCAT encajan bien para los ambientes industriales, ofrecen a la industria mayor funcionalidad, flexibilidad y ventajas de coste.

En resumen, se utilizará EtherNET (capa física), pues permite lograr el control, supervisión de la máquina, las comunicaciones entre el PLC y SCADA. El modelo que se utilizará será el EtherCAT EK1100 con un costo de \$ 130, su instalación no resulta complicada y funciona de manera bidireccional permitiendo un control de enlace rápido y seguro.

- **HMI**

A continuación, se presentará un bosquejo del interfaz hombre máquina del área del etiquetado en el cual se podrá controlar que los sensores estén actuando adecuadamente y también se podrá controlar si la máquina está etiquetando los envases. (Ver figura 97)

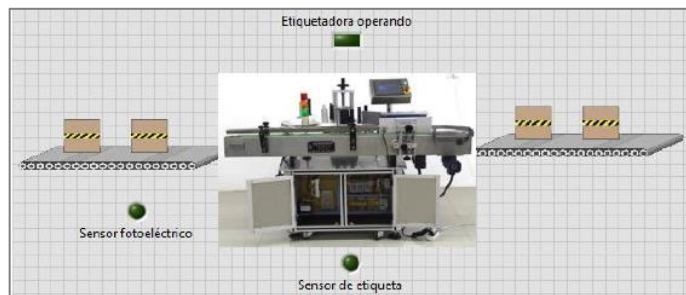
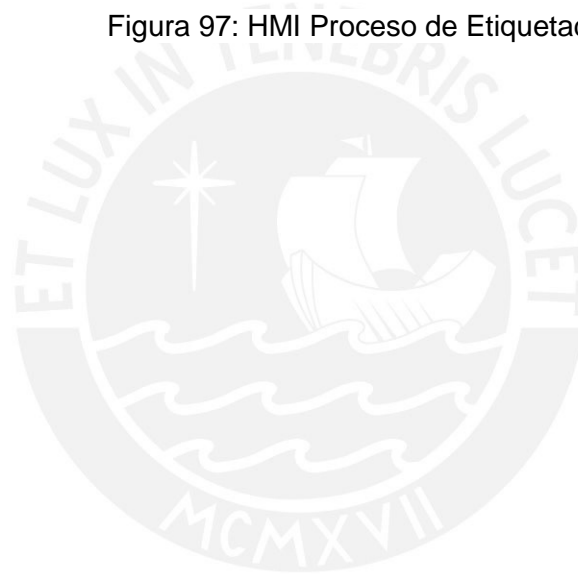


Figura 97: HMI Proceso de Etiquetado



# CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO

En el presente capítulo se realizará el análisis económico de las cinco propuestas de mejora elaboradas (Metodología 5S, Estudio de métodos y tiempos, Distribución de Planta, Seguridad Industrial y Automatización). Se calcula el COK de la empresa para poder sacar indicadores como el VAN y TIR; de esta forma analizar la rentabilidad de las mejoras propuestas. Se realizarán tres flujos de caja explicados a continuación.

El primer flujo de caja mostrará las propuestas de mejora de los puestos por la implementación de la metodología de las 5S, Estudio de métodos y tiempos. Aquí se calcularán los costos y se tomarán los ahorros en H-H como ingresos.

El segundo flujo de caja proyectará la evaluación de la implementación del nuevo sistema de seguridad, los costos se dividen en tres partes: Costo por la inversión inicial de la implementación de medidas de SST, costo de materiales para la prevención de riesgos y costo por incurrir en accidentes en la planta. Asimismo, se presentan como ingresos los ahorros que se generan al aplicar la propuesta, estos pueden ser: Ahorro por reducción del costo en materia de prevención de riesgos y ahorro por disminución del costo por accidentes.

Y, por último, el tercer flujo de caja muestra la evaluación para las distribuciones de planta propuestas, incluyendo la propuesta de automatización. Se calculan los costos de implementación de cada una de las distribuciones propuestas y los ingresos serán reconocidos como el diferencial por la fabricación de más bidones. Esto significa que con la nueva distribución se tiene cada año la posibilidad de producir más bidones, se amplía capacidad de planta.

## 5.1 Determinación del COK

Para la determinación del costo de oportunidad de la compañía se realizará la medición del COK según al CAPM (Capital Asset Pricing Model). Se tiene la siguiente fórmula por concepto:

$$\text{COK} = r_f + \beta (r_m - r_f) + \text{riesgo país}$$

En donde:

$R_f$  = Tasa de riesgo

$\beta$  = Coeficiente de riesgo específico

$R_m - R_f$  = Prima de riesgo promedio del mercado

Debido a que los datos para la realización del cálculo del COK se toman en base a la economía de EEUU es necesario ajustar esta tasa añadiendo el riesgo país del Perú. Según el Banco Central de Reserva del Perú (2018-2019). al cierre de mayo del año 2019 el riesgo país fue de 1.41% (promedio de los últimos seis meses). La tasa libre de riesgo es de 2.48% y la prima de riesgo promedio del mercado es de 4.35% según el BCRP y la BVL al cierre de mayo 2019. El coeficiente de riesgo específico también es ajustable para el país. Por eso se debe calcular este coeficiente con la ecuación mostrada a continuación:

$$\beta_p = (1 + (D/E) * (1 - T)) * \beta$$

Donde:

D/E = Ratio Deuda/Capital

T = Impuesto a la renta

$\beta$  = Coeficiente de riesgo del mercado

Este trabajo contempla una ratio de Deuda/Capital de 0.923. El impuesto a la renta es 29.5% y el coeficiente de riesgo del mercado se obtiene a partir de las betas por sector calculado por "S&P Capital IQ, Bloomberg and the Fed companies" (2019). El sector de la empresa se considera como Packaging & Container. Por tal razón el valor del coeficiente de riesgo del mercado para el país es de 0.74. Utilizando los valores obtenidos se tiene un COK de 9.21% al año.

## **5.2 Evaluación económica de la implementación de las 5S, estudio de métodos y tiempos**

Se realiza el cálculo de los costos para las mejoras, el ahorro en horas hombre; de esta forma, se desarrolla el flujo de caja respectivo y se procede a analizar el VAN y TIR para poder evaluar la rentabilidad de las 5S, estudio de métodos y tiempos.

### **5.2.1 Costos para las mejoras**

Se detallan los costos de cada una de las propuestas de mejora. Los costos mostrados pueden ser únicos o mensuales. (Ver tabla 87)



Tabla 87: Costos por tipo de pago de la propuesta de mejora

Cantidad	Inversión	Tipo de pago	Costo Unitario	Costo Total
1	Capacitación de la herramienta 5S: Coordinadores, líderes y auditor	Único	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
1	Capacitación de la herramienta 5S: Operarios	Trimestral	S/ 400.00	S/ 400.00
8	Carteles y afiches informativos en las distintas áreas	Único	S/ 10.00	S/ 80.00
1	Histórico de problemas e incidencias	Mensual	S/ 30.00	S/ 30.00
1	Seiri/ Etiquetas de Control: 8 pliegos de cartulina, 2 hilos pabilo, pintura roja.	Mensual	S/ 200.00	S/ 200.00
1	Seiton: Estantería Móviles Etiquetada	Único	S/ 1,427.00	S/ 1,427.00
4	Pintura Amarilla: Delimitación de máquinas, señalización	Único	S/ 35.00	S/ 140.00
1	Manual Seiton	Único	S/ 30.00	S/ 30.00
3	Capacitación en lubricación, limpieza y ajuste (2 operarios de sopladoras y 1 de inyectora)	Único	S/ 300.00	S/ 900.00
1	Equipos y utensilios para el programa de mantenimiento	Mensual	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
52	Fichas de conformidad de limpieza diaria	Mensual	S/ 1.00	S/ 52.00
1	Cámara	Único	S/ 300.00	S/ 300.00
6	Fichas de métodos	Único	S/ 3.00	S/ 18.00

Los costos mostrados son los que se asumen para empezar con el proyecto de mejora de procesos en la línea de producción de bidones.

### 5.2.2 Cálculo del ahorro en H-H

Se calcula el costo de hora hombre (H-H) en los operarios mostrados en la tabla 88, dando como resultado un costo de S/6.64.

Tabla 88: Cálculo de H-H

Personal	Cantidad	Básico Mensual	CTS	EsSalud	Total Mensual	Total Anual	Costo H-H
Operario	10	S/ 1,100.00	S/ 85.00	S/ 90.00	S/ 1,275.00	S/ 15,300.00	S/ 6.64

Se realizó el cálculo del promedio de ahorro en hora hombre de forma mensual. El cálculo se realiza evaluando el tiempo de trabajo en cada estación. Se realiza la comparación del tiempo actual y el tiempo estimado con la implementación de la mejora, se multiplicó con la cantidad promedio de bidones producidos mensualmente. De esta forma, se calculó el ahorro mensual en H-H. (Ver tabla 89).

Tabla 89: Cálculo de ahorro mensual

Estaciones	Personal	Tiempo Actual (seg)	Tiempo Mejorado (Estimado)	Ahorro (seg)	Bidones promedio al mes / Año 1	Ahorro promedio en horas (mensual)	Costo de H-H	Ahorro por mejoras (mensual / S/.)
Recepción de MP e Inspección	Operario	38.68	38.40	0.28	30,107	2.34	S/ 6.64	S/ 15.57
Secado	Operario	65.03	39.33	25.70	30,107	214.95	S/ 6.64	S/ 1,427.42
Pigmentado	Operario	22.87	19.48	3.39	30,107	28.37	S/ 6.64	S/ 188.41
Fundición	Operario	51.89	50.55	1.35	30,107	11.28	S/ 6.64	S/ 74.88
Prensado	Operario	38.01	27.37	10.64	30,107	89.02	S/ 6.64	S/ 591.17
Acomodar moldes/aguja	Operario	7.23	6.54	0.69	30,107	5.76	S/ 6.64	S/ 38.22
Corte	Operario	3.96	2.81	1.15	30,107	9.62	S/ 6.64	S/ 63.87
Inyección	Operario	44.36	40.62	3.74	30,107	31.31	S/ 6.64	S/ 207.89
Quitar Prensa e Inspección	Operario	4.66	4.05	0.61	30,107	5.09	S/ 6.64	S/ 33.77
Corte e Inspección	Operario	8.27	5.92	2.34	30,107	19.60	S/ 6.64	S/ 130.13
Recepción de MP e Inspección	Operario	33.63	35.54	-1.90	30,107	-15.91	S/ 6.64	S/ -105.62
Secado	Operario	70.12	50.43	19.69	30,107	164.64	S/ 6.64	S/ 1,093.33
Pigmentado	Operario	10.14	11.40	-1.26	30,107	-10.52	S/ 6.64	S/ -69.87
Inyección	Operario	34.87	35.92	-1.05	30,107	-8.80	S/ 6.64	S/ -58.44
Quitar Tapa	Operario	7.70	7.20	0.50	30,107	4.17	S/ 6.64	S/ 27.70
Ensamble	Operario	5.86	3.50	2.36	30,107	19.70	S/ 6.64	S/ 130.85
								S/ 3,789.27

El ahorro promedio mensual es igual a S/3,789.27 aplicando la mejora de procesos. Finalmente, se calculará el flujo de caja para un año y, junto con ello, se realizará el análisis del VAN y el TIR. De esta manera se evaluará si el proyecto es rentable.

### 5.2.3 Flujo de caja para las mejoras

Es importante recalcar que, para el cálculo del VAN, se usó una tasa del 9.21% anual, hallada en el punto 5.1.

Con los cálculos realizados se determinó que el proyecto es rentable, debido a que el VAN es mayor a 0 y la TIR es significativamente más alta que el rendimiento esperado de la empresa. Se puede decir, entonces, que el proyecto aplicando las mejoras de procesos es viable (ver Tabla 90).

Tabla 90: Flujo de caja para la mejora de procesos y 5S

Flujo de caja para la mejora	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>INGRESOS</b>		S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27
Ahorro por mejoras en el proceso		S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27	S/ 3,789.27
<b>EGRESOS</b>	S/ -7,895.00	S/ -782.00	S/ -382.00	S/ -382.00	S/ -782.00	S/ -382.00	S/ -382.00	S/ -782.00	S/ -382.00	S/ -382.00	S/ -782.00	S/ -382.00	S/ -382.00
Capacitación de la herramienta 5S: Coordinadores, líderes y auditor	S/ 5,000.00												
Capacitación de la herramienta 5S: Operarios		S/ 400.00			S/ 400.00			S/ 400.00					
Carteles y afiches informativos en las distintas áreas	S/ 80.00												
Histórico de problemas e incidencias		S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00	S/ 30.00
Señal/ Etiquetas de Control: 8 pliegos de cartulina, 2 hilos pabilo, pintura roja.		S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00	S/ 200.00
Seiton: Estantería Móviles Etiquetada	S/ 1,427.00												
Pintura Amarilla: Delimitación de máquinas, señalización	S/ 140.00												
Manual Seiton	S/ 30.00												
Capacitación en lubricación, limpieza y ajuste (2 operarios de sopladoras y 1 de inyectora)	S/ 900.00												
Equipos y utensilios para el programa de mantenimiento		S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00	S/ 100.00
Fichas de conformidad de limpieza diaria		S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00	S/ 52.00
Cámara	S/ 300.00												
Fichas de métodos	S/ 18.00												
<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>	S/ -7,895.00	S/ 3,007.27	S/ 3,407.27	S/ 3,407.27	S/ 3,007.27	S/ 3,407.27	S/ 3,407.27	S/ 3,007.27	S/ 3,407.27	S/ 3,407.27	S/ 3,007.27	S/ 3,407.27	S/ 3,407.27
<b>VAN ECONÓMICO</b>	S/ 29,562.96	VANE > 0, Proyecto es Viable											
<b>TIR</b>	40%	TIR > Rentabilidad esperada, Proyecto es Viable											

### 5.3 Evaluación económica de la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

Se realiza el cálculo de los costos por implementar las medidas y materiales para el SGSST, el ahorro por dicha implementación; de esta forma, se desarrolla el flujo de caja respectivo y se procede a analizar los indicadores de VAN y TIR para poder analizar la rentabilidad de la mejora.

#### 5.3.1 Costos de implementar medidas y materiales por SST

Se muestran las acciones más importantes a realizar en una primera instancia como parte de la implementación del SGSST, así como las mejoras para disminuir los riesgos actuales evaluados en la matriz IPER, las cuales constituyen los costos a incurrir. (Ver tabla 91)

Tabla 91: Costos por tipo de pago por SGSST

<i>Manipulación de Material Caliente</i>				
Cantidad	Inversión	Tipo de Pago	Costo Unitario	Costo Total
1	Curso: Métodos de trabajo seguro en la zona de sopladoras	Trimestral	S/ 35.00	S/ 35.00
1	Curso: Correcto uso de los equipos de protección personal	Trimestral	S/ 35.00	S/ 35.00
42	Mantenimiento a moldes de máquinas sopladoras	Anual	S/ 40.00	S/ 1,680.00
6	Guardas de seguridad contra fuga de material plástico caliente	Único	S/ 120.00	S/ 720.00
<i>Manipulación de material corto punzante</i>				
Cantidad	Item		Costo Unitario	Costo Total
1	Curso: Métodos de trabajo seguro con herramientas cortantes	Trimestral	S/ 35.00	S/ 35.00
1	Afilador de cuchillos	Único	S/ 1,672.00	S/ 1,672.00
6	Renovación de cuchillas	Mensual	S/ 38.00	S/ 228.00
<i>Contacto con electricidad</i>				
Cantidad	Item		Costo Unitario	Costo Total
2	Mantenimiento de las máquinas molineras	Trimestral	S/ 40.00	S/ 80.00
1	Mantenimiento de instalaciones eléctricas	Trimestral	S/ 500.00	S/ 500.00
<i>En toda la planta</i>				
Cantidad	Item		Costo Unitario	Costo Total
16	Señalización	Único	S/ 18.00	S/ 288.00
16	Luminaria nueva	Único	S/ 25.00	S/ 400.00
6	Sillas ergonómicas	Único	S/ 300.00	S/ 1,800.00

Se muestran los costos en los que se deben incurrir para comenzar el proyecto de sistema de seguridad de procesos en la línea de producción de bidones.

### 5.3.2 Cálculo del ahorro por implementación

Se procede a calcular el ahorro por la realización del SGSST, mediante la disminución del número de accidentes de trabajo que puedan ocurrir, lo cual impacta de forma directa en la reducción de los costos asociados a estos incidentes.

Asimismo, a través de las mejoras de señalización en las instalaciones de la empresa, en los elementos de seguridad en máquinas, el uso de mejores equipos de protección personal y la constante y apropiada capacitación a los operarios, se espera disminuir los niveles de riesgo hasta que sean moderados, logrando de esta forma la disminución del número de accidentes de trabajo.

Tomando en cuenta la capacitación y la promoción de una cultura de prevención de riesgos, se calcula disminuir la cantidad de accidentes de trabajo en un 60% el primer año y en promedio 40% en los próximos cuatro años; se estima continuar con la reducción de la cantidad de accidentes laborales de forma progresiva en los próximos años. (Ver tabla 92)

Tabla 92: Costos anuales estimados por accidentes de trabajo

Año	Número de Accidentes Tendencia	Número de Accidentes Proyectado	Costo Total Estimado	Ahorro
2016	34		S/ 11,900.00	
2017	43		S/ 15,050.00	
2018	40		S/ 14,000.00	
2019		16	S/ 5,600.00	S/ 8,050.00
2020		10	S/ 3,360.00	S/ 10,290.00
2021		6	S/ 2,016.00	S/ 11,634.00
2022		3	S/ 1,209.60	S/ 12,440.40

El ahorro promedio anual una vez implementado el SGSST, se calcula tomando el promedio de accidentes de últimos 3 años y asumiendo la misma tendencia para los próximos, menos la disminución del costo por la reducción de número de accidentes proyectado. El costo total estimado por accidente fue proporcionado por la empresa.

Finalmente, se realiza el cálculo del flujo de caja para un año y se evalúan los valores del VAN y el TIR. Estos indicadores permiten analizar si el proyecto es rentable.

### 5.3.3 Flujo de caja del SGSST

Es importante recalcar que, para el cálculo del VAN, se usó una tasa del 9.21% anual, hallada en el punto 5.1.

Tabla 93: Flujo de caja implementación SGSST

	2018	2019	2020	2021	2022
<b>INGRESOS</b>		S/ 8,050.00	S/ 10,290.00	S/ 11,634.00	S/ 12,440.40
Ahorro por SGSST		S/ 8,050.00	S/ 10,290.00	S/ 11,634.00	S/ 12,440.40
<b>EGRESOS</b>	S/ -4,880.00	S/ -7,156.00	S/ -7,156.00	S/ -7,156.00	S/ -7,156.00
Curso: Métodos de trabajo seguro en la zona de sopladoras		S/ 140.00	S/ 140.00	S/ 140.00	S/ 140.00
Curso: Correcto uso de los equipos de protección personal		S/ 140.00	S/ 140.00	S/ 140.00	S/ 140.00
Mantenimiento a moldes de máquinas sopladoras		S/ 1,680.00	S/ 1,680.00	S/ 1,680.00	S/ 1,680.00
Guardas de seguridad contra fuga de material plástico caliente	S/ 720.00				
Curso: Métodos de trabajo seguro con herramientas cortantes		S/ 140.00	S/ 140.00	S/ 140.00	S/ 140.00
Afilador de cuchillos	S/ 1,672.00				
Renovación de cuchillas		S/ 2,736.00	S/ 2,736.00	S/ 2,736.00	S/ 2,736.00
Mantenimiento de las máquinas molineras		S/ 320.00	S/ 320.00	S/ 320.00	S/ 320.00
Mantenimiento de instalaciones eléctricas		S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
Señalización	S/ 288.00				
Luminaria nueva	S/ 400.00				
Sillas ergonómicas	S/ 1,800.00				
<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>	S/ -4,880.00	S/ 894.00	S/ 3,134.00	S/ 4,478.00	S/ 5,284.40
<b>VAN ECONÓMICO</b>	S/ 8,607.81	<b>VANE &gt; 0, Proyecto es Viable</b>			
<b>TIR</b>	44%	<b>TIR &gt; Rentabilidad esperada, Proyecto es Viable</b>			

Según los resultados mostrados, el proyecto es rentable, ya que el VAN resultó en S/. 8,607.81, cifra mayor a 0 y la TIR de 44% es significativamente mayor al rendimiento esperado de la empresa. Por lo anterior mencionado, el proyecto de la implementación del sistema SGSST es viable (ver tabla 93).

## 5.4 Evaluación económica de las alternativas de distribución de planta y automatización industrial

Se realiza el cálculo de los costos por la nueva distribución de planta y, de manera adicional, la propuesta de automatización dentro de la nueva distribución, el cálculo de los ingresos por ambas propuestas; de esta forma, se desarrolla el flujo de caja respectivo y se procede a analizar los indicadores de VAN y TIR para poder analizar la rentabilidad de la mejora.

### 5.4.1 Costos para las propuestas de distribución de planta

El cálculo de costos de la distribución de la planta (ver tabla 94), sobre la alternativa elegida anteriormente (ver figura 63), considera el costo de traslado e instalación de máquinas para lograr la optimización del flujo óptimo de material, el resultado cuya

cifra es de S/37,100.00, será utilizado como gasto único inicial en la base del primer flujo de caja de distribución de planta.

El segundo flujo de caja se calculará con base al costo de combinar la propuesta de automatización industrial sobre la alternativa de distribución elegida, estos costos se pueden ver en la tabla 95, y los detalles se observan en el anexo 22.

Tabla 94: Costos de distribución de planta 1

Inversiones		Tipo de pago	Costo Año 2019	
Actividad	Descripción de la actividad			
1	Rediseño de las conexiones eléctricas	Al inicio de año	S/	4,000.00
2	Reubicación de los almanecenes de MP y PT	Al inicio de año	S/	2,500.00
3	Reubicación del área de embalaje	Al inicio de año	S/	4,000.00
4	Movimiento de tierras para colocación de máquinas	Al inicio de año	S/	5,500.00
5	Resanado de espacio para colocación de máquinas	Al inicio de año	S/	5,500.00
6	Relleno y asfalto para espacio dejado de máquinas	Al inicio de año	S/	4,700.00
7	Delimitación de las áreas reubicadas	Al inicio de año	S/	2,900.00
8	Instalación de las nuevas conexiones eléctricas	Al inicio de año	S/	8,000.00
Costo total			S/	37,100.00

Tabla 95: Costos de distribución de planta 2

Inversiones		Tipo de pago	Costo Año 2019	Costo Año 2020	Costo Año 2021	Costo Año 2022
Actividad	Descripción de la actividad					
Distribución de planta						
1	Rediseño de las conexiones eléctricas	Al inicio de año	S/ 4,000.00			
2	Reubicación de los almanecenes de MP y PT	Al inicio de año	S/ 2,500.00			
3	Reubicación del área de embalaje	Al inicio de año	S/ 4,000.00			
4	Movimiento de tierras para colocación de máquinas	Al inicio de año	S/ 5,500.00			
5	Resanado de espacio para colocación de máquinas	Al inicio de año	S/ 5,500.00			
6	Relleno y asfalto para espacio dejado de máquinas	Al inicio de año	S/ 4,700.00			
7	Delimitación de las áreas reubicadas	Al inicio de año	S/ 2,900.00			
8	Instalación de las nuevas conexiones eléctricas	Al inicio de año	S/ 8,000.00			
Automatización Industrial						
9	Activos fijos	Al inicio de año	S/ 107,119.76			
10	Activos intangibles	Al inicio de año	S/ 14,530.24			
11	Mantenimiento y limpieza de máquinas	2 veces al año	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Costo total			S/ 160,250.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00

#### 5.4.2 Cálculo de los ingresos

Se espera que la propuesta de distribución de planta escogida (Alternativa 1), aumente la capacidad en un 7.5% hasta el año 2022. De este modo, a la demanda proyectada para el periodo de 2018 a 2022, se adiciona el diferencial de capacidad resultado de una buena alternativa de distribución. De este modo se han calculado los ingresos de la tabla 96. Para la opción de distribución de planta incluyendo la automatización, se espera que la capacidad aumente en un 12% desde el año 2020, y los ingresos se pueden observar en la tabla 97.

Tabla 96: Pronóstico 1 de ingresos (periodo 2018 - 2022)

Incremento 2019		0.0%						
Incremento 2020 a 2022		7.5%						
Unidades	Precio de venta	2018	2019	2020	2021	2022		
Bidón 1 galón	S/ 3.00	20,555	20,820	21,085	21,350	21,615		
Bidón 2 galones	S/ 5.00	41,500	40,540	39,580	38,620	37,660		
Bidón 3 galones	S/ 8.00	81,799	82,164	82,529	82,894	83,259		
Bidón de mango delgado 5 galones	S/ 12.00	156,852	158,390	159,928	161,466	163,004		
Bidón de mango grueso 5	S/ 15.00	47,475	47,322	47,169	47,016	46,863		
Bidón de 6 galones	S/ 15.00	5,763	5,886	6,009	6,132	6,255		
Bidón de 10 galones	S/ 25.00	5,951	6,164	6,377	6,590	6,803		
Total de bidones (Unidades)		361,913	363,305	364,697	366,089	367,481		
Diferencial: Incremento	Precio de venta							
Bidón 1 galón	S/ 3.00	0	0	1,581	1,601	1,621		
Bidón 2 galones	S/ 5.00	0	0	2,969	2,897	2,825		
Bidón 3 galones	S/ 8.00	0	0	6,190	6,217	6,244		
Bidón de mango delgado 5 galones	S/ 12.00	0	0	11,995	12,110	12,225		
Bidón de mango grueso 5	S/ 15.00	0	0	3,538	3,526	3,515		
Bidón de 6 galones	S/ 15.00	0	0	451	460	469		
Bidón de 10 galones	S/ 25.00	0	0	478	494	510		
Total de bidones (Unidades)		0	0	27,201	27,305	27,409		
Ingresos anuales		S/ -	S/ -	S/ 284,821.35	S/ 286,489.80	S/ 288,158.25		

Tabla 97: Pronóstico 2 de ingresos (periodo 2018 - 2022)

Incremento 2019		0.0%						
Incremento 2020 a 2022		12.0%						
Unidades	Precio de venta	2018	2019	2020	2021	2022		
Bidón 1 galón	S/ 135,897.00	20,555	20,820	21,085	21,350	21,615		
Bidón 2 galones	S/ 30,120.00	41,500	40,540	39,580	38,620	37,660		
Bidón 3 galones	S/ 3,030.00	81,799	82,164	82,529	82,894	83,259		
Bidón de mango delgado 5	S/ 2,920.00	156,852	158,390	159,928	161,466	163,004		
Bidón de mango grueso 5	S/ -	47,475	47,322	47,169	47,016	46,863		
Bidón de 6 galones	Producción	5,763	5,886	6,009	6,132	6,255		
Bidón de 10 galones	S/ -	5,951	6,164	6,377	6,590	6,803		
Total de bidones (Unidades)		361,913	363,305	364,697	366,089	367,481		
Diferencial: Incremento	Precio de venta							
Bidón 1 galón	S/ 135,897.00	0	0	2,530	2,562	2,594		
Bidón 2 galones	S/ 30,120.00	0	0	4,750	4,634	4,519		
Bidón 3 galones	S/ 3,030.00	0	0	9,903	9,947	9,991		
Bidón de mango delgado 5	S/ 2,920.00	0	0	19,191	19,376	19,560		
Bidón de mango grueso 5	S/ -	0	0	5,660	5,642	5,624		
Bidón de 6 galones	Producción	0	0	721	736	751		
Bidón de 10 galones	S/ -	0	0	765	791	816		
Total de bidones (Unidades)		0	0	43,521	43,688	43,855		
Ingresos anuales		S/ -	S/ -	S/ 455,714.16	S/ 458,383.68	S/ 461,053.20		

### 5.4.3 Flujo de caja para la implementación de las distribuciones de planta

Cabe recordar que para calcular el VAN se usó una tasa del 9.21%. Siendo así, el proyecto que considera solo la distribución de planta (ver tabla 98), rentable, ya que el VAN de S/ 377, 493.06 es mayor a 0 y la TIR de 438% es significativamente mayor al esperado por la compañía.



Tabla 98: Flujo de caja 1- Solo distribución de planta

Año	2019	2020	2021	2022
<b>INGRESOS</b>	S/ -	S/ 284,821.35	S/ 286,489.80	S/ 288,158.25
Ingresos por mayor capacidad de planta	S/ -	S/ 284,821.35	S/ 286,489.80	S/ 288,158.25
<b>EGRESOS</b>	S/ 37,100.00	S/ 51,267.84	S/ 51,568.16	S/ 51,868.49
Rediseño de las conexiones eléctricas	S/ 4,000.00	S/ -	S/ -	S/ -
Reubicación de los almanecenes de MP y PT	S/ 2,500.00	S/ -	S/ -	S/ -
Reubicación del área de embalaje	S/ 4,000.00	S/ -	S/ -	S/ -
Movimiento de tierras para colocación de máquinas	S/ 5,500.00	S/ -	S/ -	S/ -
Resanado de espacio para colocación de máquinas	S/ 5,500.00	S/ -	S/ -	S/ -
Relleno y asfalto para espacio dejado de máquinas	S/ 4,700.00	S/ -	S/ -	S/ -
Delimitación de las áreas reubicadas	S/ 2,900.00	S/ -	S/ -	S/ -
Instalación de las nuevas conexiones eléctricas	S/ 8,000.00	S/ -	S/ -	S/ -
IGV por ingresos	S/ -	S/ 51,267.84	S/ 51,568.16	S/ 51,868.49
Impuesto a la renta	S/ -	S/ 70,066.05	S/ 70,476.49	S/ 70,886.93
<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>	<b>S/. -37,100</b>	<b>S/. 163,487</b>	<b>S/. 164,445</b>	<b>S/. 165,403</b>
<b>VAN ECONÓMICO</b>	<b>S/ 377,493.06</b>			
<b>TIR</b>	<b>438%</b>			

Para la propuesta que incluye la automatización industrial sobre la distribución de planta elegida (ver figura 99), el VAN obtenido fue de S/721, 202.59, y un TIR de 210%; siendo esta alternativa también viable y rentable.

Tabla 99: Flujo de caja 2- Distribución de planta y automatización industrial

Año	2019	2020	2021	2022
<b>INGRESOS</b>	S/ -	S/ 455,714.16	S/ 458,383.68	S/ 461,053.20
Ingresos por mayor capacidad de planta	S/ -	S/ 455,714.16	S/ 458,383.68	S/ 461,053.20
<b>EGRESOS</b>	S/ 160,250.00	S/ 83,528.55	S/ 84,009.06	S/ 84,489.58
Rediseño de las conexiones eléctricas	S/ 4,000.00	S/ -	S/ -	S/ -
Reubicación de los almanecenes de MP y PT	S/ 2,500.00	S/ -	S/ -	S/ -
Reubicación del área de embalaje	S/ 4,000.00	S/ -	S/ -	S/ -
Movimiento de tierras para colocación de máquinas	S/ 5,500.00	S/ -	S/ -	S/ -
Resanado de espacio para colocación de máquinas	S/ 5,500.00	S/ -	S/ -	S/ -
Relleno y asfalto para espacio dejado de máquinas	S/ 4,700.00	S/ -	S/ -	S/ -
Delimitación de las áreas reubicadas	S/ 2,900.00	S/ -	S/ -	S/ -
Instalación de las nuevas conexiones eléctricas	S/ 8,000.00	S/ -	S/ -	S/ -
Activos fijos	S/ 107,119.76	S/ -	S/ -	S/ -
Activos intangibles	S/ 14,530.24	S/ -	S/ -	S/ -
Mantenimiento y limpieza de máquinas	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
IGV por ingresos	S/ -	S/ 82,028.55	S/ 82,509.06	S/ 82,989.58
Impuesto a la renta	0	24608.56464	24752.71872	24896.8728
<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>	<b>S/. -160,250</b>	<b>S/. 347,577</b>	<b>S/. 349,622</b>	<b>S/. 351,667</b>
<b>VAN ECONÓMICO</b>	<b>S/ 721,202.59</b>			
<b>TIR</b>	<b>210%</b>			

# CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

Y

## 6.1 Conclusiones

- La implementación satisfactoria del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo no solo trae beneficios económicos, sino que también se logra ofrecer mayor protección en cuanto a seguridad y salud, permitiendo así mejorar las condiciones de trabajo de los operarios. De igual forma, se logra el ahorro por la prevención de posibles accidentes y enfermedades ocupacionales.
- Se realizó el cálculo del ahorro por hora hombre por la implementación de las mejoras en cada sección de trabajo, mediante el estudio de tiempos. Después, se procedió con el cálculo del costo de hora hombre con el pago realizado por la empresa a cada trabajador. Con el cálculo de lo mencionado anteriormente, se obtiene el ahorro monetario mensual resultado de la reducción de tiempos en cada estación de trabajo. De esta forma, se mostró un flujo de caja, en meses, para el primer año tomando al ahorro como ingreso de dinero y los costos de implementar como salida de dinero. Resultando así un VAN económico de S/. 29,562.96, lo cual hace que el proyecto sea viable.
- Realizando la implementación de las 5S conjuntamente con la implementación del estudio de métodos, se crea un impacto significativo en la línea de producción debido a la colaboración en equipo y la disciplina de los trabajadores mostrada en la clasificación, orden, limpieza, estandarización y mantenimiento de la metodología. Ambas propuestas son viables con VAN mayor a cero, por lo que, implementadas a la par, tendrían mayor impacto en la empresa.
- Se redujo el tiempo de operación en casi todas las zonas de trabajo. Especialmente en la zona de secado, ya que se identificó que este proceso se realizaba sin cuidado y se dejaba al material expuesto por mucho más tiempo que el necesitado. Esto conlleva a una disminución en 40% del tiempo. Asimismo, el tiempo de la operación de ensamble se redujo de manera significativa, esto se debe a la implementación de las 5S, al nuevo ordenamiento para el flujo de las tapas y a que estas se encuentren al alcance del operario. Junto con la disminución de tiempos de las demás operaciones se logró reducir un 15% el tiempo total de producción de la línea de bidones.

- Con la redistribución de planta se logrará la reducción de las distancias recorridas tanto por los trabajadores como por los materiales. Además, esta se complementa con el nuevo SGSST por lo que reduce el número de accidentes. Asimismo, esta mejora involucra una disminución en el tiempo total de producción, lo cual conlleva al aumento de la productividad y reducción de los costos. Siendo el proyecto viable con un VAN de S/.377,493.06.
- Con la propuesta de automatización industrial sobre la alternativa de distribución de planta elegida, se espera obtener un flujo continuo en el proceso productivo. Además, de disminuir el sobreesfuerzo del operario ya que gran cantidad de las operaciones manuales pasan a ser automáticas. Todo esto conlleva a poder presentar un producto de mejor calidad. Luego de realizar los cálculos se obtuvo un VAN viable de S/. 721,202.59

## 6.2 Recomendaciones

- Para realizar el estudio de métodos y tiempos se debe tener en especial consideración las opiniones y comentarios de los trabajadores. Ellos son el mayor input para la toma correcta de los tiempos y la propuesta de los nuevos métodos. Es por ello que el estudio de tiempos se realiza informando al operario, caso contrario generaría desconfianza o malestar en la estación de trabajo al operario no tener conocimiento de lo que se está realizando. Si es que la forma de trabajar actual es dificultosa de realizar y puede conllevar a una lesión, se debe entrevistar al operario sobre la realización de su trabajo y preguntar las condiciones que considera necesarias laborar de forma tranquila.
- Se recomienda implementar un sistema de entrenamiento que se base en la autorrealización de los operarios. Conforme la maestría del personal vaya ascendiendo, es importante que se compartan las diferentes experiencias de trabajo entre los técnicos más antiguos y los que recién laboran en la planta. Para ellos se debe realizar un estudio para la implementación de círculos de calidad incluyendo diferentes temas, como son: La correcta manipulación de equipos, formas diferentes de realizar el mismo trabajo, etc.
- Es recomendable documentar las fases de la implementación de las propuestas de mejoras, especialmente con la herramienta 5S y estudio de métodos, con la finalidad de, posteriormente, realizar retroalimentación a los trabajadores involucrados en todo el proyecto. Esto se realiza con la finalidad

dar seguimiento al avance y prevenir desviaciones que se produzcan con respecto a los pronósticos, de tal manera que se identifique de manera oportuna el cuello de botella del proyecto. De igual manera, se recomienda la realización de auditorías tanto internas como externas posteriores al término del proyecto de implementación de mejoras, con la finalidad de obtener mayor información y mantener un estado óptimo de los procesos en la planta.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### ALERTA ECONÓMICA

- 2017 La industria plástica en el Perú  
Consulta: 08 de Abril de 2018.  
<<http://alertaeconomica.com/la-industria-plastica-en-el-peru/>>

### BCRP

- 2019 Estadísticas de producción sector manufacturero  
Consulta: 08 de Abril de 2018.  
<<http://www.bcrp.gob.pe/estadisticas/cuadros-de-la-nota-semanal.html>>

### BRITISH STANDARD INSTITUTION (BSI)

- 2007 OHSAS 18001:2007 – Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo – Especificación. Reino Unido.

### COLLIER, D.A., EVANS, J.R.

- 2009 Administración de Operaciones: bienes, servicios y cadenas de valor.  
México: CengageLearning Editores

### CORTÉS DÍAZ, José María

- 2007 Técnicas de prevención de Riesgos Laborales. Novena edición. Madrid: Editorial Tébar.  
Consulta: 01 de mayo de 2018.  
<<http://books.google.com.pe/books?id=y9IE1LsvwwQC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>>

### DIAZ, Bertha y Benjamin JARUFE y Teresa NORIEGA

- 2007 Disposición de planta. Segunda edición. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.

### DURÁN, Freddy

- 2007 Ingeniería de métodos, Globalización: Técnicas para el Manejo Eficiente de Recursos en Organizaciones Fabriles, de Servicios y Hospitalarias.

GARCÍA, Emilio

1999 Automatización de Procesos Industriales. Robótica y Automática. Editorial Universidad Politécnica de Valencia

Consulta: 10 de Febrero 2019

<[https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC\\_4116\\_01\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true)>

GARCÍA, Roberto

2005 Estudio del Trabajo, Ingeniería de métodos y estudio de tiempos. 2da Edición McGraw Hill.

Consulta: 13 de Abril 2019

<[https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo\\_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw\\_hill.pdf](https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw_hill.pdf)>

HERNANDEZ, Juan; VIZÁN, Antonio

2013 Lean Manufacturing. Conceptos, Técnicas e Implantación  
Escuela de Organización Industrial

INSTITUTO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES

2016 Reporte Sectorial

Consulta: 09 de Abril de 2019

<<http://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2017/01/Marzo-2016-Fabricaci%C3%B3n-de-Productos-de-PI%C3%A1stico.pdf>>

ISHIKAWA, Kaoru.

1976 Guide to quality control. Editorial: Asian Productivity Organization.

JANANIA, Camilo

2008 Manual de tiempos y movimientos. Ingeniería de métodos Limusa

LIKER, J.

2003 Toyota Way. Blacklick,

Ohio: McGraw-Hill Professional Publishing.

KRAJEWSKI, Lee y Larry RITZMAN

2000 Administración de operaciones: estrategia y análisis.

Quinta Edición. Naucalpán de Juárez: Pearson Educación.

MEYERS, Fred.

2000 Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. 2da Edición.  
Pearson Education

MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN

2018 Diciembre: Reporte de Producción Manufacturera

Consulta: 08 de Abril de 2019

<[http://ogeiee.produce.gob.pe/images/ooo/2018\\_12\\_Manufactura.pdf](http://ogeiee.produce.gob.pe/images/ooo/2018_12_Manufactura.pdf)>

MUTHER, Richard

1970 Distribución en planta.

Barcelona: Hispano Europea.

<<http://hpcinc.com/wp-content/uploads/2016/07/Spanish-PPL.pdf>>

NIEBEL W. Benjamin y Andris FREIVALDS

2004 Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.

Onceava edición. México F: Alfaomega.

NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS, Andris

2009 Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño de trabajo.

Duodécima Edición. McGrawHill

OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO

1996 Introducción al estudio del trabajo. Cuarta edición. Ginebra:

Oficina Internacional del Trabajo.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT)

1996 Introducción al Estudio del trabajo – cuarta edición

<<https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>>

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT)

2018 Seguridad y Salud en el trabajo – cuarta edición

<<http://www.ilo.org/global/standards/subjects-covered-by-international-labour-standards/occupational-safety-and-health/lang--es/index.htm>>

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT)

2001 Directrices relativas a los Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo - ILO-OSH. Material de enseñanza. Lima: Centro de Desarrollo Industrial.

PEÑA BENAVIDES, Rafael

2007 Seminario de Investigación de Accidentes [diapositivas]. Material de enseñanza. Lima: Pacífico Salud.

RAMÍREZ CAVASSA, César.

2005 Seguridad Industrial: Un enfoque integral. México DF: Editorial Limusa S.A.  
Consulta 01 de mayo de 2019.

<[http://books.google.com.pe/books?id=jDgUQb\\_V6PsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_atb#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.pe/books?id=jDgUQb_V6PsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false)>

REVISTA INGENIERÍA PLÁSTICA - N° 16

2004 El sector Plástico en el pacífico. El mercado de la industria plástica en el Perú.  
Consulta: 09 de Abril del 2019

<[http://www.ingenieriaplastica.com/revistas/r16/revista\\_16\\_pacifico.html](http://www.ingenieriaplastica.com/revistas/r16/revista_16_pacifico.html)>

REY, FRANCISCO

2005 Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo  
FC EDITORIAL

SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS

2014 Resumen ejecutivo

Consulta: 08 de Abril de 2019

<[http://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2014/03/RE\\_Industria\\_Plasticos\\_Feb2014.pdf](http://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2014/03/RE_Industria_Plasticos_Feb2014.pdf)>

SALAZAR, Bryan

2016 Ingeniería de Métodos.

Consulta: 15 de abril del 2019

<<http://bit.ly/1rUH8PU>>

SALAZAR, Bryan

2016 Estudio de Tiempos.

Consulta: 20 de abril del 2019

<<http://bit.ly/R5VFLD>>

S&P Capital IQ, Bloomberg and the Fed companies

2019 Betas by sector

Consulta: 09 de junio del 2019

<<http://bit.ly/1oqzMGi>>



## ANEXOS

- **Anexos en Excel:**

<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1a9peyAVszl2ZLioQdjVwf74nUV-4KCKE>

**Anexo 1:** Medio de transporte utilizados en la empresa.



**Anexo 2:** Problemas dentro de las áreas de la empresa



Poca iluminación en el área de acabado



Proceso de pigmentado



Carteles de señalización en la empresa



Inadecuada ubicación de las herramientas



Desorden en el área de trabajo

### Anexo 3: Ventas mensuales por líneas de producto

Líneas de Producción	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	
Línea Industrial																									
Bidón 1 galón	998	900	1,020	780	960	1,200	960	1,080	1,020	1,320	840	1,020	960	900	1,080	1,020	1,080	960	1,020	1,080	1,080	998	900	1,320	
Bidón 2 galones	2,560	2,280	2,280	2,100	2,580	2,400	2,280	2,520	2,280	1,980	2,400	2,580	2,280	2,280	2,520	2,280	1,980	2,400	2,280	1,980	2,280	2,100	2,400	2,560	
Bidón 3 galones	4,778	4,656	4,512	4,704	4,656	4,704	4,656	4,800	4,512	4,080	4,656	4,800	4,656	4,656	4,800	4,778	4,080	4,656	4,800	4,704	4,778	4,778	4,512	4,656	
Bidón de mango delgado 5 galones	11,689	11,160	11,350	11,190	11,160	10,500	11,160	11,010	11,160	11,100	11,190	11,700	11,160	11,160	11,700	11,689	11,100	11,190	11,160	10,500	11,160	11,689	11,689	11,700	
Bidón de mango grueso 5 galones	2,890	2,580	2,610	2,400	2,580	2,580	2,550	2,580	2,580	2,070	2,580	2,880	2,580	2,070	2,580	2,890	2,070	2,580	2,070	2,890	2,550	2,070	2,880	2,890	
Bidón de 6 galones	300	240	240	300	240	300	210	270	240	210	300	300	240	210	240	300	210	300	270	240	210	210	300	300	
Bidón de 10 galones	256	252	264	240	300	216	192	240	252	204	288	252	300	204	252	252	204	252	204	240	216	256	252	288	
Línea Hogar																									
Jarra Florentina	420	300	360	360	300	420	480	300	360	360	360	480	420	420	420	420	360	480	480	420	420	420	420	420	
Dama Juana 1 litro	432	480	384	432	384	432	480	480	384	432	432	432	432	432	432	432	432	432	480	432	432	432	432	432	
Dama Juana 2 litros	180	180	240	120	180	240	240	180	240	120	300	240	180	180	180	180	300	240	240	180	180	180	180	180	
Lavatorio de Colores	1,200	1,500	1,200	1,100	1,560	1,100	1,560	1,200	1,000	1,300	1,212	1,560	1,200	1,200	1,200	1,200	1,100	1,560	1,740	1,200	1,400	1,500	1,500	1,500	
Tazón Frutero	100	300	200	100	300	300	500	300	200	100	200	200	100	100	100	100	200	500	500	100	100	100	100	100	
Línea Comercial																									
Calabaza	0	0	0	0	0	0	0	0	2,500	3,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,000	3,200	0	0
Alcancías	300	300	200	300	300	300	400	300	200	300	300	400	300	300	300	300	300	400	400	400	300	300	300	300	300
Juguete Pirámide de Colores	1,000	1,200	1,344	1,992	1,440	2,000	2,112	1,200	1,344	1,992	1,992	2,112	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	2,112	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	

Meses / Líneas de producción	Línea Industrial	Línea Hogar	Línea Comercial
Enero 2016	23,471	2,332	1,300
Febrero 2016	22,068	2,760	1,500
Marzo 2016	22,476	2,384	1,544
Abril 2016	21,714	2,112	2,292
Mayo 2016	22,476	2,724	1,740
Junio 2016	21,900	2,492	2,300
Julio 2016	22,008	3,260	2,512
Agosto 2016	22,500	2,460	1,500
Setiembre 2016	22,044	2,184	4,044
Octubre 2016	20,964	2,312	5,492
Noviembre 2016	22,254	2,504	2,292
Diciembre 2016	23,532	2,912	2,512
Enero 2017	22,176	2,332	2,292
Febrero 2017	21,480	2,332	2,292
Marzo 2017	23,172	2,332	2,292
Abril 2017	23,209	2,232	2,292
Mayo 2017	20,724	2,852	2,292
Junio 2017	21,900	3,440	2,512
Julio 2017	21,804	2,900	2,512
Agosto 2017	21,634	2,532	2,292
Setiembre 2017	22,274	2,632	5,292
Octubre 2017	22,101	2,632	5,492
Noviembre 2017	22,933	2,632	2,292
Diciembre 2017	23,714	2,632	2,292



### Anexo 5: Defectos de productos finales

Línea de Producción	Defectos	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
Línea Industrial	Problemas con el montaje eléctrico	3	0	1	2	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1
	Problemas de distribución del calor	2	1	2	1	1	2	2	3	4	1	1	2	1	2	2	3	1	2	3	1	4	2	1	3
	Mala Distribución del puesto de trabajo	5	3	4	5	8	4	4	1	6	5	4	4	5	3	4	3	8	4	5	6	2	1	7	4
	Problemas de ventilación	4	2	1	2	4	7	3	5	4	4	2	3	3	3	4	4	4	2	3	4	3	4	4	5
	Problemas de iluminación	7	4	5	2	3	6	3	3	3	4	7	3	3	3	2	6	3	2	1	1	3	4	7	5
	Bordes Punzantes	2	1	1	2	2	1	5	4	2	4	1	1	3	1	5	1	4	2	3	4	4	2	2	2
	Mala distribución de las herramientas	5	3	3	5	1	3	3	2	4	2	6	2	2	2	1	6	3	2	4	3	2	3	4	3
	Insuficiente cantidad de tapas	3	3	2	1	4	2	3	2	2	1	2	3	1	1	3	2	2	1	3	3	1	1	3	2
	Mala inspección de NIP	4	5	3	5	2	3	1	6	2	1	6	5	1	0	4	1	2	1	4	0	1	1	4	1
	Problemas con el pigmentado del material	2	3	2	3	3	2	4	1	2	1	2	1	1	2	2	2	3	1	3	5	2	5	3	2
Línea Hogar	Mala Distribución del puesto de trabajo	4	2	3	4	7	3	3	1	5	4	3	3	2	3	2	7	3	4	5	1	1	6	2	
	Problemas de ventilación	4	2	1	2	4	7	3	5	4	4	2	3	3	4	4	4	2	3	4	3	4	4	5	
	Problemas de iluminación	7	4	5	2	3	6	3	3	3	4	7	3	3	3	2	6	3	2	1	1	3	4	7	
	Mala acabado	2	3	2	2	1	1	0	4	3	2	2	1	1	5	2	4	3	2	1	1	3	3	5	
	Problemas con el montaje eléctrico	4	2	1	0	1	3	2	1	0	0	2	2	3	1	0	1	1	2	0	0	0	1	2	
	Problemas de distribución del calor	3	1	2	1	3	2	2	3	0	3	1	1	2	1	2	2	4	1	2	4	1	0	2	
	Piezas deformes	5	3	3	5	5	6	4	5	1	5	5	5	5	4	5	3	3	3	4	6	5	5	4	
	Problemas de ventilación	3	2	1	2	4	5	3	3	4	4	2	3	3	3	2	2	2	2	3	4	3	2	5	
	Problemas de iluminación	6	5	4	3	2	5	3	3	3	4	2	3	3	3	2	5	3	2	1	1	3	4	5	
	Línea Comercial	Mala acabado	1	2	1	2	2	0	4	4	2	1	4	2	1	4	2	4	3	2	2	2	3	4	5
Piezas deformes		4	5	5	5	5	2	4	8	1	5	2	5	4	5	4	5	3	3	4	4	5	5	4	
Problemas con el pigmentado del material		2	2	3	3	3	4	2	1	2	4	1	3	2	3	2	3	2	3	5	2	4	3	2	

## Anexo 6: Detalle de accidentes e incidentes de trabajo 2016 y 2017

Año 2016: Detalle de accidentes e incidentes de trabajo				
Meses / Líneas de producción	Línea Industrial	Línea Hogar	Línea Comercial	Total
ene-16	3	2	1	6
feb-16	2	2	1	5
mar-16	3	0	0	3
abr-16	2	2	1	5
may-16	2	3	0	5
jun-16	2	2	1	5
jul-16	5	1	2	8
ago-16	2	1	1	4
sep-16	5	2	1	8
oct-16	3	1	3	7
nov-16	1	1	0	2
dic-16	4	2	2	8
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>66</b>

Año 2017: Detalle de accidentes e incidentes de trabajo				
Meses / Líneas de producción	Línea Industrial	Línea Hogar	Línea Comercial	Total
ene-17	5	0	2	7
feb-17	3	1	1	5
mar-17	1	3	1	5
abr-17	3	1	0	4
may-17	4	1	3	8
jun-17	3	3	1	7
jul-17	6	3	1	10
ago-17	3	1	0	4
sep-17	4	3	2	9
oct-17	2	2	1	5
nov-17	3	1	1	5
dic-17	6	3	2	11
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>80</b>

## Anexo 7: Defectos de paradas de máquinas

Líneas de producción	Causas de paradas de máquina	Número de paradas de máquina	
		2016	2017
Línea Industrial	Incidentes o accidentes de operarios	62	65
	Falta de materia prima	25	24
	Falta de mantenimiento de la máquina	12	12
	No se encuentran herramientas fácilmente	35	40
Línea Hogar	Incidentes o accidentes de operarios	55	40
	Falta de materia prima	15	18
	Falta de mantenimiento de la máquina	12	12
	No se encuentran herramientas fácilmente	32	28
Línea Comercial	Incidentes o accidentes de operarios	44	38
	Falta de materia prima	12	12
	Falta de mantenimiento de la máquina	12	12
	No se encuentran herramientas fácilmente	33	37

### Anexo 8: Utilidades perdidas de productos finales

Líneas de producción	Producción	Demanda	Pérdida de venta	Utilidad Unitaria Promedio	Utilidad perdida	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
<b>Línea Industrial</b>							
Bidón 1 galón	24,496	40,200	15,704	S/. 3	S/. 28,267	2.43%	2.43%
Bidón 2 galones	55,580	88,000	32,420	S/. 5	S/. 97,260	8.36%	10.79%
Bidón 3 galones	111,368	162,100	50,732	S/. 8	S/. 243,514	20.93%	31.72%
Bidón de mango delgado 5 galones	270,466	308,300	37,834	S/. 12	S/. 272,405	23.41%	55.13%
Bidón de mango grueso 5 galones	61,000	95,600	34,600	S/. 15	S/. 311,400	26.77%	81.90%
Bidón de 6 galones	6,180	11,150	4,970	S/. 15	S/. 44,730	3.84%	85.74%
Bidón de 10 galones	5,876	11,150	5,274	S/. 25	S/. 79,110	6.80%	92.54%
<b>Línea Hogar</b>							
Jarra Florentina	9,600	10,600	1,000	S/. 2	S/. 1,200	0.10%	92.65%
Damajuana 1 litro	10,464	10,950	486	S/. 4	S/. 1,021	0.09%	92.74%
Damajuana 2 litros	4,860	5,650	790	S/. 6	S/. 2,844	0.24%	92.98%
Lavatorio de Colores	32,092	42,204	10,112	S/. 10	S/. 60,672	5.21%	98.19%
Tazón Frutero	4,900	6,000	1,100	S/. 2	S/. 1,320	0.11%	98.31%
<b>Línea Comercial</b>							
Calabaza	11,900	12,730	830	S/. 8	S/. 3,984	0.34%	98.65%
Alcandías	7,400	8,950	1,550	S/. 5	S/. 4,650	0.40%	99.05%
Juguete Pirámide de Colores	43,872	45,100	1,228	S/. 15	S/. 11,052	0.95%	100%

Líneas de producción	Producción	Demanda	Pérdida de venta	Utilidad Unitaria Promedio	Utilidad perdida	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
Línea Industrial	534,966	716,500	181,534	S/. 11	S/. 1,076,686	92.54%	92.54%
Línea Hogar	61,916	75,404	13,488	S/. 7	S/. 67,057	5.76%	98.31%
Línea Comercial	63,172	66,780	3,608	S/. 13	S/. 19,686	1.69%	100%



## Anexo 9: Datos para el cálculo de la productividad

<i>Mano de Obra directa e indirecta</i>					
Área de Trabajadores	Mano de Obra	Cantidad	Pago Mensual Por Trabajador (Soles)	Total Mensual	Total Anual
Operarios	MOD	10	S/. 1,100	S/. 11,000	S/. 132,000
Auxiliar de Producción	MOD	1	S/. 1,600	S/. 1,600	S/. 19,200
Ingeniero de Producción	MOD	1	S/. 2,500	S/. 2,500	S/. 30,000
Supervisor de Mantenimiento	MOD	1	S/. 1,800	S/. 1,800	S/. 21,600
Auxiliar de Control de Calidad	MOD	1	S/. 1,600	S/. 1,600	S/. 19,200
Auxiliar de Ventas	MOI	1	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 15,000
Contador	MOI	1	S/. 1,600	S/. 1,600	S/. 19,200
Auxiliar Contable	MOI	1	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 15,000
Auxiliar de Almacén	MOI	1	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 15,000
Auxiliar de Compras	MOI	1	S/. 1,250	S/. 1,250	S/. 15,000
Conductor	MOI	1	S/. 1,200	S/. 1,200	S/. 14,400
<b>Total</b>		<b>20</b>	<b>S/. 16,400</b>	<b>S/. 26,300</b>	<b>S/. 315,600</b>

<i>Detalle de la depreciación de los equipos, muebles y enceres</i>					
	Cantidad	Precio Unitario (soles)	Vida Útil (Años)	Depreciación (Soles)	Depreciación Total
<b>Equipos</b>					
Computadora	4	S/. 1,300	5	S/. 260	S/. 1,040
Impresoras	1	S/. 350	5	S/. 70	S/. 70
<b>Muebles y Enceres</b>					
Escritorio	4	S/. 220	5	S/. 44	S/. 176
Sillas	4	S/. 60	5	S/. 12	S/. 48
Estantes	2	S/. 600	5	S/. 120	S/. 240
				<b>Total Anual</b>	<b>S/. 1,574</b>

### *Detalle de los precios de los insumos utilizados en el año 2017.*

Insumo	Precio	Lote
Polietileno alta densidad	15	Kilo
Polietileno recuperado	10	Kilo
Pigmentos	82.5	kilo

Mes	Cantidad Polietileno Alta densidad	Cantidad Polietileno Baja densidad	Cantidad de Pigmentos	Total
Enero	11,589	6,240	1,783	S/. 380,816
Febrero	11,124	5,990	1,711	S/. 367,953
Marzo	11,999	6,461	1,846	S/. 396,888
Abril	12,135	6,534	1,867	S/. 401,398
Mayo	10,786	5,808	1,659	S/. 356,782
Junio	11,625	6,260	1,789	S/. 384,530
Julio	11,251	6,058	1,731	S/. 372,159
Agosto	11,252	6,059	1,731	S/. 372,195
Septiembre	11,508	6,197	1,770	S/. 380,642
Octubre	11,524	6,205	1,773	S/. 381,171
Noviembre	12,033	6,479	1,851	S/. 397,999
Diciembre	12,268	6,606	1,887	S/. 405,800
			<b>Total</b>	<b>S/. 4,598,332</b>

**Gastos de la empresa**

Otros gastos y de la empresa en el año 2017

Mes	Luz	Agua	Teléfono e Internet	Combustible	Mantenimiento
Enero	S/. 389.48	S/. 1,630.20	S/. 89.90	S/. 451.56	S/. 550.00
Febrero	S/. 402.67	S/. 1,744.20	S/. 89.90	S/. 358.13	S/. 550.00
Marzo	S/. 414.97	S/. 1,692.00	S/. 89.90	S/. 393.99	S/. 550.00
Abril	S/. 380.63	S/. 1,598.40	S/. 89.90	S/. 436.43	S/. 550.00
Mayo	S/. 339.11	S/. 1,420.80	S/. 89.90	S/. 367.01	S/. 550.00
Junio	S/. 313.54	S/. 1,200.60	S/. 89.90	S/. 324.24	S/. 550.00
Julio	S/. 293.56	S/. 1,029.00	S/. 89.90	S/. 290.85	S/. 550.00
Agosto	S/. 309.50	S/. 1,190.40	S/. 89.90	S/. 317.50	S/. 550.00
Septiembre	S/. 333.80	S/. 1,375.80	S/. 89.90	S/. 473.27	S/. 550.00
Octubre	S/. 355.25	S/. 1,608.00	S/. 89.90	S/. 493.83	S/. 550.00
Noviembre	S/. 368.92	S/. 1,738.20	S/. 89.90	S/. 416.85	S/. 550.00
Diciembre	S/. 396.27	S/. 1,793.40	S/. 89.90	S/. 462.58	S/. 550.00
<b>Total</b>	<b>S/. 4,297.70</b>	<b>S/. 18,021.00</b>	<b>S/. 1,078.80</b>	<b>S/. 4,786.24</b>	<b>S/. 6,600.00</b>

**Maquinaria**

NOMBRE DEL EQUIPO	Cantidad	COSTO DE MAQUINARIA			DEPRECIACIÓN - LINEA RECTA	
		S/.	IGV S/.	TOTAL - S/.	Tiempo de vida (años)	Depreciación - S/ Año -2017
Máquina inyectora de plástico de modelo ETC V218 H	1	S/. 17,000.00	S/. 3,060.00	S/. 20,060.00	10	S/. 2,006.00
Sopladora de Plásticos	6	S/. 19,380.00	S/. 3,488.40	S/. 137,210.40	10	S/. 13,721.04
Molinero	2	S/. 5,832.00	S/. 1,049.76	S/. 13,763.52	10	S/. 1,376.35
Secadora	1	S/. 2,487.00	S/. 447.66	S/. 2,934.66	10	S/. 293.47
		S/. 44,699.00	S/. 8,045.82	S/. 173,968.58	S/. 40.00	S/. 17,396.86

Unidad	Costo Mensual	Costo Anual
Camioneta	S/. 700.00	S/. 8,400.00

### Anexo 10: Pedidos retrasados durante el 2017

Mes	Cantidad requerida	Tiempo promedio de entrega pactado (días)	Tiempo promedio de entrega real (días)	Cantidad producida a tiempo	Cantidad retrasada	Porcentaje retrasado
ene-17	29,000	9	14	22,176	6,824	23.53%
feb-17	29,200	9	15	21,480	7,720	26.44%
mar-17	29,400	9	13	23,172	6,228	21.18%
abr-17	28,800	8	15	23,209	5,591	19.41%
may-17	27,800	7	13	23,172	4,628	16.65%
jun-17	29,800	10	17	22,338	7,462	25.04%
jul-17	31,500	11	17	22,338	9,162	29.09%
ago-17	29,100	8	17	21,634	7,466	25.66%
oct-17	28,800	8	18	22,101	6,699	23.26%
sep-17	28,850	8	13	22,274	6,576	22.79%
nov-17	30,000	11	14	22,933	7,067	23.56%
dic-17	29,500	10	17	23,714	5,786	19.61%
Total					81,209	S/345,444.00

### Anexo 11: Criterios de valorización de la matriz IPER

PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL(LOS) INCIDENTE(S) ASOCIADO(S)		
Clasificación	Probabilidad de ocurrencia	Puntaje
BAJA	El incidente potencial se ha presentado una vez o nunca en el área, en el período de un año.	3
MEDIA	El incidente potencial se ha presentado 2 a 11 veces en el área, en el período de un año.	5
ALTA	El incidente potencial se ha presentado 12 o más veces en el área, en el período de un año.	9

SEVERIDAD		
Clasificación	Severidad o Gravedad	Puntaje
LIGERAMENTE DAÑINO	Primeros Auxilios Menores, Rasguños, Contusiones, Polvo en los Ojos, Erosiones Leves.	4
DAÑINO	Lesiones que requieren tratamiento medico, esguinces, torceduras, quemaduras, Fracturas, Dislocación, Laceración que requiere suturas, erosiones profundas.	6
EXTREMADAMENTE DAÑINO	Fatalidad – Para / Cuadriplejia – Ceguera. Incapacidad permanente, amputación, mutilación,	8

Evaluación y Clasificación del Riesgo			
Severidad → Probabilidad ↓	LIGERAMENTE DAÑINO (4)	DAÑINO (6)	EXTREMADAMEN TE DAÑINO (8)
<b>BAJA (3)</b>	12 a 20 Riesgo Bajo	12 a 20 Riesgo Bajo	24 a 36 Riesgo Moderado
<b>MEDIA (5)</b>	12 a 20 Riesgo Bajo	24 a 36 Riesgo Moderado	40 a 54 Riesgo Importante
<b>ALTA (9)</b>	24 a 36 Riesgo Moderado	40 a 54 Riesgo Importante	60 a 72 Riesgo Crítico

**Anexo 12:** Clasificación de los elementos encontrados en todas las áreas de trabajo

- Área: Almacén de materia prima

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Pedazos pequeños de rafia	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Tapas	Objetos de más	Transferir	Naranja
Cables eléctricos rotos	Objetos obsoletos	Descartar	Rojo
Sacos de polietileno de alta densidad	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Saco de pigmentos	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Saco de polietileno recuperado	Objetos necesarios	Organizarlos	Amarillo
Máster	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Contenedor de agua vacía	Objetos de más	Vender	Rojo
Baldes de plástico	Objetos de más	Transferir	Naranja
Bidones terminados	Objetos de más	Transferir	Naranja
Exintor vacío	Objetos obsoletos	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Rebaba	Objetos de más	Transferir	Naranja
Estantería	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Vasos plásticos dañados	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Trapos sucios	Objetos de más	Descartar	Rojo
Guantes	Objetos de más	Transferir	Naranja

- Área: Almacén de productos terminados

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Bidones terminados	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Escoba	Objetos dañados	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Recojedor	Objetos dañados	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Rebabas	Objetos de más	Transferir	Naranja
Pedazos de rafia	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Tapas dañadas	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Estante	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Trapo sucio	Objeto de más	Separarlos	Rojo
Ventilador malogrado	Objeto de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Cables eléctricos rotos	Objetos obsoletos	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Silla	Objetos de más	Transferir	Naranja
Guantes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Suciedad	Objetos de más	Descartar	Rojo
Lentes de seguridad roto	Objetos de más	Descartar	Rojo
Carretilla de mano	Objetos necesarios	Organizarlos	Amarillo
Extintor de seguridad	Objetos necesarios	Organizarlos	Amarillo

- Área: Molineros

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Molinos	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Plástico para reciclar	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Suciedad	Objetos de más	Descartarlos	Rojo
Herramienta de medición	Objetos de más	Transferir	Verde
Pigmento en el suelo	Objetos de más	Descartarlos	Rojo
Alicate	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Guantes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Recojedor	Objetos de más	Transferir	Naranja
Foco	Objetos de más	Transferir	Naranja
Cajas pequeñas de cartón	Objetos de más	Vender	Rojo
Waype usado	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo

- Área: Secado

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Secadora industrial	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Guantes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Waype usado	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Caja de tizas	Objetos de más	Transferir	Naranja
Pernos	Objetos de más	Transferir	Naranja
Uniforme doblado	Objetos de más	Transferir	Naranja
Suciedad	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Cajas vacías	Objetos de más	Vender	Rojo
Mandil	Objetos de más	Transferir	Naranja
Llaves y desarmadores	Objetos necesarios	Organizarlos	Amarillo
Cuaderno	Objetos de más	Transferir	Naranja

- Área: Pigmentación

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Latas de pintura	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Guantes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Mascarilla	Objetos de más	Transferir	Naranja
Suciedad	Objetos de más	Descartar	Rojo
Tizas	Objetos de más	Transferir	Naranja
Tacho roto	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Baldes para mezclar pintura	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Lentes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Papel periódico desgastado	Objetos de más	Descartar	Rojo
Sacos de polietileno	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Resto de plástico roto	Objetos de más	Descartar	Rojo
Vestimenta de trabajo sucia y rasgada	Objetos de más	Descartar	Rojo
Botella de vidrio vacía	Objetos de más	Descartar	Rojo

- Área: Inyectado

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Máquina inyectora de plástico de model	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Vasos plásticos	Objetos de más	Transferir	Rojo
Polietileno	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Mesa de trabajo	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Ventilador	Objetos dañados	Repararlos/Organizarlos	Amarillo
Guante dañado	Objetos de más	Descartar	Rojo
Lentes de seguridad	Objetos de más	Transferir	Naranja
Cajas vacías	Objetos de más	Vender	Rojo

- Área: Embalaje

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Rafia	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Bidones	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Plástico para envolver	Objetos necesarios	Organizarlos	Amarillo
Tapas en el suelo	Objetos de más	Transferir	Naranja
Carrito transportador	Objetos dañados	Repararlos/Organizarlos	Amarillo
Tizas	Objetos necesarios	Organizarlos	Amarillo
Escoba	Objetos de más	Transferir	Naranja
Recogedor	Objetos de más	Transferir	Naranja
Mascarilla	Objetos de más	Transferir	Naranja
Lentes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Guantes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Desperdicios plásticos	Objetos de más	Descartar	Rojo
Tijera industrial	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Focos	Objetos de más	Transferir	Naranja
Cuchilla	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Lata de pinturas	Objetos de más	Transferir	Naranja

- Área: Sopladoras

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Sopladoras industriales	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Cajas vacías	Objetos de más	Vender	Rojo
Mesa de trabajo	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Bolsas de polietileno	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Baldes de plástico	Objetos de más	Transferir	Naranja
Papel periódico usado	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Rebaba en el suelo	Objetos de más	Transferir	Naranja
Suciedad	Objetos de más	Descartar	Rojo
Bidones amontonados	Objetos de más	Transferir	Naranja
Bidones dañados	Objetos de más	Separarlos/Descartarlos	Rojo
Ventilador	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Cuaderno de registro	Objetos de más	Transferir	Naranja
Mascarilla	Objetos de más	Transferir	Naranja

- Área: Acabado

Elementos encontrados	Clasificación de objetos	Necesidad	Color de etiqueta
Cuchillas	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Residuos de rebaba	Objetos de más	Transferir	Naranja
Guantes	Objetos de más	Transferir	Naranja
Recogedor	Objetos de más	Transferir	Naranja
Botellas de agua	Objetos de más	Vender	Rojo
Cintas	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Herramienta de medición	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Tijera	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Lentes de seguridad	Objetos de más	Transferir	Naranja
Martillo	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Tacho	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Mascarilla	Objetos de más	Transferir	Naranja
Carrito transportador	Objetos necesarios	Organizarlos	Verde
Resto de suciedad	Objetos de más	Descartar	Rojo

### Anexo 13: Plan de limpieza, ajuste, inspección y lubricación

- Para la máquina de inyección

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia					Responsable	Tiempo (min)	Tarea de mantenimiento	Herramienta/sentido	Estándar
	D	S	M	T	L					
Limpieza general de la máquina	X					Operario	15	Limpieza	Trapo industrial/Wayp e	Libre de residuos y polvo
Limpieza del aceite del compresor de inyectora	X					Operario	15	Limpieza/Lubricación	Lubricante	Libre de residuo y polvo/Nivel óptimoo
Revisión de tolva	X					Operario	10	Ajuste/Limpieza	Visual/Manual	Libre de residuos
Verificación de prensas	X					Operario	10	Inspección	Visual/Manual	Libre de residuos
Ajuste de temperatura de		X				Operario	12	Ajuste/Inspección	Visual	Nivel óptimo
Revisión de alineamiento de máquina				X		Operario	30	Ajuste/Inspección	Visual	Nivel óptimo

- Para la máquina sopladora

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia					Responsable	Tiempo (min)	Tarea de mantenimiento	Herramienta/sentido	Estándar
	D	S	M	T	L					
Limpieza general de la máquina	X					Operario	15	Limpieza	Trapo industrial/Wayp	Libre de residuos y polvo
Revisión de presión y ajuste de agujas	X					Operario	6	Ajuste/Inspección	Llaves/Desarmador/Manual	Ajuste ótimo
Revisión de prensas	X					Operario	10	Inspección	Visual/Manual	Libre de residuos
Ajuste de temperatura de		X				Operario	12	Ajuste/Inspección	Visual	Nivel óptimo
Ajute y lubricación de manecillas de máquina			X			Operario	10	Ajuste/Lubricación	Lubricante/Llaves/Desarmador	Tornillos ajustados, ajuste adecuado

### Anexo 14: Demanda Anual por tipo de producto: Periodo 2013 - 2017

Año	Bidón 1 galón	Bidón 2 galones	Bidón 3 galones	Bidón de mango delgado 5 galones	Bidón de mango grueso 5 galones	Bidón de 6 galones	Bidón de 10 galones
2013	18,850	46,200	78,950	149,460	47,620	5,150	4,660
2014	19,450	43,200	80,650	151,000	47,690	5,270	5,300
2015	20,300	44,500	81,820	152,430	48,760	5,400	5,450
2016	20,600	50,000	82,000	151,300	49,800	5,500	5,550
2017	19,600	38,000	80,100	157,000	45,800	5,650	5,600



## Anexo 15: Método de Regresión Lineal

- Bidón 1 galón

n	Año	Bidón 1 galón	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)
1	2013	18,850	19,230	-380	144,400	380	2.02%
2	2014	19,450	19,495	-45	2,025	45	0.23%
3	2015	20,300	19,760	540	291,600	540	2.66%
4	2016	20,600	20,025	575	330,625	575	2.79%
5	2017	19,600	20,290	-690	476,100	690	3.52%
$\Sigma$				0	1,244,750	2,230	11%

n	5	CFE=	0
b=	265	$\bar{E}$ =	0
a=	18965	MSE =	248950
Y=	965 + 265 x X	Desv estándar =	10423.23597
r	1	MAD =	446
r <sup>2</sup>	0	MAPE=	2%
		Señal de Rastreo:	0



- Bidón 2 galones

n	Año	Bidón 2 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	46,200	46,300	-100	10,000	100	0.22%	
2	2014	43,200	45,340	-2,140	4,579,600	2,140	4.95%	
3	2015	44,500	44,380	120	14,400	120	0.27%	
4	2016	50,000	43,420	6,580	43,296,400	6,580	13.16%	
5	2017	38,000	42,460	-4,460	19,891,600	4,460	11.74%	
				Σ	0	67,792,000	13,400	30%

n	5	CFE=	0
b=	-960	Ē =	0
a=	47260	MSE =	13558400
Y=	60 + -960 x X	Desv estándar =	23570.94099
r	0	MAD =	2680
r <sup>2</sup>	0	MAPE=	6%
		Señal de Rastreo:	0

- Bidón 3 galones

n	Año	Bidón 3 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	78,950	79,974	-1,024	1,048,576	1,024	1.30%	
2	2014	80,650	80,339	311	96,721	311	0.39%	
3	2015	81,820	80,704	1,116	1,245,456	1,116	1.36%	
4	2016	82,000	81,069	931	866,761	931	1.14%	
5	2017	80,100	81,434	-1,334	1,779,556	1,334	1.67%	
				Σ	0	5,037,070	4,716	6%

n	5	CFE=	0
b=	365	Ē =	0
a=	79609	MSE =	1007414
Y=	609 + 365 x X	Desv estándar =	42541.48019
r	0	MAD =	943.2
r <sup>2</sup>	0	MAPE=	1%
		Señal de Rastreo:	0

- Bidón de mango delgado 5 galones

n	Año	Bidón de mango delgado 5 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)
1	2013	149,460	149,162	298	88,804	298	0.20%
2	2014	151,000	150,700	300	90,000	300	0.20%
3	2015	152,430	152,238	192	36,864	192	0.13%
4	2016	151,300	153,776	-2,476	6,130,576	2,476	1.64%
5	2017	157,000	155,314	1,686	2,842,596	1,686	1.07%
			Σ	0	9,188,840	4,952	3%

n	5	CFE=	0
b=	1538	Ē =	0
a=	147624	MSE =	1837768
Y=	24 + 1538 x X	Desv estándar =	80257.62778
r	1	MAD =	990.4
r <sup>2</sup>	1	MAPE=	1%
		Señal de Rastreo:	0

- Bidón de mango grueso 5 galones

n	Año	Bidón de mango grueso 5 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)
1	2013	47,620	48,240	-620	384,400	620	1.30%
2	2014	47,690	48,087	-397	157,609	397	0.83%
3	2015	48,760	47,934	826	682,276	826	1.69%
4	2016	49,800	47,781	2,019	4,076,361	2,019	4.05%
5	2017	45,800	47,628	-1,828	3,341,584	1,828	3.99%
			Σ	0	8,642,230	5,690	12%

n	5	CFE=	0
b=	-153	Ē =	0
a=	48393	MSE =	1728446
Y=	93 + -153 x X	Desv estándar =	25281.36827
r	0	MAD =	1138
r <sup>2</sup>	0	MAPE=	2%
		Señal de Rastreo:	0

- Bidón de 6 galones

n	Año	Bidón de 6 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	5,150	5,148	2	4	2	0.04%	
2	2014	5,270	5,271	-1	1	1	0.02%	
3	2015	5,400	5,394	6	36	6	0.11%	
4	2016	5,500	5,517	-17	289	17	0.31%	
5	2017	5,650	5,640	10	100	10	0.18%	
				Σ	0	430	36	1%

n	5	CFE=	0
b=	123	Ē =	0
a=	5025	MSE =	86
Y=	025 + 123 x X	Desv estándar =	2844.27168
r	1	MAD =	7.2
r <sup>2</sup>	1	MAPE=	0%
		Señal de Rastreo:	0

- Bidón de 10 galones

n	Año	Bidón de 10 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	4,660	4,886	-226	51,076	226	4.85%	
2	2014	5,300	5,099	201	40,401	201	3.79%	
3	2015	5,450	5,312	138	19,044	138	2.53%	
4	2016	5,550	5,525	25	625	25	0.45%	
5	2017	5,600	5,738	-138	19,044	138	2.46%	
				Σ	0	130,190	728	14%

n	5	CFE=	0
b=	213	Ē =	0
a=	4673	MSE =	26038
Y=	673 + 213 x X	Desv estándar =	2809.657798
r	1	MAD =	145.6
r <sup>2</sup>	1	MAPE=	3%
		Señal de Rastreo:	0

## Anexo 16: Método Exponencial

- Bidón 1 galón

t	Año	Bidón 1 galón	$F(t) = \alpha * D_t - 1 + (1 - \alpha) * F_{t-1}$	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE $( Et  / (D_t)) * (100)$
1	2013	18,850	18,850	0	0	0	0.00%
2	2014	19,450	18,850	600	360,000	600	3.08%
3	2015	20,300	19,330	970	940,900	970	4.78%
4	2016	20,600	20,106	494	244,036	494	2.40%
5	2017	19,600	20,501	-901	812,161	901	4.60%
			$\Sigma$	1,163	2,357,097	2,965	15%

D(0)=	18,850	CFE=	1,163
F(0)=	18,850	$\bar{E}$ =	232.56
Alfa=	0.8	MSE =	471419.488
		Desv estándar =	10423.23597
		MAD =	593.04
		MAPE=	3%
		Señal de Rastreo:	1.960744638

- Bidón 2 galones

t	Año	Bidón 2 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE $( Et  / (D_t)) * (100)$
1	2013	46,200	46,200	0	0	0	0.00%
2	2014	43,200	46,200	-3,000	9,000,000	3,000	6.94%
3	2015	44,500	44,700	-200	40,000	200	0.45%
4	2016	50,000	44,600	5,400	29,160,000	5,400	10.80%
5	2017	38,000	47,300	-9,300	86,490,000	9,300	24.47%
			$\Sigma$	-7,100	124,690,000	17,900	43%

D(0)=	46,200	CFE=	-7,100
F(0)=	46,200	$\bar{E}$ =	-1420
Alfa=	0.5	MSE =	24938000
		Desv estándar =	23570.94099
		MAD =	3580
		MAPE=	9%
		Señal de Rastreo:	-1.983240223

- Bidón 3 galones

t	Año	Bidón 3 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	78,950	78,950	0	0	0	0.00%	
2	2014	80,650	78,950	1,700	2,890,000	1,700	2.11%	
3	2015	81,820	80,310	1,510	2,280,100	1,510	1.85%	
4	2016	82,000	81,518	482	232,324	482	0.59%	
5	2017	80,100	81,904	-1,804	3,252,973	1,804	2.25%	
				Σ	1,888	8,655,397	5,496	7%

D(0)=	78,950	CFE=	1,888
F(0)=	78,950	Ē =	377.68
Alfa=	0.8	MSE =	1731079.392
		Desv estándar =	42541.48019
		MAD =	1099.12
		MAPE=	1%
		Señal de Rastreo:	1.718101754

- Bidón de mango delgado 5 galones

t	Año	Bidón de mango delgado 5 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	149,460	149,460	0	0	0	0.00%	
2	2014	151,000	149,460	1,540	2,371,600	1,540	1.02%	
3	2015	152,430	150,692	1,738	3,020,644	1,738	1.14%	
4	2016	151,300	152,082	-782	612,150	782	0.52%	
5	2017	157,000	151,456	5,544	30,730,614	5,544	3.53%	
				Σ	8,039	36,735,008	9,604	6%

D(0)=	149,460	CFE=	8,039
F(0)=	149,460	Ē =	1607.824
Alfa=	0.8	MSE =	7347001.55
		Desv estándar =	80257.62778
		MAD =	1920.784
		MAPE=	1%
		Señal de Rastreo:	4.185332656

- Bidón de mango grueso 5 galones

t	Año	Bidón de mango grueso 5 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	47,620	47,620	0	0	0	0.00%	
2	2014	47,690	47,620	70	4,900	70	0.15%	
3	2015	48,760	47,676	1,084	1,175,056	1,084	2.22%	
4	2016	49,800	48,543	1,257	1,579,546	1,257	2.52%	
5	2017	45,800	49,549	-3,749	14,052,302	3,749	8.18%	
				Σ	-1,338	16,811,804	6,159	13%

D(0)=	47,620	CFE=	-1,338
F(0)=	47,620	Ē =	-267.568
Alfa=	0.8	MSE =	3362360.818
		Desv estándar =	25281.36827
		MAD =	1231.888
		MAPE=	3%
		Señal de Rastreo:	-1.086007819

- Bidón de 6 galones

t	Año	Bidón de 6 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error <sup>2</sup>	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	5,150	5,150	0	0	0	0.00%	
2	2014	5,270	5,150	120	14,400	120	2.28%	
3	2015	5,400	5,246	154	23,716	154	2.85%	
4	2016	5,500	5,369	131	17,109	131	2.38%	
5	2017	5,650	5,474	176	31,032	176	3.12%	
				Σ	581	86,257	581	11%

D(0)=	5,150	CFE=	581
F(0)=	5,150	Ē =	116.192
Alfa=	0.8	MSE =	17251.39712
		Desv estándar =	2844.27168
		MAD =	116.192
		MAPE=	2%
		Señal de Rastreo:	5

- Bidón de 10 galones

t	Año	Bidón de 10 galones	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	4,660	4,660	0	0	0	0.00%	
2	2014	5,300	4,660	640	409,600	640	12.08%	
3	2015	5,450	5,172	278	77,284	278	5.10%	
4	2016	5,550	5,394	156	24,211	156	2.80%	
5	2017	5,600	5,519	81	6,580	81	1.45%	
				Σ	1,155	517,676	1,155	21%

D(0)=	4,660	CFE=	1,155
F(0)=	4,660	Ē =	230.944
Alfa=	0.8	MSE =	103535.1629
		Desv estándar =	2809.657798
		MAD =	230.944
		MAPE=	4%
		Señal de Rastreo:	5

### Anexo 17: Método Exponencial con Tendencia

- Bidón 1 galón

t	Año	Bidón 1 galón	Promedio Suavizado At	Prom. Tendencia Tt	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto  Et	Error porcentual Absoluto: MAPE ( Et  / (Dt))(100)	
1	2013	18,850	18,850	100	18,850	0	0	0	0.00%	
2	2014	19,450	19,050	110	18,950	500	250,000	500	2.57%	
3	2015	20,300	19,388	133	19,160	1,140	1,299,600	1,140	5.62%	
4	2016	20,600	19,737	154	19,521	1,079	1,164,673	1,079	5.24%	
5	2017	19,600	19,833	149	19,891	-291	84,695	291	1.48%	
						Σ	2,428	2,798,968	3,010	15%

Alfa	0.2	CFE=	2,428
Beta	0.1	Ē =	485.6352
Ao	18750	MSE =	559793.522
To	100	Desv estándar =	10423.236
Do	18750	MAD =	602.0448
D1	18,850	MAPE=	3%
		Señal de Rastreo:	4.0332148



- Bidón 2 galones

t	Año	Bidón 2 galones	Promedio Suavizado At	Prom. Tendencia Tt	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto IEtI	Error porcentual Absoluto: MAPE (IEtI / (Dt))(100)
1	2013	46,200	41,680	3,013	40,550	5,650	31,922,500	5,650	12.23%
2	2014	43,200	44,394	2,983	44,693	-1,493	2,229,049	1,493	3.46%
3	2015	44,500	46,802	2,926	47,378	-2,878	8,280,236	2,878	6.47%
4	2016	50,000	49,782	2,931	49,728	272	74,190	272	0.54%
5	2017	38,000	49,771	2,637	52,713	-14,713	216,476,304	14,713	38.72%
					Σ	-13,161	258,982,280	25,006	61%

Alfa	0.2	CFE=	-13,161
Beta	0.1	Ē =	-2632.25899
Ao	37650	MSE =	51796456
To	2900	Desv estándar =	23570.941
Do	37650	MAD =	5001.21051
D1	46,200	MAPE=	12%
		Señal de Rastreo:	-2.63162187

- Bidón 3 galones

t	Año	Bidón 3 galones	Promedio Suavizado At	Prom. Tendencia Tt	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto IEtI	Error porcentual Absoluto: MAPE (IEtI / (Dt))(100)
1	2013	78,950	78,270	137	78,100	850	722,500	850	1.08%
2	2014	80,650	78,856	182	78,407	2,243	5,031,049	2,243	2.78%
3	2015	81,820	79,594	238	79,037	2,783	7,742,529	2,783	3.40%
4	2016	82,000	80,265	281	79,831	2,169	4,702,484	2,169	2.64%
5	2017	80,100	80,457	272	80,546	-446	198,973	446	0.56%
					Σ	7,598	18,397,535	8,490	10%

Alfa	0.2	CFE=	7,598
Beta	0.1	Ē =	1519.59939
Ao	77980	MSE =	3679507.07
To	120	Desv estándar =	42541.4802
Do	77980	MAD =	1698.02509
D1	78,950	MAPE=	2%
		Señal de Rastreo:	4.47460816

- Bidón de mango delgado 5 galones

t	Año	Bidón de mango delgado 5 galones	Promedio Suavizado At	Prom. Tendencia Tt	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto IEtI	Error porcentual Absoluto: MAPE (IEtI / (Dt))(100)
1	2013	149,460	150,452	1,675	150,700	-1,240	1,537,600	1,240	0.83%
2	2014	151,000	151,902	1,653	152,127	-1,127	1,270,580	1,127	0.75%
3	2015	152,430	153,330	1,630	153,554	-1,124	1,264,311	1,124	0.74%
4	2016	151,300	154,228	1,557	154,960	-3,660	13,393,408	3,660	2.42%
5	2017	157,000	156,028	1,581	155,785	1,215	1,476,871	1,215	0.77%
					Σ	-5,936	18,942,770	8,367	6%

Alfa	0.2	CFE=	-5,936
Beta	0.1	Ē =	-1187.21011
Ao	149000	MSE =	3788554.02
To	1700	Desv estándar =	80257.6278
Do	149000	MAD =	1673.31649
D1	0	MAPE=	1%
		Señal de Rastreo:	-3.54747628

- Bidón de mango grueso 5 galones

t	Año	Bidón de mango grueso 5 galones	Promedio Suavizado At	Prom. Tendencia Tt	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto IEtI	Error porcentual Absoluto: MAPE (IEtI / (Dt))(100)
1	2013	47,620	47,036	905	46,890	730	532,900	730	1.53%
2	2014	47,690	47,890	900	47,941	-251	62,800	251	0.53%
3	2015	48,760	48,784	899	48,790	-30	904	30	0.06%
4	2016	49,800	49,706	901	49,683	117	13,679	117	0.23%
5	2017	45,800	49,646	805	50,608	-4,808	23,114,543	4,808	10.50%
					Σ	-4,241	23,724,827	5,935	13%

Alfa	0.2	CFE=	- 4,241
Beta	0.1	Ē =	- 848
Ao	46000	MSE =	4,744,965
To	890	Desv estándar =	25,281
Do	46000	MAD =	1,187
D1	47,620	MAPE=	3%
		Señal de Rastreo:	- 3.57

- Bidón de 6 galones

t	Año	Bidón de 6 galones	Promedio Suavizado At	Prom. Tendencia Tt	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto IEtI	Error porcentual Absoluto: MAPE (IEtI / (Dt))(100)	
1	2013	5,150	5,110	101	5,100	50	2,500	50	0.97%	
2	2014	5,270	5,223	102	5,211	59	3,481	59	1.12%	
3	2015	5,400	5,340	104	5,325	75	5,628	75	1.39%	
4	2016	5,500	5,455	105	5,444	56	3,174	56	1.02%	
5	2017	5,650	5,578	107	5,560	90	8,147	90	1.60%	
						Σ	331	22,930	331	6%

Alfa	0.2	CFE=	331
Beta	0.1	Ē =	66
Ao	5000	MSE =	4,586
To	100	Desv estándar =	2,844
Do	5000	MAD =	66
D1	5,400	MAPE=	1%
		Señal de Rastreo:	5.00

- Bidón de 10 galones

t	Año	Bidón de 10 galones	Promedio Suavizado At	Prom. Tendencia Tt	F(t)	Error Et	Cuadrado del error Error^2	Error Absoluto IEtI	Error porcentual Absoluto: MAPE (IEtI / (Dt))(100)	
1	2013	4,660	4,692	199	4,700	-40	1,600	40	0.86%	
2	2014	5,300	4,973	207	4,891	409	167,117	409	7.71%	
3	2015	5,450	5,234	213	5,180	270	72,719	270	4.95%	
4	2016	5,550	5,468	215	5,447	103	10,601	103	1.86%	
5	2017	5,600	5,666	213	5,682	-82	6,799	82	1.47%	
						Σ	659	258,837	904	17%

Alfa	0.2	CFE=	659
Beta	0.1	Ē =	132
Ao	4500	MSE =	51,767
To	200	Desv estándar =	2,810
Do	4500	MAD =	181
D1	5,600	MAPE=	3%
		Señal de Rastreo:	3.65

## Anexo 18: Balance de la Línea Industrial

		Demanda anual	728,136													
		Total segundos anuales	8,294,400													
		N° Turnos/día	1													
		N° Hrs x Turno	8													
		N° día/semana	6													
		N° semanas al año	48													
N°	Elementos	Tiempo Estándar Final (s)	Cantidad	TE Línea (s)	Efic.	Utiliz.	TE línea' (s)	Fp1	Demanda	Producción por puesto ajustada	CAD requerid	N° puesto	N° Ajust	CAD Result	Carga de Trabajo (%)	
B I D Ó N	O11	Recapción de MP e Inspección	38.399	0.042	1.600	85%	90%	2.09142157	1.050	728,136	764,543	10.849	0.193	1	2.091	20%
	O1	Secado	39.330	0.042	1.639	85%	90%	2.14215686	1.050	728,136	764,543	10.849	0.197	1	2.142	20%
	O2	Pigmentado	19.481	0.042	0.812	85%	90%	1.06105664	1.050	728,136	764,543	10.849	0.098	1	1.061	10%
	O3	Fundición	50.545	1.000	50.545	85%	90%	66.0723856	1.050	728,136	764,543	10.849	6.090	7	9.439	89%
	O4	Prensado	27.370	1.000	27.370	85%	90%	35.7777778	1.050	728,136	764,543	10.849	3.298	4	8.944	84%
	O5	Acomodar moldes/aquias	6.539	1.000	6.539	85%	90%	8.54833333	1.050	728,136	764,543	10.849	0.788	1	8.548	80%
	O6	Corte	2.806	1.000	2.806	85%	90%	3.66797386	1.050	728,136	764,543	10.849	0.338	1	3.668	35%
	O7	Inyección de agua/aire	40.618	1.000	40.618	85%	90%	53.0954248	1.050	728,136	764,543	10.849	4.894	5	10.619	100%
	O8	Quitar Prensa e Inspección	4.054	1.000	4.054	85%	90%	5.29901961	1.050	728,136	764,543	10.849	0.488	1	5.299	50%
	O12	Corte e Inspección	5.923	1.000	5.923	85%	90%	7.74183007	1.050	728,136	764,543	10.849	0.714	1	7.742	73%
T A P A	O13	Recapción de MP e Inspección	35.535	0.042	1.481	85%	90%	1.93545752	1.050	728,136	764,543	10.849	0.178	1	1.935	18%
	O9	Secado	50.434	0.042	2.101	85%	90%	2.74697168	1.050	728,136	764,543	10.849	0.253	1	2.747	26%
	O10	Pigmentado	11.401	0.042	0.475	85%	90%	0.62097495	1.050	728,136	764,543	10.849	0.057	1	0.621	6%
	O11	Inyección	35.919	0.125	4.490	85%	90%	5.86913399	1.050	728,136	764,543	10.849	0.541	1	5.869	55%
	O14	Quitar Tapa	7.205	0.125	0.901	85%	90%	1.17724673	1.050	728,136	764,543	10.849	0.109	1	1.177	11%
B I D Ó N	O12	Ensamble	3.505	1.000	3.505	85%	90%	4.58120915	1.050	728,136	764,543	10.849	0.422	1	4.581	43%
	O13	Empaquetado	3.392	1.000	3.392	85%	90%	4.4335512	2.050	728,136	1,492,679	5.557	0.798	1	4.434	42%
	O14	Almacenamiento	0.841	1.000	0.841	85%	90%	1.09912854	3.050	728,136	2,220,815	3.735	0.294	1	1.099	10%
							<b>Total</b>	202.428374								

## Anexo 19: Diagrama multiproducto

### • Para el Bidón

N°	Elementos	Bidón 1 galón	Bidón 2 galones	Bidón 3 galones	Bidón de mango delgado 5 galones	Bidón de mango grueso 5 galones	Bidón de 6 galones	Bidón de 10 galones	Total traslados
O1	Recepción de MP e Inspección	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O1	Secado	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O2	Pigmentado	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O3	Fundición	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O4	Prensado	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O5	Acomodar moldes/agujas	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O6	Corte	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O7	Inyección de agua/aire	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O8	Quitar Prensa e Inspección	214	695	2,155	5,942	1,730	294	534	11,564
O12	Corte e Inspección	22,418	40,551	87,039	169,539	49,367	6,439	6,920	382,271
O12	Ensamble	21,350	38,620	82,894	161,466	47,016	6,132	6,590	364,068
O13	Empaquetado	356	644	1,727	5,382	1,567	204	549	10,429
O14	Almacenamiento	1,779	3,218	6,908	13,456	3,918	511	1,098	30,888
	Volúmen (kg)	5,338	17,379	53,881	148,549	43,255	7,358	13,345	289,104
	UC (kg) MP - Secado	25	25	25	25	25	25	25	175
	UC (kg) Secado-Pigmentado	22	22	22	22	22	22	22	154
	Volúmen (unidades)	21,350	38,620	82,894	161,466	47,016	6,132	6,590	364,068
	UC (unidades) Sopladora - Acabado	1	1	1	1	1	1	1	7
	UC (unidades) Acabado - Embalaje	60	60	48	30	30	30	12	270
	UC (unidades) Embalaje - PT	12	12	12	12	12	12	6	78

### • Para la Tapa

N°	Elementos	Tapa Bidón 1 galón	Tapa Bidón 2 galones	Tapa Bidón 3 galones	Tapa Bidón de mango delgado 5 galones	Tapa Bidón de mango grueso 5 galones	Tapa Bidón de 6 galones	Tapa Bidón de 10 galones	Total traslados
O13	Recepción de MP e Inspección	2	3	10	19	6	1	1	42
O9	Secado	2	3	10	19	6	1	1	42
O10	Pigmentado	15	27	87	170	49	9	9	366
O11	Inyección	15	27	87	170	49	9	9	366
O14	Quitar Tapa	15	27	87	170	49	9	9	366
O12	Ensamble	178	322	863	2,691	784	102	275	5,215
O13	Empaquetado	356	644	1,727	5,382	1,567	204	549	10,429
O14	Almacenamiento	1,779	3,218	6,908	13,456	3,918	511	1,098	30,888
	Volúmen (kg)	42.70	77.24	248.68	484.40	141.05	24.53	26.36	1,045
	UC (kg) MP - Secado	25	25	25	25	25	25	25	175
	UC (kg) Secado-Pigmentado	3	3	3	3	3	3	3	21
	Volúmen (unidades)	21,350	38,620	82,894	161,466	47,016	6,132	6,590	364,068
	UC (unidades) Inyección - Acabado	120	120	96	60	60	60	24	540
	UC (unidades) Acabado - Embalaje	60	60	48	30	30	30	12	270
	UC (unidades) Embalaje - PT	12	12	12	12	12	12	6	78

## Anexo 20: Gráfico de Trayectorias

		A	B	C	D	E	F	G	H
A	Almacén de la materia prima		11,606						
B	Área de secado			11,930					
C	Área de pigmentación				11,564				
D	Área de sopladores					387,486			
E	Área de acabado						366		
F	Área de inyectado							20,859	
G	Área de embalaje								61,776
H	Almacén de productos terminados								

## Anexo 21: Algoritmo de Francis

- Tabla de ratios de cercanía

	Relaciones											Resumen						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	A	E	I	O	U	X	RCT
Almacén de la materia prima	A	I	U	U	U	U	U	U	O	I	U	0	0	2	1	7	0	210
Área de secado	B	U	E	U	U	U	U	U	U	U	X	0	1	0	0	8	1	9,000
Área de pigmentación	C	I	E	O	U	U	O	U	U	U	U	0	1	1	2	6	0	1,120
Área de sopladores	D	U	U	O	A	U	U	U	U	U	U	1	0	0	1	8	0	10,010
Área de acabado	E	U	U	U	A	O	O	I	U	U	U	1	0	1	2	6	0	10,120
Área de molineros	F	U	U	U	U	O	O	U	U	U	U	0	0	0	2	8	0	20
Área de inyectado	G	U	U	O	U	O	U	U	U	U	U	0	0	0	2	8	0	20
Área de embalaje	H	U	U	U	U	I	U	U	E	U	U	0	1	1	0	8	0	1,100
Almacén de productos terminados	I	O	U	U	U	U	U	U	E	I	U	0	1	1	1	7	0	1,110
Patio de maniobras	J	I	U	U	U	U	U	U	I	U	U	0	0	2	0	8	0	200
Suministro de Energía	K	U	X	U	U	U	U	U	U	U	U	0	0	0	0	9	1	10,000

Orden	Área	Motivo
1	E	Mayor RCT
2	D	Relación "A" con E
3	H	Relación "I" con E
4	I	Relación "E" con H
5	J	Relación "I" con I
6	A	Relación "I" con J
7	B	Relación "I" con A
8	C	Relación "E" con B
9	G	Relación "O" con C
10	F	Relación "O" con E
11	X	Relación "X" con B

- Tabla de posición ponderados (VVP)

1: Colocando el área D

8	7	6
1	$E_a$	5
2	3	4

Posición	Valor ponderado
1,2,5,7	10000
2,4,6,8	5000

2: Colocando el área H

10	9	8	7
1	$D_u$	$E_i$	6
2	3	4	5

Posición	Valor ponderado
1,2,10	0
3,5,7,9	50
4,6,8	100

3: Colocando el área I

12	11	10	9
1	$D_u$	$E_u$	8
2	3	$H_e$	7
	4	5	6

Posición	Valor ponderado
1,2,9,10,11	0
3,5,7	1000
4,6,8	500

4: Colocando el área J

12	11	10	9
1	$D_u$	$E_u$	8
2	$I_i$	$H_u$	7
3	4	5	6

Posición	Valor ponderado
6,7,8,9,10,11,12	0
1,3,5	50
2,4	100

5: Colocando el área A

	12	11	10	9
14	13	$D_u$	$E_u$	8
1	$J_i$	$I_o$	$H_u$	7
2	3	4	5	6

Posición	Valor ponderado
6,7,8,9,10,11,12	0
5	5
2,14	50
4	60
1,	100
3,13	105

6: Colocando el área B

14	13	12	11	10
1	$A_i$	$D_u$	$E_u$	9
2	$J_u$	$I_u$	$H_u$	8
3	4	5	6	7

Posición	Valor ponderado
3,4,5,6,7,8,9,10,11	0
2,12,14	50
1,13	100

15	14	13		
16	B <sub>e</sub>	12	11	10
1	A <sub>u</sub>	D <sub>o</sub>	E <sub>u</sub>	9
2	J <sub>u</sub>	I <sub>u</sub>	H <sub>u</sub>	8
3	4	5	6	7

7: Colocando el área C

Posición	Valor ponderado
2,3,4,5,6,7,8,9,10	0
11	5
1,13,15	500
14,16	1000
<b>12</b>	1010

15	14	13	12	
16	B <sub>u</sub>	C <sub>o</sub>	11	10
1	A <sub>u</sub>	D <sub>u</sub>	E <sub>o</sub>	9
2	J <sub>u</sub>	I <sub>u</sub>	H <sub>u</sub>	8
3	4	5	6	7

8: Colocando el área G

Posición	Valor ponderado
1,2,3,4,5,6,7,15,16	0
8,10,12,14	5
9,13	10
<b>11</b>	20

15	14	13	12	11
16	B <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	G <sub>u</sub>	10
1	A <sub>u</sub>	D <sub>u</sub>	E <sub>o</sub>	9
2	J <sub>u</sub>	I <sub>u</sub>	H <sub>u</sub>	8
3	4	5	6	7

9: Colocando el área F

Posición	Valor ponderado
1,2,3,4,5,6,7,11,12,1:	0
8,10	5
<b>9</b>	10

17	16	15	14	13	
18	B <sub>x</sub>	C <sub>u</sub>	G <sub>u</sub>	12	11
1	A <sub>u</sub>	D <sub>u</sub>	E <sub>u</sub>	F <sub>u</sub>	10
2	J <sub>u</sub>	I <sub>u</sub>	H <sub>u</sub>	8	9
3	4	5	6	7	

10: Colocando el área K

Posición	Valor ponderado
2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,	0
1,15,17	-5000
16,18	-10000



## Anexo 22: Inversión total en Automatización

- Inversión en Activos Fijos

Inversión Inicial en Activos Fijos					
Área	Instrumentación	Costo unit (\$)	Cantidad	Costo Total(\$)	Costo Total (S/.)
Área de Pigmentación	Sensor de peso	\$ 56.00	1	\$ 56.00	S/. 184.67
	Maquina Mezcladora	\$ 1,041.26	1	\$ 1,041.26	S/. 3,433.66
	Motor Eléctrico	\$ 50.00	1	\$ 50.00	S/. 164.88
Área de Embalaje	Sensor Fotoeléctrico 1	\$ 30.00	1	\$ 30.00	S/. 98.93
	Sensor Fotoeléctrico 2	\$ 30.00	1	\$ 30.00	S/. 98.93
	Faja Transportadora 1	\$ 12,000.00	1	\$ 12,000.00	S/. 39,571.20
	Faja Transportadora 2	\$ 1,000.00	1	\$ 1,000.00	S/. 3,297.60
	Rodillo	\$ 40.00	2	\$ 80.00	S/. 263.81
	Sistema de Empuje	\$ 2,000.00	1	\$ 2,000.00	S/. 6,595.20
	Sistema de Embalaje	\$ 2,000.00	1	\$ 2,000.00	S/. 6,595.20
	Transportador de Rodillos por gravedad	\$ 3,450.00	1	\$ 3,450.00	S/. 11,376.72
	Transportador de Rodillos Recto, Sin accionamiento	\$ 2,100.00	1	\$ 2,100.00	S/. 6,924.96
Área de Etiquetado	Máquina etiquetadora automática	\$ 4,920.00	1	\$ 4,920.00	S/. 16,224.19
	Sensor Fotoeléctrico	\$ 10.00	1	\$ 10.00	S/. 32.98
	Sensor de etiqueta	\$ 260.00	1	\$ 260.00	S/. 857.38
	Lector Código Barras	\$ 64.00	1	\$ 64.00	S/. 211.05
Todas las Áreas	PLC	\$ 420.00	1	\$ 420.00	S/. 1,384.99
Plan de integración	MTU: HP ENVY 34 inch Curved all in one Computer	\$ 1,999.00	1	\$ 1,999.00	S/. 6,591.90
	Ordenador Remoto: Motorola Moscad-M	\$ 550.00	1	\$ 550.00	S/. 1,813.68
	Modelo que se utilizará: Redes de comunicación EtherCAT EK1100	\$ 130.00	1	\$ 130.00	S/. 428.69
Costo total					S/. 106,150.60

- Inversión en activos intangibles

Inversión Inicial en activos intangibles	
Descripción	Costo /S/.)
Capacitación de operarios + Instalación de equipos	S/. 13,500.00
Implementación SCADA (consultoría)	S/. 1,030.24
<b>Costo total</b>	<b>S/. 14,530.24</b>

- Inversión total en Automatización

Inversión Total	
Activos Fijos	S/. 106,150.60
Activos Intangibles	S/. 14,530.24
<b>Costo total</b>	<b>S/. 120,680.84</b>