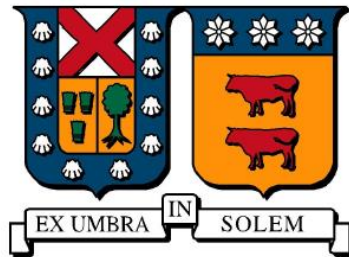


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

SANTIAGO - CHILE



“PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA DE
LA PRODUCTIVIDAD PARA UNA LINEA DE
ENVASADO DE PRODUCTOS
DERMATOLOGICOS”

RENÉ TOMÁS PÉREZ LÓPEZ

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL MECÁNICO MENCIÓN ENERGÍA.

PROFESOR GUÍA: ING. LUIS GUZMÁN B.

PROFESOR CO-REFERENTE: DR. ING. JAIME NÚÑEZ S.

Diciembre – 2019

“Las raíces del estudio son amargas, pero sus frutos son dulces”

Agradecimientos

A mi padre, madre y mi hermano por ser mi pilar principal durante mi vida y por sobre todo durante este periodo universitario lleno de dulce y agraz.

A mis amigos y amigas de mi circulo interno que siempre estuvieron ahí, en mis apariciones y desapariciones, y siempre tuvieron palabras de aliento para mí. Ya van a ser mas 10,15,20 años de amistad, que loco, ¡pero ojalá sean más!

A todas las personas con las cuales tuve la suerte de compartir en mis diferentes aventuras dentro de la Universidad como las clases, las ayudantías que realizamos y los laboratorios que dirigimos.

A Leonelo Iturriaga que fue un profesor que vio algo en mí, y me presto un apoyo fundamental cuando nadie lo hubiera hecho, en mis momentos más difíciles en la Universidad me brindo un espacio de confianza.

A Leonardo Mancilla por confiar en mí y permitirme desarrollar mi pasion por la docencia al dejarme ser ayudante de él en los diferentes ramos dentro del Departamento de Ingeniería Mecánica durante tantos años. Sin duda una tremenda persona y tremendo profesor

También quiero agradecer a Sheila Lascano por prestar un espacio de su tiempo para desarrollar un tremendo proyecto que comenzo en una oficina pequeña junto a una impresora 3D y que terminaron en un laboratorio llamado “MakerSpace USM” por y para toda la comunidad universitaria.

A Claudio Aravena por ser más que un profesor si no que una persona con la que se podía conversar y desarrollar visiones críticas de la sociedad y de la universidad.

A Nelson Alvares y Luis Guzman por ser los que me hicieron un “cambio de chip” al mostrarme el camino de la calidad y la mejora continua, que fue algo que modificó mi enfoque y que a lo largo de mi carrera se ha vuelto un motor para enfocar mi carrera profesional.

Resumen

En el presente trabajo se presenta el desarrollo de una propuesta de un plan de mejora de la productividad para una línea de envasado de una planta de productos dermatológicos y cosméticos, esta línea de envasado abastece gran parte de América y Sudeste Asiático, pero con sus bajos niveles de productividad arriesga que desde la Sede Central de la empresa distribuyan su parte de su volumen de producción (productos) a otras plantas, perdiendo utilidades importantes para la planta de Chile.

La propuesta de mejora se basa en la filosofía Lean para estructurar el plan, considerando desde el diseño del diagnóstico hasta la implementación de un plan piloto con el fin de validar la propuesta. El diagnóstico se centra en la detección de problemas que generan detenciones, interrumpen el flujo del producto o generan problemas de calidad. Se evidenció que un 40,65% de las pérdidas de productividad se asocian al proceso de envasado, un 5,04% al proceso de cambio de formato y un 4,82% al proceso de lavado. Es por esto que se realiza un estudio de las causas raíces de los problemas de manera de poder efectuar propuestas de solución atinentes a las causas raíces.

Luego, se realiza una serie de propuestas para todos los problemas en los cuales se identifican los síntomas y sus causas raíces, y posterior a esto, se jerarquizan las propuestas en base al beneficio esperado y las probabilidades de éxito de la implementación que lo determina un comité experto. Después se genera la propuesta de mejora de la productividad y en base a esta se propone un plan piloto.

El plan piloto se desarrolla sin inconvenientes, con la implementación de nueve propuestas de soluciones. Al finalizar la implementación del plan piloto se realiza un estudio para controlar los resultados de la productividad, en donde se encuentra que al finalizar el periodo del plan piloto la productividad había aumentado un 12,2% con respecto al inicio del diagnóstico y luego un mes después de la implementación la productividad aumentó un 6,5% adicional, lo anterior permite validar que el plan propuesto para la empresa está acorde a sus necesidades y su contexto organizacional. De todas maneras, el beneficio obtenido no se condice con el beneficio esperado, lo que se explica en base a que el supuesto utilizado para calcular el beneficio esperado depende de la velocidad teórica de la línea, cuando en realidad la velocidad de funcionamiento en estado normal es mucho menor, debido a las múltiples ineficiencias detectadas.

Abstract

The following work proposes a productivity improvement plan for a packaging line. This is since the line supplies a large part of America and Southeast Asia, but with its low level of productivity, the plant risks splitting the productivity with other plants.

The improvement proposal is based on the Lean philosophy, with the objective of building a structure ranging from the design of the diagnosis to the implementation of a pilot plan, with the purpose of validating the proposal. The diagnoses were based on the detection of problems which generate delays on the line, interrupt the flow of the final good along the line or generate quality problems. The diagnosis indicates that 40.65% of the productivity loss can be attributed to the packaging process, 5.04% to the format change of the line and a 4.82% to the cleaning process. Therefore, an analysis of the root causes of the problem was necessary in order that any solutions addressed the root causes.

Then a series of proposals were developed considering the symptoms and the root causes of the problem. Each proposal was prioritized based on its impact on the productivity and its overall chance of success. Then a productivity improvement plan was proposed and from this, a pilot plan was subsequently developed.

The pilot plan was developed without any major issues, so at the end an evaluation of the productivity was needed. This showed that at the end of the pilot plan, productivity had grown by 12.2% compared to the start of the study, and after a further month of the pilot plan, productivity grew by another 6.5%. Ultimately however, the obtained benefit does not match with the expected benefit, though this can be explained since the expected benefits assume a certain speed on the line. In reality, the working speed is much lower than this, lowering the obtained benefits.

Glosario

Ordenado por orden de aparición.

OAE: Efectividad global del activo, indicador de productividad

TPM: Mantenimiento total productivo

DMAIC: Metodología de estudio; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Control

VSM: Mapa de flujo de valor

5S: Metodología para el orden y limpieza

SMED: Metodología para lograr la optimización de cambio de piezas

JIT: Justo a tiempo

MES: Sistema de control de la producción

6M: Maquinas, Método, Materiales, Medio Ambiente, Personas, Mediciones

MTTR: Tiempo medio de reparación

TPS: Sistema de producción de Toyota

BMOS: Sistema Operacional de Manufactura de Beiersdorf

RFT: Indicador de calidad

SIPOC: Proveedores, Entradas, Operaciones, Salidas, Clientes

IPC: Control interno del proceso

PT: Producto terminado

CIP: Sistema de limpieza en el lugar de trabajo

LUP: Lección de un punto

SKU: Código de unidad de inventario

Índice

Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii
Abstract	iv
Glosario.....	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tablas	xii
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	3
Objetivos	4
1 Plan de trabajo	5
2 Marco Teórico	7
2.1 Lean en la industria productiva	14
2.2 Métodos y Herramientas	15
2.2.1 Indicadores	15
2.2.2 Herramientas para el Diagnóstico	18
2.2.3 Herramientas de análisis	22
2.2.4 Herramientas/métodos para la implementación	23
3 Diagnóstico	27
3.1 Antecedentes Generales	27
3.1.1 Organización	28
3.1.2 Marco estratégico de Producción	29
3.1.3 Sistema de Mejora.....	30
3.1.4 Indicadores a utilizar	34
3.1.5 Selección de línea de envasado	34
3.1.6 Mapa de flujo de valor y alcance	36
3.1.7 Producto	37

3.1.8	Mantenciones	42
3.2	Diagnóstico del proceso	42
3.2.1	Proceso de Envasado.....	43
3.2.2	Cambios de Ficha.....	58
3.2.3	Cambios de Formato	61
3.2.4	Lavado de máquinas.....	63
3.3	Determinación de oportunidades Just do It	69
4	Análisis de oportunidades.....	72
4.1.1	Análisis del proceso de Envasado.....	73
4.1.2	Análisis del proceso de Cambio de Formato	88
4.1.3	Análisis del proceso de Lavado	89
4.1.4	Análisis del proceso de Cambio de Ficha	91
5	Plan de mejora	93
5.1	Propuesta de soluciones para las problemáticas.....	93
5.1.1	Proceso de envasado	94
5.1.2	Proceso de cambio de formato	101
5.1.3	Proceso de lavado.....	104
5.1.4	Proceso de cambio de ficha.....	105
5.2	Priorización de las problemáticas.....	107
5.2.1	Estructuración del plan.....	113
5.3	Implementación de plan piloto	114
6	Control	121
6.1	Control del plan piloto.....	121
6.2	Plan de control posterior.....	124
7	Conclusiones.....	127
7.1	Recomendaciones.....	129
	Bibliografía	130

A.	Anexos	132
A.	Caracterización de oportunidades en el Envasado	132
B.	Caracterización de oportunidades en el Cambio de Ficha	143
C.	Tabla de Actividades del Proceso de cambio de formato	144
D.	Caracterización de las oportunidades en el Cambio de Formato	146
E.	Matriz de lavado.....	147
F.	Caracterización de oportunidades en el proceso de Lavado	150
G.	Resumen de oportunidades identificadas	151
H.	Propuesta de proceso de lavado.....	152
I.	Asignación de puntaje de la probabilidad de éxito	153
J.	Asignación de puntajes de la probabilidad de exito para cada solución propuesta	154
K.	Hoja de verificación para Cambio de formato	156

Índice de Figuras

Figura 1.1: Plan de trabajo utilizado.	5
Figura 2.1: Casa de TPS (Toyota Production System). (Hernández & Vizán, 2013).....	9
Figura 2.2: Comparación entre una villa de producción y celdas de producción. (Shook & Marchwinski, 2014)	12
Figura 2.3: VSM tradicional. (George, 2010).....	18
Figura 2.4: Bosquejo de oportunidades clasificadas en un proceso.....	19
Figura 2.5: Ejemplo de Hoja de Verificación para detenciones.	21
Figura 2.6: Enfoque del cambio vs el tamaño del proyecto. (AlManei, Salonitis, & Tsinopoulos, 2018)	26
Figura 3.1: Organigrama del área de producción.....	28
Figura 3.2: Estructura de la organización dentro de los turnos.....	29
Figura 3.3: Pizarra de control de línea	32
Figura 3.4: Pizarra de control de mejoras.	33
Figura 3.5: VSM general de un producto.....	36
Figura 3.6: Alcance del proyecto representado en el VSM	37
Figura 3.7: Distribución de productos en torno a los formatos.....	38
Figura 3.8: Comparación de los 3 formatos de producto.	38
Figura 3.9: Gráfico con la Distribución de la demanda mensual.	39
Figura 3.10: Cantidad de variantes materias primas	40
Figura 3.11: Gráfico con las diferentes variedades de masa estratificadas por componente principal. Basado en la Tabla 0.21.	40
Figura 3.12: Diagrama SIPOC del proceso de envasado.	44
Figura 3.13: Flujo de materiales en la línea durante el proceso de envasado.	44
Figura 3.14: Layout de la línea de envasado.....	45
Figura 3.15: Foto del proceso de etiquetado lineal	45
Figura 3.16: Posición del envase dentro de la máquina de llenado.	46
Figura 3.17: Torre de enfriamiento de la línea de envasado Deostick.....	47
Figura 3.18: Tapadora rotativa.....	48
Figura 3.19: Proceso de pre-enfardado.	49
Figura 3.20: Producto empaquetado listo para embalaje.	49
Figura 3.21: Actividades que agregan valor en el proceso de envasado.....	51

Figura 3.22: Polvo dentro de la sección de la correa superior de la etiquetadora.....	53
Figura 3.23: Derrame de masa dentro de la llenadora.	54
Figura 3.24: Porta-envase escapando de la línea cerrada del conmutador.....	54
Figura 3.25: Textura no definida de producto Neruda.	55
Figura 3.26: Insertos no colocados.	55
Figura 3.27: Inserto mal colocado en envase Barra Libre Masculino	56
Figura 3.28: Inserto atrapado en la guía en la mitad del recorrido	56
Figura 3.29: Ejemplo de carro dedicado al cambio de formato utilizado con otros propósitos.....	57
Figura 3.30: Caída de envases en equipo enfardador.....	58
Figura 3.31: Acumulación de productos buenos por mal ajuste de la cámara.	61
Figura 3.32: Representación del cambio de formato	62
Figura 3.33: Distribución de los tipos de lavado en la matriz de lavado. Basado en la Tabla 0.21.....	65
Figura 3.34: Layout de la zona de estanques y equipos de lavado.	66
Figura 3.35: Rueda tensora de correa, se observa la falta de un perno a la izquierda	70
Figura 3.36: Documento para la oportunidad 17.	71
Figura 4.1: Estratificación de oportunidades por proceso.....	72
Figura 4.2: Estratificación de oportunidades por OAE perdido.....	72
Figura 4.3: Porta-envase a punto de salir de la prensa.....	75
Figura 4.4: Operador manipulando la tapadora	76
Figura 4.5: Desplazamiento de porta-envase con respecto a la guía de entrada.....	78
Figura 4.6: Rotación del cuerpo del envase con respecto a su base.....	78
Figura 4.7: Análisis de la oportunidad 19 con diagrama Ishikawa.	79
Figura 4.8: Representación de desviación del envase con respecto a la garra de la enfardadora, vista superior y lateral.....	79
Figura 4.9: Condición de almacenamiento de las guías de insertos.....	82
Figura 4.10: Desviación de porta-envase al entrar a la máquina.	84
Figura 4.11: Mezcla de componentes de máquinas en el gabinete de limpieza.....	86
Figura 5.1: Estructura a desarrollar en el plan de trabajo.	93
Figura 5.2: Propuesta de posición de sensores para la oportunidad 4.....	95
Figura 5.3: Propuesta de sistema de amortiguación para oportunidad 21.	96
Figura 5.4: Layout de la línea con las demarcaciones propuestas.	97
Figura 5.5: Guía de insertos propuesta.....	97

Figura 5.6: Izquierda: Aplicador original. Derecha: Aplicador modificado.....	98
Figura 5.7: Porta-envase atorado en el tornillo de alimentación provocando la deformación de este....	99
Figura 5.8: Izquierda: Estructura interna de turnos actual. Derecha: Estructura de turnos propuesta..	100
Figura 5.9: Ejemplo de funcionamiento de sensor fotográfico por comparación. (Keyence, 2018)	101
Figura 5.10: Extracto de layout de línea, indicando el sistema de porta-envases actual.	102
Figura 5.11: Extracto de layout de línea, indicando el sistema de porta-envases propuesto.	103
Figura 5.12: Boquillas actuales para formato Neruda (izquierda) y formato Barra Libre (derecha)....	104
Figura 5.13: Boquilla universal propuesta.	104
Figura 5.14: Comparación de dos etiquetas diferentes que poseen puntos de control iguales, en este caso el logo “Nivea”	106
Figura 5.15: Propuesta de roles y responsabilidades para los operadores durante el proceso de envasado.	107
Figura 5.16: Modelo de 4 niveles de madurez Lean. (Maasouman & Demirli, 2015)	108
Figura 5.17: Diagrama de barras acumulado de la probabilidad de éxito por cada oportunidad.....	110
Figura 5.18: Diagrama de Pareto de OAE esperado por Oportunidad.....	111
Figura 5.19: Diagrama Jack Knife MTTR vs Freq con Pérdida de OAE.	112
Figura 5.20: Grafico de dispersión del OAE la probabilidad de éxito asociado a cada propuesta.	113
Figura 5.21: Carta Gantt propuesta para el plan de mejora de la producción, CW = Semana Calendario	114
Figura 5.22: LUP utilizada para la documentación de la oportunidad 4.....	115
Figura 5.23: Extracto del instructivo creado para el cambio y ajuste de componentes.	117
Figura 5.24: Componentes del equipo tapador después del orden en el carro de cambio de formato..	118
Figura 5.25: Bitácora de etiquetas para la oportunidad 23.	119
Figura 6.1: Hoja de verificación para el monitoreo de detenciones.....	122
Figura 6.2: Tendencia OAE durante diagnóstico, plan piloto y posterior.	124
Figura 6.3: Extracto de documento de monitoreo de actividades para operaciones.	125
Figura 6.4: Extracto de hoja de auditoria del proceso de cambio de formato.....	126
Figura 0.1: Extracto de la hoja de verificación para el cambio en el equipo tapadora.	156

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Comparación de instancias que afectan al Target Setting y al OAE.	16
Tabla 3.1: Capacidad de Diseño de producción promedio y su volumen porcentual de productos fabricados. Basado en información interna de la empresa.	35
Tabla 3.2: Niveles de utilización entre diciembre 2017 y febrero 2018. Basado en información interna de la empresa.	35
Tabla 3.3: Actividades durante el envasado y su valor.	50
Tabla 3.4: Caracterización de Oportunidad 1.	52
Tabla 3.5: Actividades realizadas durante el cambio de ficha.	59
Tabla 3.6: Distribución de tiempos para cada operación y su equipo correspondiente.	66
Tabla 3.7: Actividades realizadas durante el proceso de lavado.	67
Tabla 4.1: Análisis de la Oportunidad 10.	73
Tabla 4.2: Análisis de la Oportunidad 2.	74
Tabla 4.3: Análisis de la Oportunidad 4.	74
Tabla 4.4: Análisis de la Oportunidad 9.	76
Tabla 4.5: Análisis de la Oportunidad 13.	77
Tabla 4.6: Análisis de la oportunidad 21.	80
Tabla 4.7: Análisis de la oportunidad 13	80
Tabla 4.8: Análisis de la oportunidad 17.	81
Tabla 4.9: Análisis de oportunidad 3.	82
Tabla 4.10: Análisis de la oportunidad 11.	83
Tabla 4.11: Análisis de la Oportunidad 16.	84
Tabla 4.12: Análisis de la Oportunidad 5.	85
Tabla 4.13: Análisis de la Oportunidad 16	86
Tabla 4.14: Análisis de la Oportunidad 18	87
Tabla 4.15: Análisis de la Oportunidad 8.	87
Tabla 4.16: Análisis de la Oportunidad 7	88
Tabla 4.17: Análisis de la Oportunidad 15	89
Tabla 4.18: Análisis de la Oportunidad 20	89
Tabla 4.19: Análisis de la Oportunidad 22	90
Tabla 4.20: Análisis de la Oportunidad 12	90
Tabla 4.21: Análisis de la Oportunidad 14	91

Tabla 4.22: Análisis de la oportunidad 23.	92
Tabla 5.1: Comparación ente el proceso de lavado actual (izquierda) y el propuesto (derecha).....	105
Tabla 5.2: Tabla de velocidades determinadas para el flujo continuo.	120
Tabla 0.1: Caracterización de la Oportunidad 2.	132
Tabla 0.2: Caracterización de la Oportunidad 11.	133
Tabla 0.3: Caracterización de la Oportunidad 13.	133
Tabla 0.4: Caracterización de la Oportunidad 6	134
Tabla 0.5: Caracterización de la Oportunidad 4.	134
Tabla 0.6: Caracterización de la Oportunidad 19.	135
Tabla 0.7: Caracterización de la Oportunidad 7.	136
Tabla 0.8: Caracterización de la Oportunidad 9.	136
Tabla 0.9: Caracterización de la Oportunidad 10.	137
Tabla 0.10: Caracterización de la Oportunidad 17	138
Tabla 0.11: Caracterización de la Oportunidad 16.	138
Tabla 0.12: Caracterización de Oportunidad 18.	139
Tabla 0.13: Caracterización de la Oportunidad 8.	140
Tabla 0.14: Caracterización de la Oportunidad 5.	140
Tabla 0.15: Caracterización de la Oportunidad 21	141
Tabla 0.16: Caracterización de la Oportunidad 3	142
Tabla 0.17: Caracterización de la Oportunidad 23.	143
Tabla 0.18: Caracterización de la Oportunidad 22.	144
Tabla 0.19: Actividades realizadas durante el proceso de cambio de formato	146
Tabla 0.20: Caracterización de la Oportunidad 15.	147
Tabla 0.21: Matriz de lavado indicando la secuencia a utilizar	148
Tabla 0.22: Caracterización de la Oportunidad 14.	150
Tabla 0.23: Caracterización de la Oportunidad 12.	150
Tabla 0.24: Tabla resumen de oportunidades identificadas en el diagnóstico.....	151
Tabla 0.25: Caracterización de la Oportunidad 20.	152
Tabla 0.26: Propuesta de proceso de lavado	153
Tabla 0.27: Puntaje de la probabilidad de éxito por cada factor.....	153
Tabla 0.28: Asignación de puntaje por probabilidad de exito a las soluciones propuestas	154

Introducción

Actualmente, todas las compañías del rubro de los productos de consumo masivo sienten la necesidad de ser más competitivos en un mundo globalizado y altamente comunicado, es por esto que las empresas constantemente están buscando formas de reducir costos, disminuir tiempos de producción para lograr ser más flexibles y aumentar la calidad de su producto o servicios, con el fin de destacar por sobre la competencia.

Es en este contexto en que se enmarca la compañía en donde se va a realizar este trabajo. Esta empresa es una compañía internacional que lidera el mercado y que cuenta con cerca de 150 filiales en todo el mundo, dedicadas a la fabricación de productos cosméticos y dermatológicos. La planta ubicada en Chile cuenta con alrededor de 300 empleados y realiza los procesos de fabricación, envasado y embalado de más de 170 productos diferentes pertenecientes a cinco grandes marcas.

En la planta productiva de Chile se han identificado ciertos problemas asociados a la productividad que evitan que esta empresa pueda ser lo suficientemente competitiva tanto en el mercado nacional como internacional. Dentro de los procesos que presentan una mayor problemática, se encuentra el proceso de envasado, el cual posee nueve líneas enfocadas a la producción de diferentes productos, desde cremas y emulsionantes hasta desodorantes en barra; cada una de estas líneas varía en su complejidad y tecnología, desde líneas completamente manuales hasta otras casi totalmente automatizadas.

La motivación de este trabajo nace desde la necesidad de la empresa por mejorar sus indicadores de producción, con el fin de lograr ser más competitiva, y a la vez, tener un proceso de envasado más flexible que le permita responder tanto al mercado, como a la casa matriz. En base a lo anterior, en el presente trabajo se pretende proponer un plan de mejora de la productividad para una línea de envasado de productos dermatológicos utilizando herramientas de mejora continua.

Este plan consiste inicialmente en una investigación de las diferentes herramientas que existen, a modo de determinar cuáles son las más apropiadas dado el contexto de la empresa. Luego, realizar un estudio de los antecedentes operativos de la empresa y un diagnóstico profundo de los procesos realizados en la línea de envasado seleccionada, con el fin de levantar una serie de oportunidades de mejora en dichos procesos.

Luego, a través de un análisis de las oportunidades, se genera un plan de acciones que considera diferentes factores, como la facilidad de la implementación, madurez requerida de la organización, el impacto sobre los indicadores, duración y formación requerida para la implementación. Este trabajo finaliza con la implementación de un plan piloto, a modo de validar el plan de mejora propuesto.

Planteamiento del problema

La planta ubicada en la comuna de Maipú se dedica a la fabricación y envasado de los productos dermatológicos de una compañía de origen alemán, la cual dentro de sus valores consideran la calidad de sus productos y tener una alta productividad de sus plantas.

En la planta de Chile se ha identificado que el principal problema para lograr ser competitivos se encuentra en el área de envasado de la planta, la cual cuenta con 9 líneas diferentes, estos problemas se han asociado a variadas causas como lo es la alta rotación del personal, la poca o nula documentación de ciertos procesos, la falta de planes de capacitación de los operadores, entre otras causas.

Los problemas mencionados anteriormente cobran una real urgencia para los directivos de la planta cuando desde la Casa Matriz (Hamburgo, Alemania) deciden comenzar a evaluar redistribuir la producción de ciertos productos que se fabrican en la planta de Chile, y llevar esto a otras plantas. Esto implica que la planta ubicada en la comuna de Maipú podría perder parte importante de su producción y por ende de sus ganancias.

Bajo este contexto es que se vuelve necesario realizar un estudio profundo de la situación en el área de envasado y luego generar un plan de mejora de la productividad que se adecue al marco estratégico de la empresa, a la cultura de trabajo y los niveles de madurez de esta.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo es proponer un plan de mejora de la productividad de una línea de envasado de productos dermatológicos en una empresa productiva utilizando herramientas de Mejora Continua. Para cumplir este objetivo, se definen los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la línea de envasado para determinar el nivel de desempeño de productividad
2. Analizar el marco estratégico de la empresa para enfocar el plan de mejora.
3. Determinar las oportunidades de mejora en las acciones operacionales para mejorar la productividad mediante las herramientas de Mejora Continua.
4. Analizar las diferentes oportunidades de mejora mediante un análisis de costos versus beneficio en productividad, para priorizar la implementación.
5. Proponer un plan de mejora de los procesos operacionales en la línea de envasado, enfocado en la mejora continua, que incluya las oportunidades de mejora identificadas.
6. Implementar a modo de plan piloto de un subconjunto de acciones propuestas en el análisis de costo-beneficio, con el fin de validar el plan de mejora.

1 Plan de trabajo

Para lograr proponer un plan de trabajo acorde a los objetivos propuestos anteriormente, se propone el siguiente método de trabajo que se muestra en la Figura 1.1 el cual está basado en la metodología de resolución de problemas DMAMC (Gutiérrez, 2010), que viene del acrónimo Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Esta metodología es una herramienta que estudia sistemáticamente un proceso o un negocio con el fin de identificar diferentes oportunidades que permitan solucionar un problema particular, grande o pequeño, y además asegurar que estas mejoras se perpetúen como parte de la cultura de la organización.

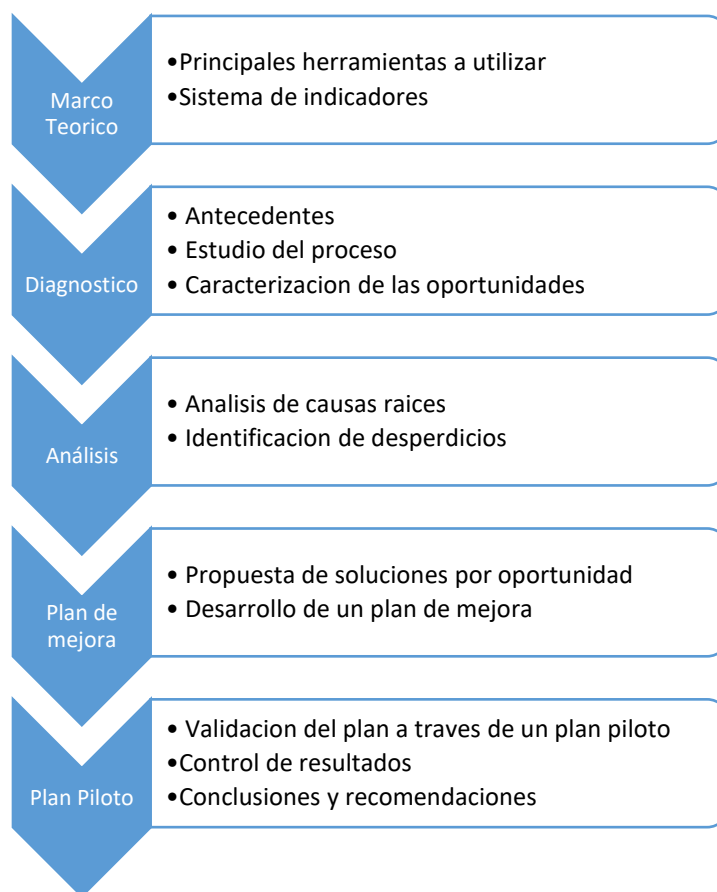


Figura 1.1: Plan de trabajo utilizado.

A continuación, se describe cada una de las etapas del plan de trabajo:

1. **Marco Teórico:** la etapa del marco teórico consiste en una fase de investigación que pretende determinar las mejores herramientas, metodologías e indicadores que puedan ser aplicados al contexto de este trabajo, para luego ser adaptadas para crear un plan de mejora que pueda perdurar en el tiempo.

2. **Diagnóstico:** en esta etapa se pretende comprender y dimensionar la problemática a abordar a través de un estudio de los antecedentes de la empresa, esto con el fin de entender el contexto empresarial en donde se va a desarrollar el plan de mejora, para luego comenzar con el estudio del proceso utilizando las herramientas definidas en el marco teórico. Esta etapa termina con una caracterización de las problemáticas que afectan el desempeño de la línea seleccionada. Es importante destacar que durante la etapa de diagnóstico es probable que se encuentren diferentes oportunidades que son simples de resolver e implican un bajo costo, por lo que se trabajarán también dentro de esta etapa.
3. **Análisis:** En la fase de analizar, el objetivo es lograr identificar las causas de los problemas que se identificaron en la fase de Medir y cuantificar sus pérdidas asociadas. Lo importante y más relevante de esta fase es el uso de herramientas específicas centradas en la identificación de causas raíces de manera de poder solucionar los problemas minimizando el uso de recursos, de tiempo y de las personas, ya que si las mejoras solo se centran en la resolución de síntomas los problemas perdurarán o podrían empeorar.
4. **Diseño del plan de mejora:** Para el diseño del plan de mejora se proponerá una batería de acciones que ataquen la causa raíz de las oportunidades identificadas. Las soluciones propuestas deben ser contrastadas entre sí, a través de diferentes criterios los cuales pueden ser, costo de la solución, resistencia al cambio, período de implementación, nivel de impacto, etc; Luego de ponderar y jerarquizar las diferentes alternativas propuestas se debe crear un plan de implementación que ayude a llevar un ritmo adecuado con las mejoras (no se puede eliminar todos los problemas de una vez), el ritmo debe ser uno en que se comience con soluciones relativamente simples de manera que los involucrados internalicen los diferentes conceptos asociados (capacitaciones, documentación, desperdicios, como hacer las cosas mejor).
5. **Implementación plan piloto:** Para validar el plan de mejora propuesto en la etapa anterior, se realiza un plan piloto que abarque ciertas acciones del plan de mejora, para luego realizar un control y finalmente estudiar su impacto en los indicadores definidos.

2 Marco Teórico

La mejora continua y su filosofía se basan principalmente en la resolución de problemas que pueden afectar principalmente tres factores, los costos en los que se incurre para llevar a cabo cada producto, proceso, servicio, etc; los tiempos involucrados en cualquier etapa de dicho proceso, fabricación o gestión de un proceso; y la calidad del producto que se le entrega al cliente final (Hernández & Vizán, 2013). Dichos problemas se pueden presentar tanto a gran escala, como son sistemas de producción completos que deben ser analizados, hasta en pequeñas tareas, que con un simple cambio pueden mejorar sustancialmente el desempeño del proceso completo.

Dentro de la mejora continua, existen diferentes filosofías y principios que permiten atacar sistemáticamente un problema, dentro de los más conocidos están Lean, Six Sigma, Total Productive Maintenance (TPM). De las filosofías mencionadas anteriormente, las que más sobresalen en esta materia son Lean y Six Sigma, que en el fondo ambas persiguen el mismo objetivo, el aumento de la eficiencia y efectividad en la empresa, pero estas toman enfoques diferentes sobre que observar y como resolverlo. Six Sigma es una filosofía o método de trabajo muy centrada en la estadística del proceso con el fin de reducir la variabilidad del proceso y aumentar la calidad de cada uno; mientras que Lean es una filosofía más centrada en la organización, estudiando un proceso por todas sus aristas en busca de desperdicios. En la empresa ya existen políticas adecuadas de mantenimiento y de control de operaciones, pero no obstante no logran obtener los resultados deseados, como en esta empresa ya se utiliza un sistema de mejora basado en Lean, se decide utilizar esta metodología para el desarrollo del trabajo.

Lean es una filosofía de mejora continua centrada en la identificación, control y eliminación de los desperdicios, con el fin de llegar a un proceso esbelto, estos desperdicios pueden estar presentes en cualquier sistema productivo, sin importar su escala o rubro (Mrugalska & Wyrwicka, 2017), estos desperdicios se definen como tareas, actividades o procesos que no agregan valor al producto que el cliente desea, por lo que deberían evitarse.

El objetivo final de la filosofía de mejora continua Lean, es lograr el cambio cultural de la empresa, en donde se privilegie la comunicación y el trabajo en equipo; los objetivos que persigue esta cultura están definidos en base a lo que toda empresa debería esperar a llegar, una empresa de clase mundial (Carson, 2017) , los objetivos son:

- Reducir los tiempos de preparación para incrementar la flexibilidad.
- Lograr una distribución eficiente en la planta que permita reducir los inventarios, minimizar los recorridos y que facilite el control directo por la visibilidad.

- Usar la tecnología para disminuir la variabilidad del proceso.
- Formar a los trabajadores para facilitar la motivación y la polivalencia de sus habilidades.
- Garantizar que el personal de línea sea el primero en intentar solucionar el problema.
- Conservar y mejorar el equipo existente antes de pensar en nuevos equipos.
- Conseguir que la detección de fallos se realice en la fuente del problema creando mecanismos sencillos que detecten el problema (Jidoka).

Principios del sistema Lean

Los principios son normas que orientan las acciones a realizar durante la implementación del sistema Lean, los principios más frecuentes en una implementación eficaz son los siguientes:

- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.
- Trabajar en planta.
- Formar líderes de equipo que asuman el sistema y sean capaces de enseñarlo.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinarios.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.
- Crear un flujo de proceso continuo.
- Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
- Conseguir eliminación de defectos.

Estructura del sistema Lean

Para poder lograr un sistema productivo optimizado es necesario lograr un cambio cultural profundo en la organización, a todo nivel, es por esto que la filosofía Lean propone una estructura que pueda ayudar en cada etapa de la implementación. Partiendo por herramientas básicas de diagnóstico como el VSM (Value Stream Mapping) que ayuda a detectar los primeros desperdicios de los procesos, como el 5S o el SMED que son técnicas necesarias que sirven de base para el inicio de la gestión del cambio hacia la estandarización y estabilización del sistema productivo. A continuación, en la Figura 2.1 se representa la estructura del sistema Lean (Hernández & Vizán, 2013). En su base se pueden ver las herramientas de diagnóstico, de operación y de seguimiento (Nivel Básico), las cuales son fundamentales en todo el proceso ya que su aplicación continua y permanente van a ayudar a lograr la estandarización del proceso que se estudia, por ejemplo, si en una línea de producción se comienza un proceso para eliminar el

desperdicio “movimiento excesivo del personal” pero se pierde el orden 5S no se va a lograr a alcanzar ninguna mejora sostenible en el tiempo debido a que no existe un compromiso con mantener la mejora.

Al mismo tiempo que las herramientas anteriores (la base del sistema Lean) son implementadas en el proceso, es necesario trabajar sobre las personas y su cultura de trabajo. Es importante hacerles entender los puntos claves de la mejora continua de manera que se empapen en su rol y comprendan que, sin ellos, ninguna mejora es significativa y sostenible en el tiempo. Los conceptos más importantes son:

- Rechazar el estado actual de las cosas, ya que todo proceso puede ser mejorado.
- La mejora es infinita.
- Buscar la causa raíz de los problemas.
- El trabajo en equipo es fundamental.
- No hay que buscar la perfección; la perfección es consecuencia de un buen trabajo.

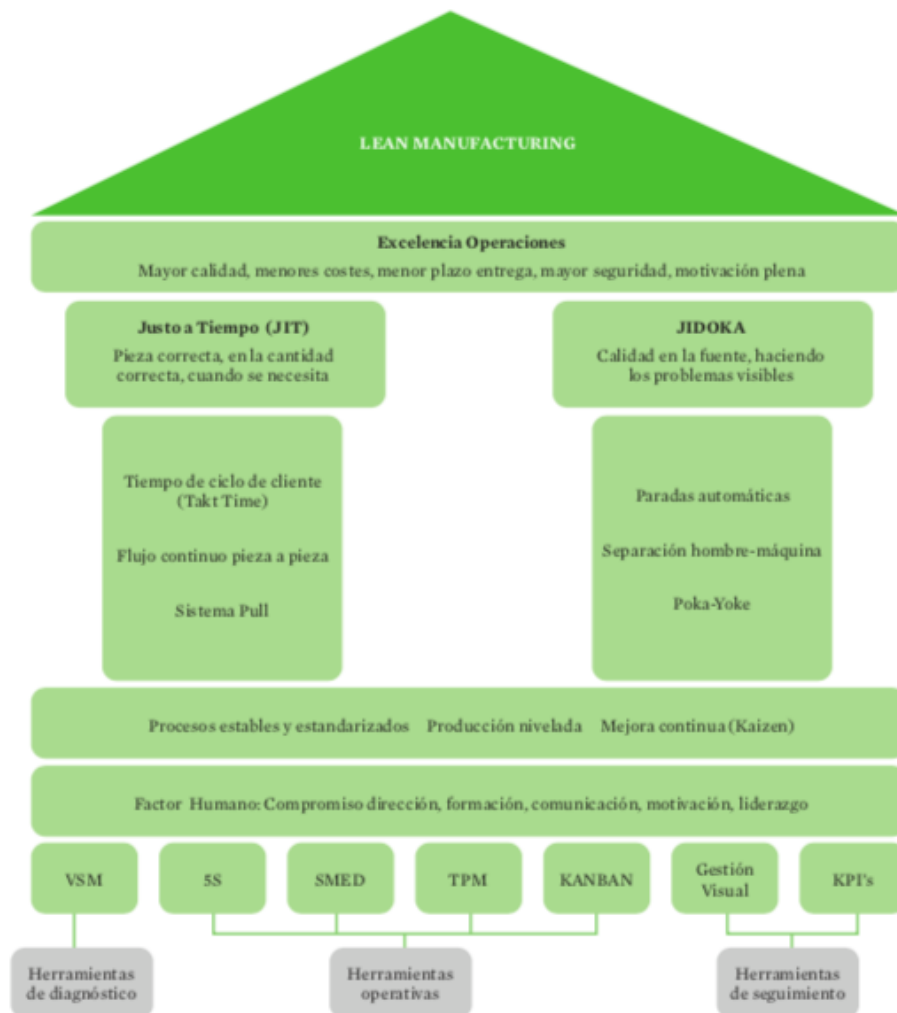


Figura 2.1: Casa de TPS (Toyota Production System). (Hernández & Vizán, 2013)

Una vez que se logra obtener el compromiso a lo largo de toda la organización de las personas en utilizar las herramientas operativas y de seguimiento, desde el gerente de producción o logística, hasta el operador que trabaja en la línea, es posible avanzar hacia el siguiente peldaño de Lean. El cual corresponde a la estandarización (y estabilización) de procesos y métodos. Esto se vuelve relevante sobre todo en procesos de alta rotación de turnos o de personal, ya que se van a encontrar variadas formas de desarrollar una misma tarea. Es por esto que es necesario estudiar a profundidad el proceso, de manera de encontrar la mejor forma de realizar dicha tarea y encontrar el método ideal para transmitir este conocimiento a todos los involucrados. Una vez se tiene un proceso estandarizado, se vuelve más fácil poder identificar actividades que no agregan valor al producto en cuestión.

El siguiente paso para poder llegar a lograr la excelencia operacional y un sistema productivo esbelto consiste en la aplicación de dos métodos que se desarrollaron en Japón; uno es el método Justo a Tiempo (JIT: Just in time) que tiene por lema “Entregar el producto correcto, en la cantidad correcta con la calidad perfecta, en el lugar correcto justo cuando se necesita” (Santos, Wysk, & Torres, 2006). El otro método para implementar corresponde al Jidoka o Autonomación que significa automatización con un toque humano, esto le brinda a la máquina la capacidad de detectar cuando alguna variable del proceso se sale del estándar y poder actuar acorde a lo que se necesite, como rechazo automático de piezas defectuosas, detención del proceso, u otra acción acorde a la condición. Esto permite visibilizar los problemas en su fuente, lo que permite tener un mejor tiempo de respuesta ante cualquier eventualidad y proporcionar al operador las herramientas correctas para que pueda actuar de la manera más eficiente y segura.

Una vez que se logran implementar estos métodos y herramientas de forma efectiva dentro de la empresa, se puede aspirar a lograr la excelencia operacional, que por definición persigue lograr una mayor calidad en sus productos y procesos, menores costos y tiempos de proceso; y por último, mayor motivación en todo el personal que es lo que permite que el proceso de mejora continúe.

Desperdicios

Uno de los principales factores que van a definir un desperdicio, es si este es capaz de brindar valor al producto; esto puede ser una característica física del producto o puede ser una característica del servicio que se proporciona, estas características las define el cliente, tanto de manera consciente como inconsciente. Es por esto que al realizar el análisis de desperdicio es necesario hacerlo desde un enfoque objetivo para no ocultar falencias dentro del sistema productivo.

Por definición, los desperdicios o mudas absorben recursos importantes y no devuelven nada de valor agregado al producto/empresa; pero dentro de esta descripción es importante notar que existen 2 grandes

categorías de desperdicios. Los Muda tipo I, los cuales a pesar de ser una acción/actividad/proceso que no agrega valor al producto, es necesario que existan para que el sistema de productivo cumpla con los estándares requeridos por la empresa y en última medida, por el cliente; y también están las Mudass tipo II, las cuales son acciones y/o actividades que se realizan pero no agregan ningún valor al producto ni a la empresa (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2011).

Un ejemplo de la muda tipo I, puede ser el paso por una balanza del desodorante; o el chequeo en línea del sistema de etiquetado, los cuales no aportan valor al producto; pero de no realizarse existe una alta probabilidad de no cumplir los requisitos que se espera satisfacer del cliente. Existen 7 tipos de desperdicios (Borris, 2006) que se pueden asociar a cualquier sistema productivo, estos son:

1. Defectos, rechazos y reprocesos

Los defectos en un sistema productivo se pueden considerar como acciones, tareas o procesos que no se realizaron o se realizaron fuera de los estándares del proceso mismo. Estas tareas no solo consideran la transformación del producto, como el proceso de etiquetado o el de refrigeración; si no que también considera acciones que no están directamente relacionadas con la transformación del producto, como el traslado de los materiales a la zona de operación, que es una actividad en donde se puede dañar parte de los materiales que se van a utilizar para transformar el producto.

2. Sobreproducción

El problema de la sobreproducción en un sistema es la utilización de recursos para generar un producto el cual no tiene demanda, lo que significa costos extras en varias etapas previas y posteriores del proceso productivo, como la utilización de materias primas en otros productos o el costo de almacenaje adicional de un producto que no tiene una venta. Gran parte de este tipo de defectos se pueden atacar con la herramienta *Just in Time* (Hernández & Vizán, 2013)

3. Espera entre pasos

La necesidad de esperar entre diferentes etapas es uno de los síntomas de un sistema no continuo de producción. Las causas más frecuentes para este tipo de problemas pueden ser que no exista ningún operador disponible para la tarea, el equipo no está disponible, los operadores están esperando materiales para trabajar o se pueden estar realizando inspecciones de calidad en pasos previos.

4. Transporte innecesario de materiales

Uno de los métodos más comunes de distribución de producción está relacionado con “Villas de producción” las cuales están encargadas de fabricar una pieza/componente del producto para luego ser trasladado a la siguiente villa y continuar con el siguiente proceso; este método es altamente ineficaz en sistemas de producción de alto volumen debido a la falta de continuidad en la producción, altos tiempos de espera y adicionar acciones/etapas que no agregan valor (muda tipo 2). Un método que contrasta con esta distribución es la de celdas de producción en la cual se trabaja un producto de manera continua hasta que se termina de procesar. Esto se puede ver claramente en la Figura 2.2 en donde se compara un mismo proceso de fabricación de bicicletas, en la parte superior de la imagen se ve que en el enfoque de la planta está en el proceso, en donde en cada zona se trabaja un proceso específico lo que garantiza una alta flexibilidad en la producción de diferentes productos pero esto conlleva a un movimiento excesivo del producto mientras se transforma, tiempos de espera excesivos y una baja utilización de la capacidad; en cambio en la parte inferior se puede ver una distribución de la planta con un enfoque en el producto lo que ayuda a aumentar la utilización de la capacidad, teniendo un sistema productivo continuo que reduce los tiempos de espera y estandariza sus métodos de producción. (Heizer & Render, 2008)

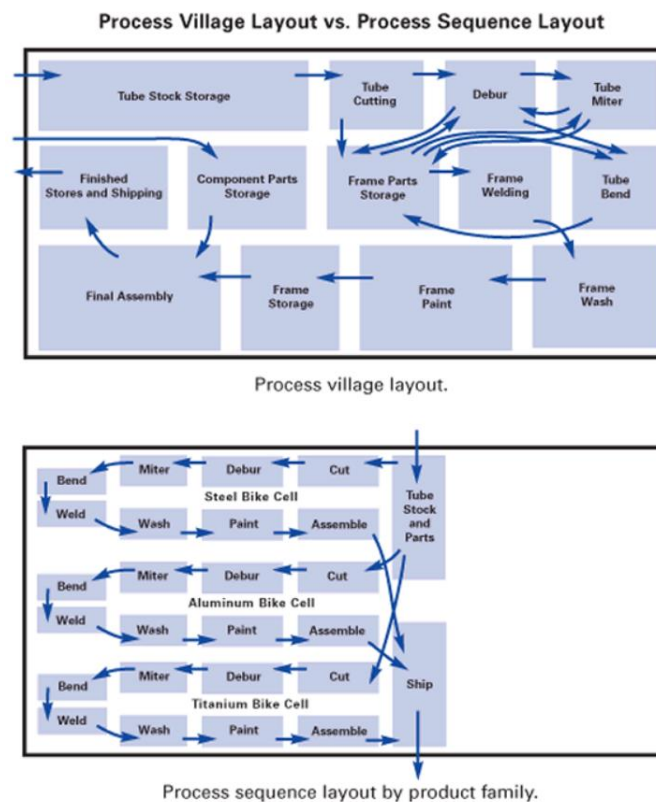


Figura 2.2: Comparación entre una villa de producción y celdas de producción. (Shook & Marchwinski, 2014)

5. Sobre procesamiento

Este desperdicio aparece generalmente cuando existen etapas o procesos que son innecesarios; o que no agregan valor para el cliente; como por ejemplo el proceso de inspección y el proceso de almacenamiento de un producto; en el primero a pesar de ser una etapa que no agrega valor para el cliente, es necesario para la empresa para asegurar que se cumple con los estándares de la compañía y del cliente, pero también es importante mencionar que estas etapas se pueden reducir y/o optimizar, en cambio la etapa de almacenaje en este ejemplo, no agrega ningún valor al cliente. Otros ejemplos de Sobre procesamiento se pueden encontrar en áreas fuera del proceso productivo, como en los procesos de revisión de calidad, o las autorizaciones de Bodega, o los mismo pre-checkeos antes de entrar al proceso productivo.

6. Inventario innecesario

Este es uno de los desperdicios que requieren mayor esfuerzo de toda la cadena de suministros, ya que para poder reducir los inventarios de:

- Materias primas
- Productos en proceso de transformación (PTI: Producto Intermedio)
- Productos finales
- Componentes de mantención sin utilización

Es necesario trabajar con el Sistema *Just in time* (JIT, Justo a tiempo) (Borris, 2006) que se basa en pedir solo lo que se necesita, fabricar solo que se pide y almacenar lo menos posible en pos de reducir los costos. El problema de la implementación de este sistema radica en la confiabilidad de los proveedores e incluso, del proveedor del proveedor, ya que un atraso puede generar quiebres de Stock con el cliente, perdiendo cierta reputación. Este sistema no es solo difícil con los proveedores, también involucra que el sistema productivo de la empresa sea un sistema continuo y altamente confiable. Es por esto que la implementación se realiza gradualmente con procesos/materiales no críticos en un inicio para avanzar gradualmente a la implementación total, de poder aplicar, ya que existen condiciones que pueden no permitir la implantación completa.

7. Movimiento no necesario de los operarios

Este defecto se concentra más allá que lo que se puede trabajar con el sistema 5S, en este punto se mira un poco más allá centrándose en cuan ergonómicos y eficientes son los movimientos. Un ejemplo de estos es:

- Giros innecesarios
- Agacharse
- Cambio de manos

2.1 **Lean en la industria productiva**

Lean es un sistema que de por si nació en la industria productiva a través de la observación y experiencia de los ingenieros de Toyota, esta fue la responsable del resurgimiento de Toyota en una época difícil tras la Segunda Guerra Mundial (Huntzinger, 2005). Muchos años han pasado y esta técnica sigue vigente y aún más validada en el mundo industrial a través de adaptaciones de empresas como Renault, Unilever, Beiersdorf, etc.

Inclusive, Lean es una filosofía que puede ser implementada sin importar la escala de la empresa, siempre y cuando haya pasado por su propia madurez; existen diferentes ventajas dependiendo del tamaño de la empresa, en donde una empresa grande puede gozar de las siguientes ventajas para su implementación (Mrugalska & Wyrwicka, 2017):

- Acceso a recursos
- Personal Experto
- Experiencia en sistemas de mejora internos
- Mayor acceso a datos e información de los procesos
- Mayores oportunidades en procesos no estandarizados

(Sohal & Egglestone, 1994) Determinó que las características que adquieren las organizaciones en donde Lean se implementó exitosamente son:

- Una organización que cuenta con operadores flexibles, polivalentes y su preocupación por su trabajo es alta
- Estructuras de solución de problemas centradas en la resolución por el operador en el lugar de trabajo
- Una operación esbelta, que maneja pocos inventarios y lotes, enfoque en la calidad del producto y un enfoque en la prevención más que en la detección y corrección
- Alto compromiso en todo nivel de la organización
- Relaciones cercanas a lo largo de toda la cadena de suministro

2.2 Métodos y Herramientas

Como se describió en la sección 2.1, una implantación depende de 2 factores importantes, el factor humano y el uso adecuado de herramientas y métodos, tanto para la fase de medición y análisis, que de no utilizar las herramientas apropiadas, se corre el riesgo de invisibilizar un desperdicio o una oportunidad grande, como para la fase de mejora, que de no ocupar los métodos correctos se puede correr el riesgo de aumentar la resistencia al cambio, haciendo la implantación más difícil y confusa para todos los relacionados.

A continuación, se describirán conceptos de diferentes herramientas y métodos a modo de introducción ya que estas herramientas son las que van a ir siendo aplicadas e implementadas en cada fase de este plan de mejora.

2.2.1 Indicadores

En la etapa de definición del plan, es necesario encontrar una medida que permita contrastar los diferentes estudios y parámetros, para esto se utilizaran los indicadores de desempeño de procesos que se centran en la tarea estudiada a diferencia de un indicador estratégico, que habla de otros aspectos. Los indicadores más utilizados en la industria de los productos de consumo masivo son:

- Capacidad
- Tiempo
- OAE
- Service Level

La Capacidad está directamente relacionada con la cantidad de productos que la línea es capaz de entregar con respecto a un determinado periodo de tiempo (Heizer & Render, 2007). El tiempo base (t_{base}) representa la cantidad total de horas que existen en el marco del indicador, en el caso de un mes hay 720 horas, pero de este tiempo no se puede ocupar todas la horas ya que existen actividades que no pueden ser negadas o postergadas, estos tiempos se clasifican como tiempo de no operación ($t_{shutdown}$):

- No hay ordenes de producción por rotación de turnos
- Colaciones legales
- Planta cerrada por feriados legales
- Reuniones o Pruebas por departamentos
- No hay órdenes de producción por falta de materiales

Por lo tanto, el tiempo disponible (t_{disp}) con el que cuenta la empresa para operar es el tiempo base (t_{base}) menos el tiempo de no operación ($t_{shutdown}$), lo anterior se presenta en la ecuación (1).

$$t_{disp} = t_{base} - t_{shutdown} \quad (1)$$

Por lo tanto, la empresa puede determinar su capacidad proyectada en base al tiempo disponible que posee y la velocidad del proceso o línea que se seleccione para el estudio, lo anterior se representa en la ecuación (2). Es de esta capacidad proyectada que la empresa obtiene el indicador de OAE (ecuación (3)), pues a ellos les interesa obtener la máxima cantidad teorica de productos (Maximizar la disponibilidad) que puede dar la línea funcionando en sus capacidades ideales, por lo que la OAE es la relación entre la producción real obtenida y la capacidad máxima de la línea.

$$Capacidad\ efectiva = v_{teorica} * t_{disp} \quad (2)$$

$$OAE = \frac{Produccion\ real}{Capacidad\ proyectada} = \frac{Produccion\ real}{v_{teorica} * t_{disp}} \quad (3)$$

Otro indicador de alta difusión en la industria de productos masivos es el OEE, el cual considera los factores Disponibilidad, Desempeño y Calidad para lograr una ponderación mas completa del proceso productivo (Borris, 2006), pero se decide utilizar el OAE debido a que este ya se encuentra en aplicación en la empresa, lo que disminuye la resistencia al cambio en todo nivel de la organización ya que permite utilizar el mismo lenguaje a lo largo del desarrollo del trabajo.

Además del indicador de OAE, existe otro indicador con alta difusión en la planta de envasado, el Target Setting (TG), presentado en la ecuación (4), indica la cantidad esperada de productos terminados descontando los tiempos de paros planeados (t_{pp}) como lo son los cambios de formato, mantenciones, entre otras detenciones planificadas (Tabla 2.1). Por lo tanto, el Target Setting de la línea de envasado se calcularía de la siguiente forma:

$$TG = v_{linea} * (t_{disponible} - t_{pp}) \quad (4)$$

De esta forma la comparación entre el OAE y el Target Setting en términos de que descuenta tiempo a cada uno se puede ver en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Comparación de instancias que afectan al Target Setting y al OAE.

		Target Setting	OAE
Shutdown	No hay orden de producción por rotación de turnos	No impacta	No impacta
	Cierre por Feriados, Días no laborales y restricciones legales	No impacta	No impacta

	Reuniones o Pruebas	No impacta	No impacta
	No hay orden de producción por falta de materiales	No impacta	No impacta
Paro Planeado	Cambio de formato	No impacta	Impacta
	Velocidad Reducida	No impacta	Impacta
	Cambio de materiales	No impacta	Impacta
	Cambio de Estanques	No impacta	Impacta
	Limpiezas	No impacta	Impacta
	Mantenimiento	No impacta	Impacta
Paro no Planeado	Ajuste fuera cambio de formato	Impacta	Impacta
	Fallas	Impacta	Impacta
	Averías	Impacta	Impacta
	Falta de materiales	Impacta	Impacta

Otro indicador, del cual es responsable el área de planificación, es el Nivel de servicio (ecuación (5)) (o *Service Level*) en donde de acuerdo con las demandas actuales y proyectadas para la línea se establece una meta diaria de producción, esto con el fin de saber cuan atrasado o adelantado se está en cuanto a la demanda. El cálculo de este indicador se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Service Level} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(\text{Produccion Diaria})_i}{(\text{Meta Diaria})_i}}{n} \quad (5)$$

En donde i representa la acumulación porcentual diaria de las metas, y n es la cantidad de días variando el mes.

- Producción Diaria: es la cantidad de productos producidos por la línea de envasado de estudio
- Meta diaria de Producción¹: es el objetivo de producción que determina el área de planificación dependiendo de las demandas actuales y los pronósticos de la demanda futura

¹ Meta diaria de producción: Es un número que determina el área de planificación; no se tiene acceso a esta información ni a la forma de cálculo.

Es importante destacar que este indicador puede ser superior a 1 debido a que, dependiendo de las condiciones de la línea, esta puede superar el objetivo de planificación ya que este no considera las velocidades de producción de la línea.

2.2.2 Herramientas para el Diagnóstico

En la fase de diagnóstico (definición y medición), como se describió anteriormente es imperante ocupar las herramientas e indicadores correctos que permitan encontrar los diferentes desperdicios que define la filosofía Lean u oportunidades de mejora en las diferentes áreas que estén dentro del alcance del plan/proyecto. Para este estudio se van a utilizar variadas herramientas, como herramientas del control de proceso Six Sigma que permitirán cuantificar la variabilidad de estos, o herramientas que estudian los procesos desde otro ángulo, como los Diagramas de Ishikawa, de Spaghetti o matrices comparativas.

Una de las primeras herramientas a utilizar en este diagnóstico Lean es el Mapeo del flujo de valor del producto, este mapa requiere un trazado del producto desde su salida del proveedor a través de toda la transformación del producto en la empresa hasta que está en las manos del cliente; y a través de ese mapa, definir que etapas realmente está añadiendo valor, o en cuales se están perdiendo recursos innecesariamente; lo anterior se puede ver en la Figura 2.3.

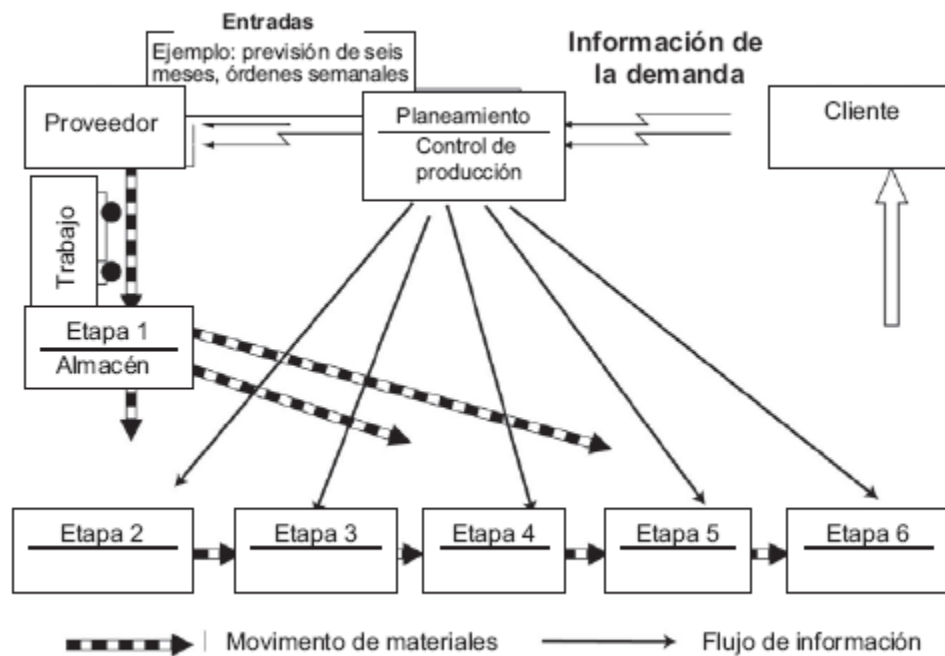


Figura 2.3: VSM tradicional. (George, 2010)

Una vez identificado el valor en las etapas respectivas corresponde realizar el diagnóstico de los procesos más relevantes con respecto al alcance definido al inicio del proyecto, cada proceso va a ser estudiado a profundidad de manera tal de poder identificar todas las oportunidades que se puedan convertir en beneficios para la línea; luego, estas oportunidades se analizarán en torno a los principales tipos de recursos utilizados para su desarrollo en torno al producto (Santos, Wysk, & Torres, 2006), estos tipos de recursos son:

- Materiales
- Personas
- Máquinas
- Métodos
- Energía
- Productos

En este trabajo no se va a medir el recurso energía debido a que no es parte del foco del trabajo; lo que se espera obtener con este análisis es encontrar diferentes oportunidades en cada proceso siguiendo una estructura como la de la Figura 2.4.

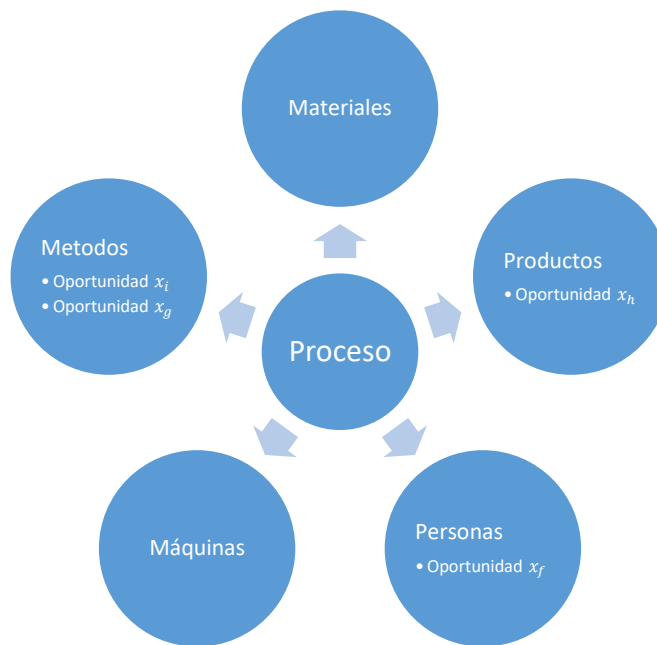


Figura 2.4: Bosquejo de oportunidades clasificadas en un proceso

Para identificar cada oportunidad es necesario utilizar herramientas de diagnóstico apropiadas que permitan levantar la información necesaria, como puede ser desde el análisis estadístico de la variación

del peso en la máquina, hasta la medición de la distancia recorrida por el operador durante una tarea. A continuación, se presenta un set de herramientas que se utilizarán a lo largo del trabajo:

- **Caminatas Gemba (Gemba Walk):** más que una herramienta específica, las caminatas Gemba Walk consiste en una predisposición a entender que los problemas que se tratan de resolver no se encuentran en la oficina o en los indicadores, si no que en el ShopFloor (Lugar de trabajo), es por esto que integrar estas prácticas en las fases de Medición y Análisis es importante ya que permiten presenciar cómo se presentan los problema y que acciones se realizan para arreglar y/o prevenir dicho problema. Es importante que esta actividad la realice todo el equipo asignado a la mejora ya que esto permite tener una mirada multi disciplinaria y evita el sesgo profesional. Parte importante también de las Gemba Walk consiste en interactuar con los operadores para entender su punto de vista de cuáles son los problemas presentes y que ideas o soluciones ellos tienen en mente (Shook & Marchwinski, 2014).
- **Ohno Circle:** esta es una técnica que se hizo conocida por Taiichi Ohno en Toyota la cual consiste la observación permanente de la zona de trabajo. Lo que busca desarrollar esto es el entendimiento profundo de cómo funciona dicho proceso y como se desarrollan ciertos problemas identificados (Nakane & Hall, 2002). Esta metodología posee diferentes niveles dependiendo de lo que se quiere lograr.
 - Recorrer el proceso
 - Observar ciclos repetitivos del proceso
 - Observaciones prolongadas del turno
- **Hoja de Verificación:** Las hojas de verificación son una planilla de control que permite medir el proceso de acuerdo a como se estructure esta planilla, se puede medir un proceso de acuerdo a una escala que permita determinar la tendencia del parámetro de control, de manera similar a un estudio de control estadístico de proceso; también se puede analizar la frecuencia de un parámetro (Gutiérrez, 2010), como pueden ser las detenciones (ver Figura 2.5) o una medición de chequeo que determina si es que está presente o no la variable de control:
 - Microparos
 - Detenciones mayores
 - Falla
 - Ajuste
 - Formato
 - Clasificados por cuan serio, seguido, y cuan fáciles de detectar son

Medición de Microparadas

Fecha: _____ Equipo: PESTER Línea: DEO

Formato: ☒ Neruda ☐ Barra Libre H ☐ Barra Libre M

	08:00 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00
Microparo	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Ajuste pinza								
Sobrecalentamiento motor								
Atasco zapato								
Pinza no agarra								

Formato: ☐ Neruda ☐ Barra Libre H ☐ Barra Libre M

	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00
Microparo	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Ajuste pinza								
Sobrecalentamiento motor								
Atasco zapato								
Pinza no agarra								

Formato: ☐ Neruda ☐ Barra Libre H ☐ Barra Libre M

	00:00 - 01:00	01:00 - 02:00	02:00 - 03:00	03:00 - 04:00	04:00 - 05:00	05:00 - 06:00	06:00 - 07:00	07:00 - 08:00
Microparo	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Ajuste pinza								
Sobrecalentamiento motor								
Atasco zapato								
Pinza no agarra								

Comentarios (Ejemplo: La solución demoró más de lo planeado? Cambio de Ficha? etc):

16hrs: Se colocó filtro a la salida del filtro

Intervención mantención		
¿Qué?	¿Cuándo?	¿Quién?
0 Ej: Empujador zapatos	Ej: 9:10 am	Ej: Claudio Aguilera
1		
2		
3		
4		

Figura 2.5: Ejemplo de Hoja de Verificación para detenciones.

- **Diagrama o Mapeo de flujo:** Es una representación gráfica de todas las actividades realizadas durante un proceso, el cual puede abarcar distintos niveles de detalle dependiendo del fin, para la realización de un VSM este puede dictar un proceso a un nivel general; pero cuando se está realizando el análisis de un problema específico, es necesario realizar este diagrama con el mayor nivel de detalle de manera que se pueda obtener con precisión qué actividades o especificaciones afectan en el valor del producto (Gutiérrez, 2010).
- **5W+2H:** Esta es una metodología de diagnóstico que permite identificar claramente el problema, pero no así la solución, lo que permite focalizarse directamente la detección de causas (Hernández & Vizán, 2013), esta metodología trata de responder 7 preguntas que son características de un problema.
 - **¿Qué?:** Se trata de describir brevemente el problema detectado
 - **¿Cuándo?:** Se trata de identificar el momento, hora, día, actividad o proceso en el cual se presenta el problema
 - **¿Dónde?:** En esta pregunta se define el lugar en cuestión en donde se identifica el problema
 - **¿Quién?:** Se intenta describir quienes son los involucrados en la ocurrencia del problema
 - **¿Por qué?:** Porque esto es un problema

- **¿Cómo?:** Cuales son los modos de falla presentes en el problema, como se diferencian de la normalidad
- **¿Cuánto?:** Responde a la cuantificación del problema.

2.2.3 Herramientas de análisis

Una vez finalizada la etapa de medición del proceso y la posterior identificación de oportunidades a trabajar, es importante realizar un análisis completo en búsqueda de las posibles causas raíces, de manera de poder proponer soluciones que eviten el resurgimiento del problema, es por esto que para la fase de análisis se van a utilizar las siguientes herramientas:

- **Diagrama Jack Knife:** El diagrama Jack Knife es una diagrama de dispersión que relaciona la frecuencia de detenciones de un problema y su tiempo medio de reparación (MTTR), esta comparación permite distinguir entre problemas que tienen impacto de una manera crónica pero de rápida solución o un problema agudo que tiene baja ocurrencia (Seecharan, Labib, & Jardine, 2018), el beneficio que aporta este diagrama en conjunto el diagrama de Pareto es la información que se obtiene dentro de la falla, ya que el diagrama Jack Knife permite obtener información del comportamiento de la falla. Dentro del diagrama se espera obtener curvas iso-criticas hiperbólicas lo que dificulta su procesamiento, por lo tanto, se propone linealizar el grafico utilizando una conversión logarítmica de base 10 tanto a la frecuencia como el tiempo medio de reparación.
- **Diagrama 5 porqué:** El diagrama 5 porqué es una herramienta de análisis que se utiliza para estudiar un problema a modo de determinar las causas raíces del problema, este método está basado en la exploración de las relaciones causa-efecto de cada problema, debido a que la exploración de relaciones causales está ligado al conocimiento de la persona que lo realiza, es importante realizar este tipo de análisis con un equipo multi disciplinario de manera de no sesgar los resultados encontrados (Borris, 2006).
- **Diagrama Causa-Efecto:** El diagrama de causa y efecto o Diagrama de Ishikawa se utiliza cuando dentro del estudio se identifica un problema que no es simple (directa) en su identificación del problema, sino más bien, es un problema multi-factorial (Gutiérrez, 2010); por lo mismo existen diferentes tipos de clasificaciones para realizar este diagrama en donde las más utilizadas son:
 - Método de las 6M
 - Método de flujo del proceso

- Método de estratificación de causas
- **Diagrama de Pareto de los modos de falla:** La principal premisa de esta herramienta es que gran parte de las pérdidas en un proceso se deben a un par de causas, las cuales son comunes y conocidas; este supuesto también se conoce con la regla del 80-20, donde el 80% de los problemas o modos de falla se explican por 20% de las diferentes causas posibles (Allen, 2006). Bajo esta premisa es que se comienza a estudiar un proceso/línea/empresa y se empiezan a clasificar los diferentes modos de falla; una falla en el proceso es cualquier razón por la cual el proceso genera un producto fuera de los valores estándares, y luego estos modos de falla se clasifican de manera apilada en un gráfico de barras, lo que se espera ver en este gráfico es que un par de modos tengan considerablemente mayor frecuencia que los otros, de esta manera es posible priorizar los esfuerzos y recursos disponibles de mejora en los modos que generaran mayor ganancia en el proceso.

Cuando se utilizan diagramas de Pareto para tomar decisiones, como por ejemplo cual es el modo de falla más frecuente en una línea, se recomienda realizar un diagrama de Pareto de 2^{do} nivel; en el cual, dentro del modo de falla más frecuente anterior, se van a clasificar las diferentes causas de dichos modos de falla buscando el más frecuente, esperando ver una tendencia similar de Pareto; lo anterior aplica de igual manera para un diagrama de Pareto de 3^{er}.

- Clasificados en los procesos
- Clasificación por formato
- Clasificados en tipo de falla

2.2.4 Herramientas/métodos para la implementación

Una vez finalizado el análisis de las causas raíces, es necesario realizar diferentes propuestas para la creación de soluciones que atiendan los diferentes niveles del problema. Para esto, las herramientas más utilizadas son:

- **Estandarización y Documentación:** la estandarización es una herramienta clave de la filosofía Lean, que tiene como objetivo reducir los costos de la empresa al asegurarse de que la variabilidad de los procesos se reduzca, mejora la comunicación, los problemas se visibilizan de mejor manera, etc. Para lograr esto la estandarización de procesos, actividades, tareas debe concentrarse en los siguientes factores para ser efectiva:
 - Documentación breve, solo debe poseer la información importante de lo que se describe
 - Pensado en la visualización rápida

- Entregar un mensaje claro
- Entregar un método de control de la estandarización (parámetros, referencias, imágenes)
- **Cambio rápido de piezas (SMED):** esta es una metodología centrada en lograr la reducción de los tiempos de preparación para los equipos. Esta metodología se basa en el estudio detallado del proceso de cambio con el fin de detectar diferentes mudas a lo largo del desarrollo para eliminar fuentes de errores, tiempos muertos, pasos adicionales, ajustes repetidos. A continuación, se utiliza la siguiente estructura que ayudara al diseño del estudio SMED (Shingo, 1989):
 1. **Descripción de las actividades y procesos desarrollados:** En esta fase se realiza una descripción detallada del proceso en donde a cada actividad se le indica si aporta valor al proceso y si es un tipo de actividad interna (requiere la detención del equipo) o una actividad externa (no requiere la detención de la línea)
 2. **Separación de actividades internas y externas:** Luego, es necesario una reestructuración del procedimiento de manera de juntar todas las actividades internas entre ellas y dejar las actividades externas en otro bloque.
 3. **Conversión de actividades internas en externas:** uno de los pasos más importantes durante la implementación de este método consiste en lograr que actividades internas se puedan transformar en actividades externas, de manera de buscar la reducción del tiempo de detención
 4. **Mejoramiento de los elementos internos y externos:** Cuando se llega al punto del método en donde la modificación de actividades internas a externas se dificulta es necesario realizar una modificación mayor de las actividades
- **Autonomación (Jidoka):** Este concepto se ubica en un nivel alto de la estructura TPS y en esta metodología entran todas las actividades o herramientas implementadas que tienen como función alejar al operador de la realización del proceso y que este se transforme más en un controlador del proceso más que el proceso lo controle a él (Santos, Wysk, & Torres, 2006). Esto se logra a través de diferentes formas, pero la base consiste en lograr que la máquina pueda funcionar sin la necesidad de un operador, y cuando algo falle, la máquina sea capaz de detectar y notificar el problema. Los principales beneficios asociados a la implementación de este método son:
 1. Se minimiza la baja calidad del producto al automatizar el equipo
 2. Se agrega un juicio humano a la detección de problemas
 3. Se le brinda al operador responsabilidad y autoridad en la detención de la producción
 4. Se evita el esparcimiento de malas prácticas

- **5S:** esta es una herramienta centrada en la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza que tiene como objetivo es el de aumentar la productividad a través de la eliminación de desperdicios de movimiento y la mejora del flujo de personas y materiales (Hernández & Vizán, 2013). Esta herramienta se basa en los siguientes 5 principios:

 1. **Eliminación:** Consiste en retirar de la zona de implementación cualquier objeto que no pertenezca a la línea, que esté defectuoso o que no aporte al proceso. De esta manera el espacio de trabajo comienza a despejarse
 2. **Clasificación:** Luego de eliminar todos los objetos que no pertenezcan al proceso o zona es necesario determinar su ubicación fomentando la facilidad de búsqueda y el retorno a su posición, en donde se considera la frecuencia de uso del objeto, la seguridad o calidad.
 3. **Limpieza:** En esta fase de la implementación es necesario identificar las fuentes de contaminación o suciedad que surgen en el proceso y generar formas de controlar o eliminar dichas fuentes de contaminación. Además, la aplicación de esta fase facilita mucho la detección de problemas al eliminar cualquier factor que distraiga el diagnóstico.
 4. **Estandarización:** Una vez se consigue un espacio de trabajo ordenado y limpio es necesario crear las herramientas de control que permitan mantener los beneficios obtenidos de este trabajo.
 5. **Sostenibilidad:** La sostenibilidad habla de cómo se puede traducir los conceptos anteriores a hábitos de las personas de manera que este cambio perdure en el tiempo, esta tarea debe ser apoyada por todos los miembros de la organización a través de la auto auditoria y la gestión visual.
- **Capacitaciones y Formación de personas:** Uno de los aspectos más relevantes en la mejora continua y en la Filosofía Lean son las personas ya que a fin de cuentas estas son los principales actores en la utilización de recursos como los materiales, métodos, maquinas o productos (Figura 2.4), es por esto que en la gestión del cambio y en la implementación de propuestas ellos deben ser el foco del cambio. Con respecto a la gestión del cambio existen diferentes modelos en donde destaca el modelo de Kotter (8 pasos para el cambio), el modelo ADKAR o el modelo de Lewin, tras una breve comparación de los tres modelos (ver Figura 2.6) se determina que el modelo de cambio ADKAR es más apropiado en casos que se necesite hacer cambios más acotados en el tiempo o para proyecto más concretos que se requiera flexibilidad en el cambio, mejora de las

habilidades individuales de las personas o que dependan de generar la motivación personal (AlManei, Salonitis, & Tsinopoulos, 2018).

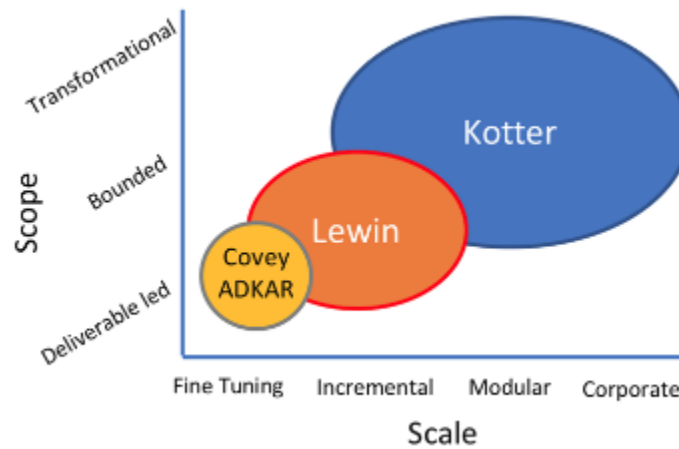


Figura 2.6: Enfoque del cambio vs el tamaño del proyecto. (AlManei, Salonitis, & Tsinopoulos, 2018)

La metodología propuesta consiste en los siguientes pasos para conseguir el cambio:

1. Crear el sentido de urgencia o de cambio
2. Crear el deseo del cambio en el otro a través de la comunicación efectiva de los resultados esperados
3. Desarrollar nuevos conocimientos, técnicas, métodos, herramientas, etc. que estén relacionados al cambio que se desea proponer
4. Practicar e interiorizar las nuevas habilidades a través de entrenamientos, practicas u otro método que permita poner en acción lo aprendido
5. Reforzar los nuevos métodos y aprender de los errores pasados para la nueva iteración.

3 Diagnóstico

Como se mencionó en la introducción y a lo largo del desarrollo del marco teórico, el trabajo está centrado en proponer un plan de mejora de la productividad para una línea de envasado, para esto es necesario definir la línea más relevante para la aplicación del plan y en conjunto a esto definir el alcance que va a tener; adicionalmente es necesario describir la organización en la cual se va a realizar el trabajo para luego crear un equipo multidisciplinario que va a ir acompañando en la fase de implementación y control.

Además de lo anterior se va a estudiar el flujo de valor del producto, que sistemas de mejora continua existen actualmente, que producto es el que se trabaja en estos procesos de manera de comprender a cabalidad el proceso y el contexto que envuelve a la línea de envasado. Luego del estudio se van a caracterizar las oportunidades identificadas para luego medir su comportamiento y comprender el impacto que tienen sobre la línea de envasado.

3.1 Antecedentes Generales

La empresa en donde se va a desarrollar el presente trabajo corresponde a una empresa líder en el mercado de los productos cosmetológicos y dermatológicos con más de 130 años de historia. Tiene su origen en Hamburgo, Alemania que es donde se encuentra la Casa Matriz, que también es en donde se desarrollan las principales investigaciones de nuevos productos y tecnologías.

La planta de Chile se dedica a trabajar cinco de las marcas más importantes de la empresa abarcando tanto el mercado nacional como internacional al ser la responsable de la distribución a países como Estados Unidos y Canadá en América y gran parte del Sudeste Asiático. La planta ubicada en el sector industrial de la comuna de Maipú cuenta con aproximadamente 20.000 [m²] en los cuales cerca de 300 personas son las responsables de realizar los procesos de producción y distribución de los productos.

La figura legal de la compañía se reparte en dos empresas diferentes, siendo una encargada de la distribución y comercialización de los productos y la otra, la planta productiva que es en donde se realiza la fabricación del producto. Es esta estructura la que fomenta una competencia entre diferentes plantas productivas por el mercado, ya que los centros de distribución deben encargarse de llevar el producto al cliente al menor costo, sin importar el país de origen.

La planta productiva de Chile se dedica a la fabricación del producto en grandes cantidades, generalmente en lotes de 800-1200 [kg] dependiendo del producto, para luego pasar a una de las 9 líneas de envasado que posee el área de envasado, estas líneas se diferencian principalmente en la tecnología y volúmenes

utilizados para envasar, en donde se pueden encontrar máquinas de dosificación a alta temperatura como máquinas dedicadas a productos a temperatura ambiente. Con respecto al volumen existen líneas que procesan productos con un peso neto de 50 [gr] hasta líneas que trabajan envasando productos con un peso neto de 950 [gr], lo que implica el uso de tecnologías completamente diferentes.

3.1.1 Organización

Es importante entender bien la estructura de la empresa en donde se va a desarrollar el trabajo, esto debido a que dependiendo del tipo estructura (mayor o menor verticalidad) puede afectar la toma de decisiones para determinar que mejora implementar, dicho lo anterior, la empresa tiene una organización tradicional, del tipo multidivisional (Ahmady, Mehrpour, & Nikooravesh, 2016) lo que permite elevar las solicitudes de mejoras rápidamente a través de la organización sin involucrar en todo al Director de Planta, Figura 3.1.

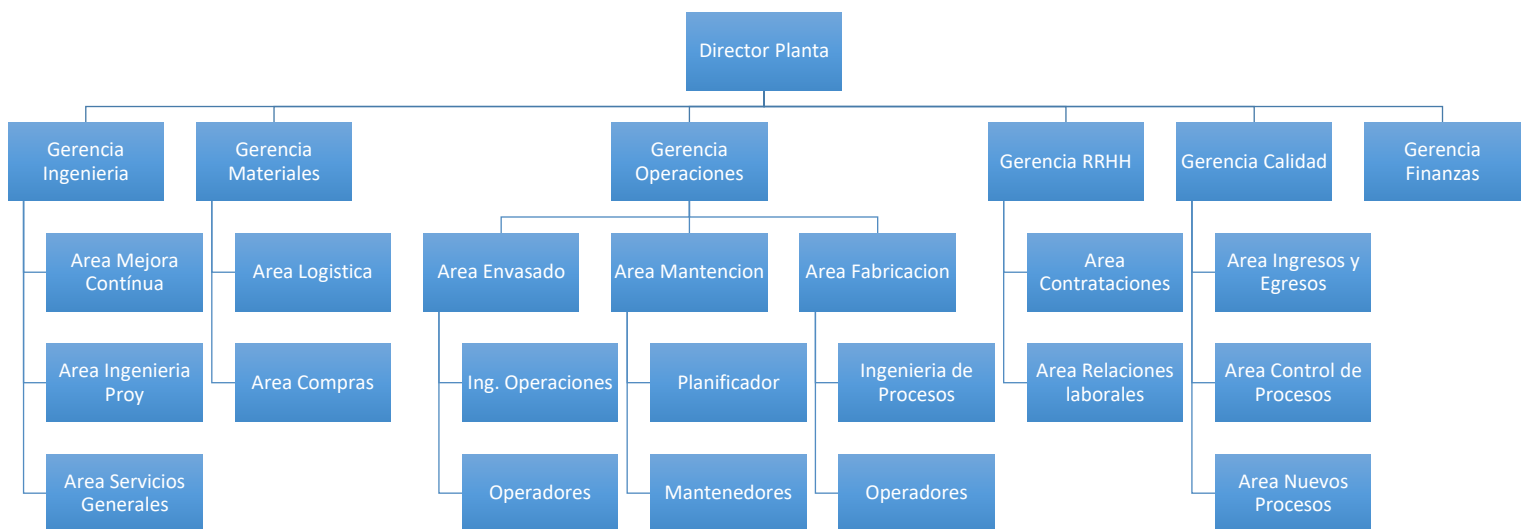


Figura 3.1: Organigrama del área de producción.

En esta organización, el Ingeniero de Operaciones del Área de Envasado, está a cargo de 3 líneas en donde es el responsable de coordinar todos los equipos (Logística, Compras, Calidad, Ingeniería, Mantenimiento y Operadores) en pos de lograr las metas propuestas. Para esto se genera una sub estructura dentro de la línea con diferentes cargos y objetivos en donde el Maquinista de cada turno es el encargado de operar y ajustar las diferentes máquinas envueltas en los procesos de envasado, la Coordinadora es la

encargada de la logística tanto de materiales como de recursos humanos en términos de cantidad requerida para la operación como la disposición de las personas en la línea, mientras que los operadores son personas con una menor responsabilidad en la línea, en donde se dedican a alimentar los procesos, o realizar controles de calidad; lo anterior se puede ver en la Figura 3.2

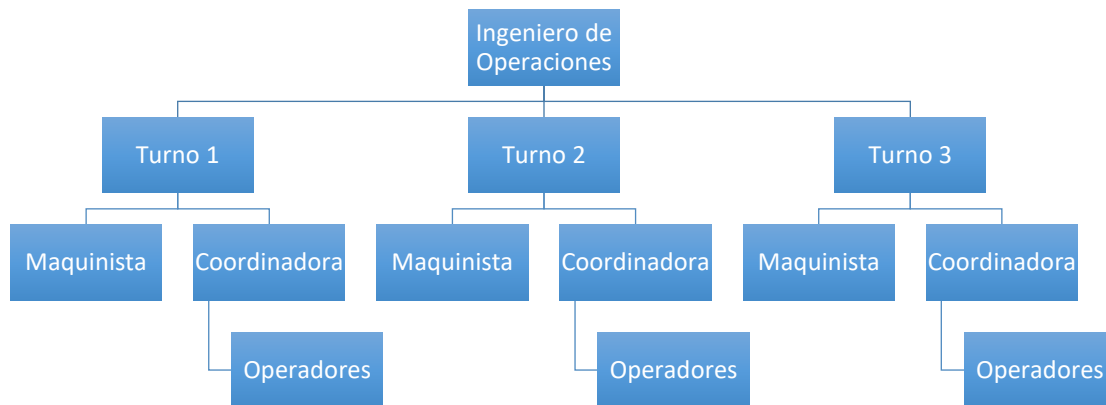


Figura 3.2: Estructura de la organización dentro de los turnos.

Para poder lograr una implementación efectiva y que pueda perdurar en el tiempo de un plan de mejora de la productividad, se requiere de un equipo multidisciplinario, tanto para la fase de medición y análisis en la determinación de modos de fallas y análisis multicausal como para la fase de implementación de las mejoras y su posterior control. Es por esto que se propone a la dirección de la empresa constituir un equipo con personal interno de la orgánica de manera que al finalizar la implementación del plan, este equipo pueda controlar la sostenibilidad de estas. El equipo está constituido por:

- Gerente de Operaciones (Patrocinador)
- Ingeniero de Procesos y Mejora continua
- Ingeniero de Operaciones
- Mantenedor
- Ingeniero de Calidad
- Planificador de materiales
- Operadores

3.1.2 Marco estratégico de Producción

Los principales valores por lo que se rige la compañía para lograr destacar por sobre la competencia son:

- Seguridad
- Calidad
- Productividad

En donde la seguridad mas allá de ser un indicador de accidentabilidad, pasa a ser un valor que se persigue constantemente a través de Gemba Walks dedicadas al aspecto de seguridad como también reportes de cuasi-accidente con el fin de eliminar los factores que propician el riesgo en la operación.

El valor de la calidad habla principalmente del producto que se busca vender al cliente final, pero los requerimientos de este tienen impacto a lo largo de toda la cadena y no solo en el producto, sino que también tiene impacto en las personas y la metodología de trabajo que se desarrolla la planta.

Por último, valor de la productividad de la empresa que busca evaluar el grado de cumplimiento de las actividades planificadas con respecto a los recursos disponibles, esto en el área de envasado se refleja en la cantidad de unidades procesadas con respecto al tiempo total disponible (Ecuación 3). Debido a que la principal problemática identificada en el área de envasado está asociado a la productividad, se va a utilizar esta valor y por ende su indicador como crítico para el desarrollo del plan de mejora

3.1.3 Sistema de Mejora

También es importante saber qué sistema de mejora continua utiliza la empresa para llevar el control de indicadores y sus proyectos, esto con el fin de definir con que herramientas cuenta la empresa y cuál es su postura frente a los cambios. Como muchas empresas, esta empresa utiliza una variación del Sistema de Producción de Toyota (*TPS: Toyota Production System*) en donde realizan modificaciones con tal de moldear el sistema a su realidad empresarial; este sistema se centra principalmente en la parte táctica y operacional de cada área (ya sea el Área de Bodega, Fabricación, Envasado, Planificación, Calidad, etc.), definiendo un sistema de indicadores y procesos de control y planificación, que permiten saber cuál es el rendimiento de la operación que se está controlando.

Este sistema está construido de forma modular, donde diferentes departamentos lideran y controlan ciertos indicadores y procesos. El Departamento de Planificación es el responsable en el Área de Envasado de procesar la información de las demandas (órdenes de compra y demandas pronosticadas) para determinar la cantidad a fabricar, y en base a esto, determinar la tasa de producción necesaria día a día, de manera que se pueda cumplir con el plan de demandas. Este indicador se refleja a través de la Meta Diaria de producción con la cual luego se calcula el Nivel de Servicio (*Service Level*) de la línea.

De manera similar, el Departamento de Operaciones es responsable del módulo de control de producción, en el cual, en base a la planificación entregada, se crea un plan diario considerando las diferentes operaciones a realizar, dentro de las cuales, las más comunes son los lavados, cambios de ficha, cambios de formato de línea e intervenciones del Departamento de Mantenimiento, Ingeniería o Calidad. En base a los eventos del día, se designa el objetivo de producción (*Target Setting*); el cual no siempre coincide con la capacidad de diseño de la línea, esto debido a las detenciones planificadas que existen. Mediante el registro de información de actividades planificadas en una pizarra, el equipo tiene información de los principales impactos en el día, por ejemplo, un fallo con alguna máquina, atraso de algún material, etc.; para que luego el equipo pueda desarrollar actividades en pos de resolver los problemas del día a día en conjunto con mejoras en el largo plazo. Todo lo anterior, se refleja en la pizarra del líder de línea.

Además, para complementar la pizarra del líder de línea, está la pizarra de Gerencia, en la cual se manejan los principales indicadores de cada línea de manera de tener una visión global del comportamiento de la planta, los principales indicadores controlados en estas pizarras son:

- Target Setting
- Productos fabricados
- OAE del día
- Service Level acumulado del mes
- RFT²

En base a los resultados obtenidos por estos indicadores los mandos medios y altos son capaces de tomar decisiones de criticidad y foco en diferentes partes del proceso.

Una de las pizarras de control de corresponde la pizarra de Línea, en donde se tiene un sistema de control de 48 [hrs] subdividido por hora, en esta planificación se coloca el Target Setting por hora, luego el Target Setting acumulado del día, producción obtenida por hora y la producción obtenida por día; además en esta pizarra se comunica los diferentes Paros Planeados del día, y los operados dejan registros de las principales ineficiencias detectadas en cada hora (por ejemplo: Ajuste reiterado de un equipo, mantención

² Right first time: Este indicador analiza los lotes fabricados por la línea de envasado, y hace una relación entre los lotes fabricados sin ningún rechazo y el total de lotes fabricados, principalmente manejado por el departamento de calidad.

correctiva, falta de materiales, etc.); de esta manera se tiene un control minucioso sobre el proceso, ver Figura 3.3.

[illegible]

Figura 3.3: Pizarra de control de línea

La pizarra de control de indicadores en conjunto con las pizarras de control diario sirve como herramientas de control de proceso. El área de Ingeniería posee uno de los módulos más relevantes para la mejora continua que corresponde a la resolución de problemas crónicos que se va alimentando con la información recolectada en las pizarras anteriores además de necesitar de mediciones específicas para el problema. El diseño de esta pizarra (ver Figura 3.4) permite trazar una hoja de ruta para la resolución de problemas focalizándose en la mejora de un indicador apropiado para el estudio (OAE, frecuencia, RFT, desviación, etc.), esta pizarra considera los siguientes puntos:

- Descripción del problema
- Indicador de control de pérdida
- Meta esperada del indicador
- Fecha e indicador de inicio
- Fecha estimada del fin del proyecto
- Acciones relacionadas a resolver el problema, junto a sus responsables, fechas estimadas de finalización.
- Acciones y fechas para el control de la acción implementada

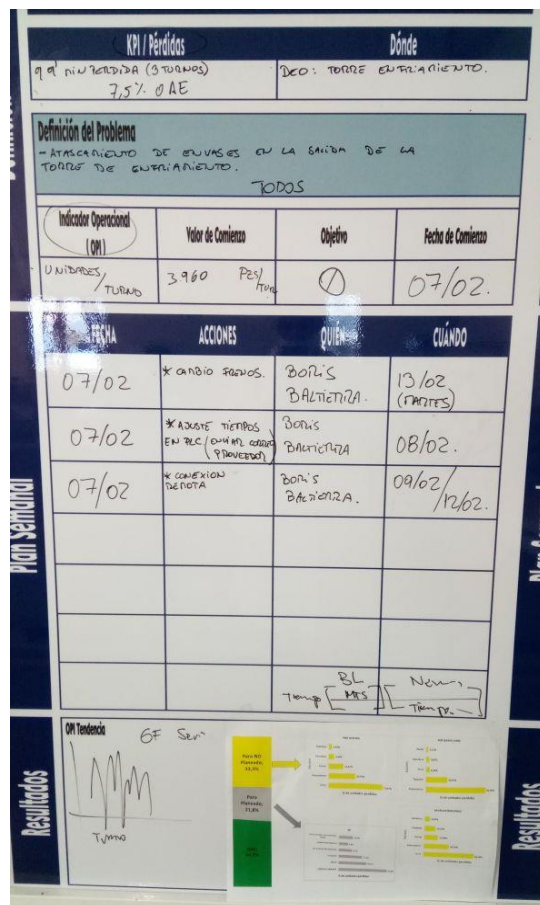


Figura 3.4: Pizarra de control de mejoras.

Cabe destacar que este módulo de resolución de problemas no es utilizado por los equipos de trabajo, por lo que los procesos de resolución se manejan por los departamentos independientemente designando un responsable para resolver el problema; debido a esto, es que no se utiliza ningún método sistemáticamente para la resolución de problemas. Parte de los factores que contribuyen a que a este módulo no se le realice seguimiento se relaciona con que no se han realizado talleres correspondientes, no se utilizan las herramientas de resolución de problemas y no se ha reforzado el trabajo en equipo ni liderazgos en estas materias, ya que el Departamento de Ingeniería, el cual debería ser responsable de llevar el control de este módulo no cuenta con las personas necesarias para llevar a cabo este tipo de control minucioso, la gerencia de Ingeniería cuenta con:

- 1 Gerente de Ingeniería y Mejora Continua
- 1 Ingeniero de Proyectos
- 1 Ingeniero de Servicios Generales
- 1 Ingeniero de Procesos

Esta baja cantidad de Ingenieros en el equipo no permite contar con personas dedicadas a las mejoras de procesos debido a la cantidad de líneas y de productos que se realizan en la planta.

3.1.4 Indicadores a utilizar

La operación dentro de la línea de envasado funciona 6 días a la semana durante todo el año (a excepción de instancias legales o internas), como se presentó en la Figura 3.2 la línea cuenta con 3 equipos diferentes que tienen turnos de 8 hrs, para de esta manera se asegura una continuidad de 24 hrs en la operación.

Debido a que el plan de mejora debe ser pensado a largo plazo, la escala de tiempo que se utilizará para la distribución de tiempo y para los indicadores será en meses, por lo que el tiempo base será de 720 hrs/mes y el tiempo de shutdown será de 222 hrs/mes, por lo tanto, el tiempo disponible es de 498 hrs/mes (1). Dado lo anterior se determina que el OAE del plan de mejora (basado en la ecuación 3) se calculara con la ecuación (6):

$$OAE = \frac{Produccion\ real}{v_{diseño} * 498 \frac{hrs}{mes}} \quad (6)$$

Por lo tanto, para calcular el OAE perdido por alguna oportunidad se utilizará el tiempo que toma una falla en ser reparada (MTTR), la frecuencia de la ocurrencia y la velocidad de funcionamiento de la línea, en este caso se asumirá que la velocidad de funcionamiento ($v_{línea}$) es igual a la de diseño ($v_{diseño}$), ya que esa es la velocidad esperada de la línea, este valor será contrastado con la Capacidad de diseño; lo anterior se refleja en la ecuación (7).

$$OAE\ Perdido = \frac{MTTR * Freq * v_{línea}}{498 \frac{hrs}{mes} * v_{diseño}} = \frac{MTTR * Freq}{498 \frac{Hrs}{mes}} \quad (7)$$

3.1.5 Selección de línea de envasado

En la empresa existen actualmente 9 líneas en el área de envasado, las cuales son variadas en sus volúmenes de producción esperados, en la Tabla 3.1 se presentan los volúmenes esperados entre los meses de Diciembre 2017 a Febrero 2018, con el fin de estimar cuales son los volúmenes promedio esperados para cada línea. Con esta información es posible determinar que líneas tiene mayor impacto en términos de volumen de productos fabricados en la compañía, destacando en este caso la línea Fillpack Líquido y la Línea Deostick ya que tienen valores similares de producción acumulando cerca del 50% del volumen total del área de envasado.

Tabla 3.1: Capacidad de Diseño de producción promedio y su volumen porcentual de productos fabricados. Basado en información interna de la empresa.

Líneas	17' Dic [unid.]	18' Ene [unid.]	18' Feb [unid.]	Average [unid.]	Desv. Std [unid.]	% Total
Fillpack Liq.	3.011.400	3.588.030	2.555.400	3.051.610	517.488	25,1%
Deostick	2.454.000	3.565.000	2.847.600	2.955.533	563.309	24,3%
Tema 500	1.891.200	1.733.400	1.810.800	1.811.800	78.905	14,9%
Fillpack Pote	1.244.700	1.279.800	1.477.800	1.334.100	125.679	11,0%
Fillpack Lata	1.645.200	1.442.520	874.572	1.320.764	399.481	10,8%
RFT	622.253	761.612	918.255	767.373	148.085	6,3%
Tema Manual	598.800	682.770	661.590	647.720	43.669	5,3%
Norden	291.840	215.414	354.000	287.085	69.415	2,4%

Además, esta información se complementa con la tendencia del OAE (entre Diciembre 2017 y Febrero 2018) de las líneas en la Tabla 3.2, en donde se puede ver que las líneas Fillpack Líquido y la línea Tema 500 presentan un promedio bajo cercanos al 36% de OAE en ambos casos.

Tabla 3.2: Niveles de utilización entre diciembre 2017 y febrero 2018. Basado en información interna de la empresa.

Líneas	17' Dic	18' Ene	18' Feb	Average	Desv. Std
Fillpack Liq.	32,0%	36,0%	39,0%	35,7%	3,5%
Tema 500	36,0%	38,0%	36,0%	36,7%	1,2%
Fillpack Pote	38,0%	44,0%	46,0%	42,7%	4,2%
Deostick	46,0%	45,0%	41,0%	43,0%	2,6%
Tema Manual	54,0%	45,0%	42,0%	47,0%	6,2%
RFT	49,0%	51,0%	55,0%	51,7%	3,1%
Norden	50,0%	51,0%	59,0%	53,3%	4,9%
Fillpack Lata	54,0%	71,0%	59,0%	61,3%	8,7%

De las dos tablas anteriores es posible destacar 2 líneas que tienen un fuerte impacto en términos de volumen esperado de producción y, aun así, poseen un nivel bajo de OAE; estas líneas son la Línea Fillpack Líquido (35,7% OAE y 25,1% del volumen total) y la Línea Deostick (43% OAE y 24,3% del volumen total de producción).

Ambas líneas son candidatas perfectas para la ejecución de un plan de mejora de la productividad, pero, existe un factor no cuantitativo que pondera a favor de la Línea Deostick, dado que los niveles de productividad son bajos en la planta de Chile, y este producto (Desodorantes en barra) solo se fabrica en

Chile y Alemania, Chile es responsable de distribuir este producto a gran parte de América y el Sudeste Asiático.

Tomando en cuenta lo anterior, existe una alta posibilidad por parte de Casa Matriz (Alemania) de retirar parte del volumen de este producto para que lo tome otra planta de Sudamérica; lo que implicaría que la planta ubicada en Chile perdería gran parte de sus ganancias financieras. Es debido a los factores mencionados anteriormente, que se decide realizar el plan de mejora de la productividad enfocada en la Línea Deostick.

3.1.6 Mapa de flujo de valor y alcance

Luego de entender concretamente la línea en la cual se va a desarrollar el plan de mejora y determinar el marco estratégico de la empresa con respecto al foco de la mejora, es que se comienza a estudiar el diagrama de valor que sigue la compañía, en la Figura 3.5 se observa el diagrama de valor del desodorante en barra que se procesa en la línea de envasado, el cual refleja que el producto de por si tiene un bajo nivel de valor agregado (2,26%) en comparación con los tiempos de traslado y almacenaje que existen en la planta. También es importante definir el alcance en el cual este trabajo puede impactar, dado que este trabajo se está realizando en conjunto con la Gerencia de Operaciones, específicamente el área de envasado, es que el alcance de las mejoras solo puede cubrir los procesos llevados por esta área, lo anterior se demarca con un recuadro en la Figura 3.6.

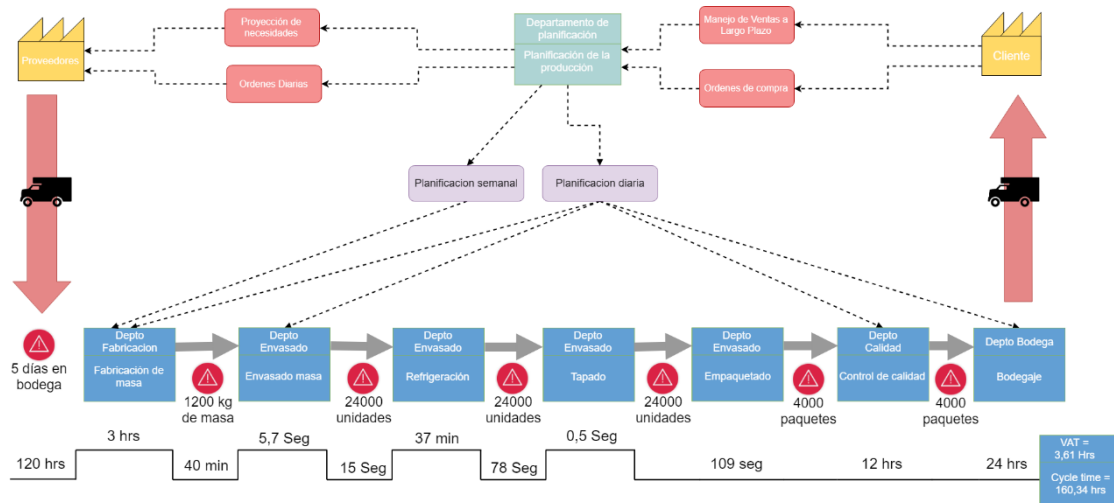


Figura 3.5: VSM general de un producto

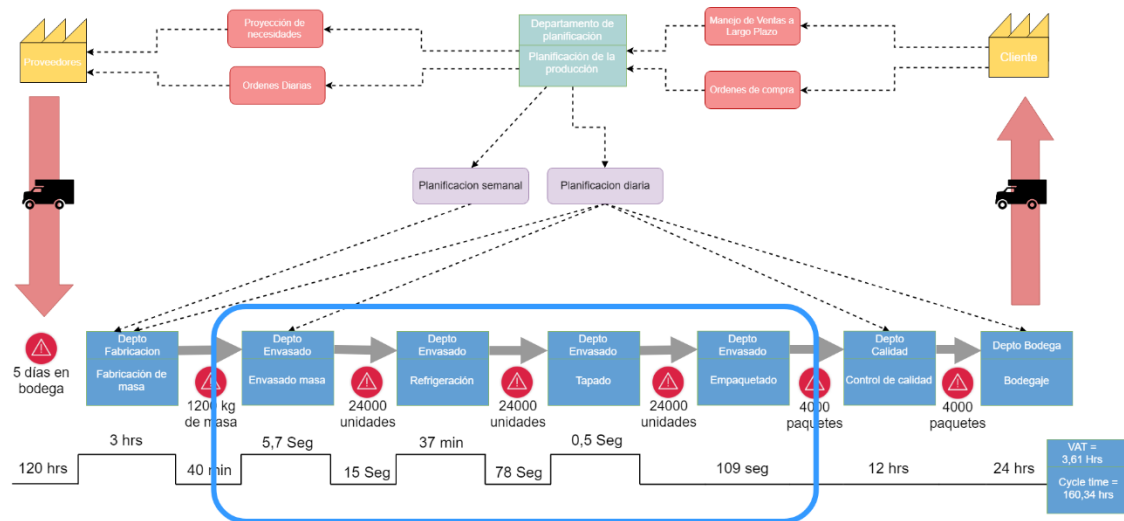


Figura 3.6: Alcance del proyecto representado en el VSM

3.1.7 Producto

El producto es el objeto físico que el cliente compra, en este caso, el desodorante en barra, pero para que este sea manufacturado de acuerdo con los requerimientos del cliente, se utilizan diferentes materias primas³ las cuales son utilizadas en diferentes procesos con el fin de generar dicho producto. En esta sección se va a analizar a cabalidad cada uno de los productos que se trabajan en la línea de envasado con el fin de comprender sus diferencias y similitudes; para esto, lo primero a definir es que compone el producto final, en este caso el desodorante en barra; a continuación se listan los componentes del producto:

1. Masa
2. Cartridge
3. Calota
4. Tapa superior
5. Inserto inferior
6. Etiqueta anversa
7. Etiqueta reversa

³ Materia Prima: Factor productivo que se utiliza en un sistema productivo con el propósito de ser transformado para lograr el producto final.

En esta línea de envasado, actualmente se trabajan 64 productos diferentes repartidos en 3 formatos diferentes de producto (Ver Figura 3.7) en donde la principal diferencia está en la forma del cartridge; ver Figura 3.8, pero esta variación en el tamaño del cartridge, trae consigo varias modificaciones, como la forma y cantidad de masa necesaria de inyectar al desodorante (llenado) o como el sellado del producto posterior a su llenado.

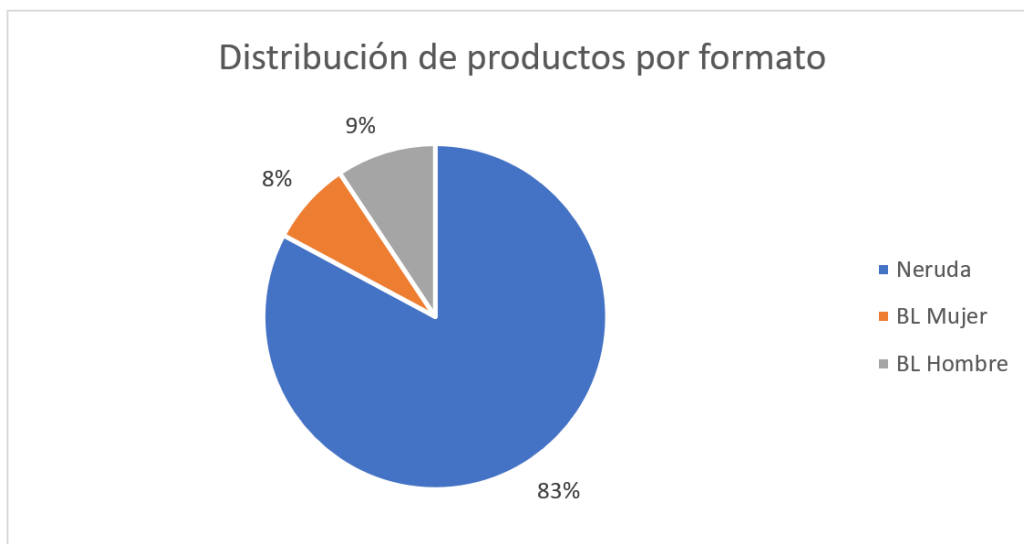


Figura 3.7: Distribución de productos en torno a los formatos.



Figura 3.8: Comparación de los 3 formatos de producto.

Dentro de los 3 formatos que existen actualmente, estos presentan una demanda variada, la que se puede ver en la Figura 3.9, en base a este gráfico se puede ver que existe una mayor demanda por el formato Neruda.

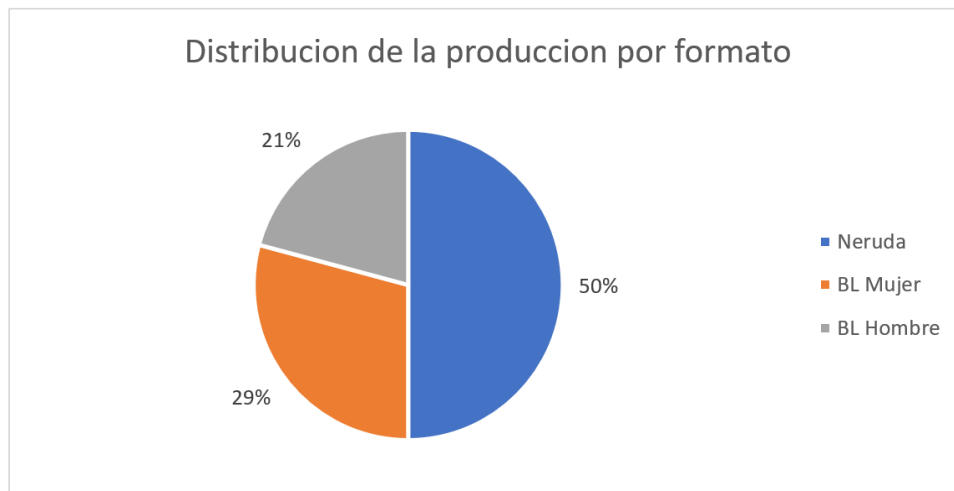


Figura 3.9: Gráfico con la Distribución de la demanda mensual.

Como se revisó anteriormente, esta línea trabaja con una gran gama de productos, pero dentro de esta gran variedad, existen varias materias primas que son compartidas, ver Figura 3.10; a diferencia de los insertos que son pocos para muchos productos; las etiquetas son individuales para cada producto dado que el idioma en cada una de ellas corresponde al del país de destino, este cambio sutil en la etiqueta puede presentar diferentes problemas para el proceso, desde agregar tiempos de preparación de línea para cambiar solamente de etiqueta, hasta problemas en bodega al confundir una etiqueta que a simple vista se ve igual, pero posee un idioma distinto. Además de la variación anterior en las etiquetas, estas pueden presentar otras diferencias para una misma gama de productos, como lo son las etiquetas dobles (85% de las etiquetas reversas de Neruda son dobles), que significa que son etiquetas plegadas de manera que se abren para mostrar más información, esta característica hace que la etiqueta posea un mayor espesor aumentado así la tensión requerida por el equipo. Por último, otra variante que poseen las etiquetas es que existen unas etiquetas transparentes que para lograr serlo deben cambiar el material de la etiqueta por uno más delgado (36% de las etiquetas anversas) lo que facilita la generación de pliegues o burbujas en la etiqueta.

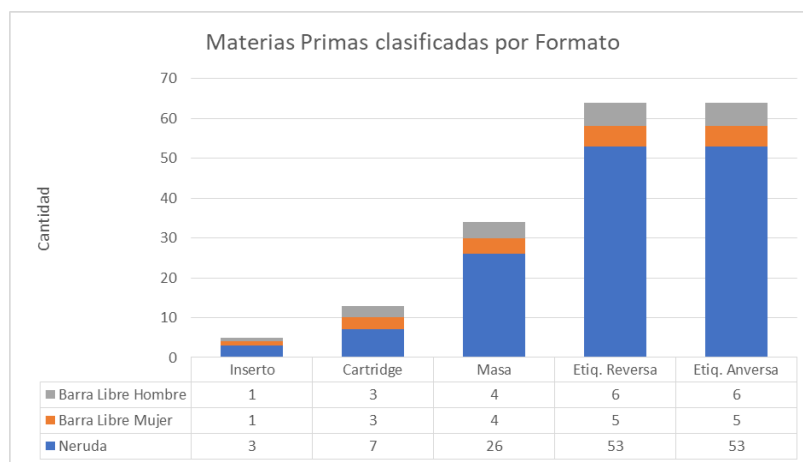


Figura 3.10: Cantidad de variantes materias primas

Como se puede ver en la Figura 3.10, otra de las materias primas que tiene hartas variantes es la masa que se utiliza, la masa es un conjunto de productos, entre ellos agua, ciclometicona y perfumes que al mezclarse en un reactor bajo ciertas condiciones generan el producto que en si define el producto final que desea el cliente, ya que la masa es la que posee las características dermatológicas como la anti-sudoración, el olor característico del producto, color, entre otras cualidades. Debido a que el mercado está en constante cambio, y el cliente cada vez requiere un producto más específico para sus necesidades es que actualmente la línea Deostick tiene 32 variantes de masa las cuales pueden presentar ligeras diferencias como el uso de un perfume de diferente aroma, hasta modificación más drásticas en donde la base del producto pasa a ser de un producto químico completamente diferente, ver Figura 3.11.

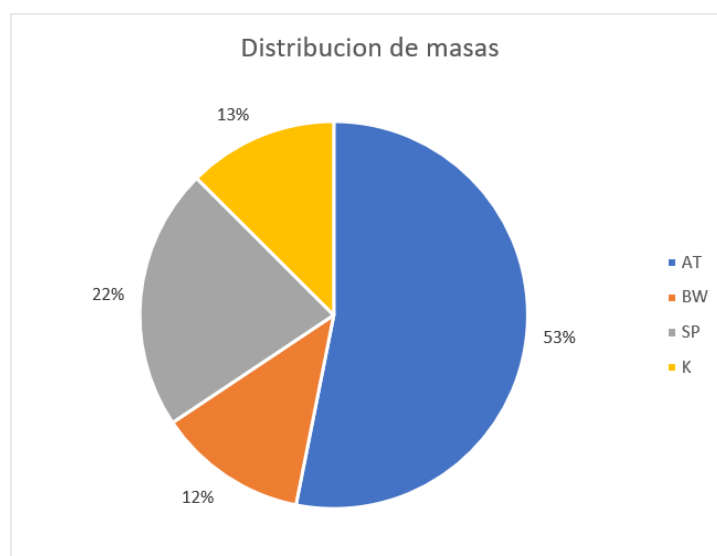


Figura 3.11: Gráfico con las diferentes variedades de masa estratificadas por componente principal. Basado en la Tabla 0.21.

Con respecto al envasado de la masa en el cartridge, cada formato de cartridge debe ser llenado con un peso determinado dado por el volumen disponible en el envase y por el empujador, el formato Neruda es el que posee una menor cantidad de masa utilizando 40 [gr] de masa por envase, mientras que los formatos Barra Libre Hombre y Barra Libre Mujer utilizan 50 [gr].

Es importante destacar que por las características de los químicos utilizados en las masas, es que existen indicadores de control de la masa estrictos para asegurar que esta está en buenas condiciones; estos indicadores son los siguientes:

- Temperatura de reactor
- Temperatura de envasado
- Temperatura del golpe de frio
- Temperatura de cámara de frio
- Velocidad de agitación en el reactor
- Velocidad de recirculación
- pH de la masa

La importancia que juega la temperatura, tanto de envasado como la del golpe de frio, radica en que las masa poseen una temperatura de solidificación entre los 48 [°C] y los 55 [°C] dependiendo de la masa, por lo que si se opera a una menor temperatura existe la posibilidad de solidificar la masa dentro de los ductos generando una obstrucción que impiden la circulación de la masa. Inmediatamente después del envasado caliente de la masa, se le realiza un golpe de frio al envase con masa con temperaturas de entre 6 [°C] y 12 [°C] para luego pasar a la cámara de frio que está a 10 [°C] constantes. Luego, la agitación dentro del reactor juega un papel fundamental en la masa por 2 motivos principales, una agitación constante sumado a la recirculación de la masa en un circuito semicerrado permite lograr una homogeneización de la temperatura dentro del reactor, el cual posee resistencias térmicas en el perímetro, y la agitación controlada constante permite evitar la separación de la masa y la decantación de los químicos más densos; la velocidad de agitación depende del tipo de masa que se utiliza, y esta puede variar entre los 40 [RPM] y los 70 [RPM]. Por último, la velocidad de recirculación está definida por la bomba que se encarga de tomar la masa del reactor y llevarla al equipo de envasado, pero como la masa debe estar en constante agitación esta viaja de vuelta al reactor; esta velocidad de ser muy baja puede provocar que la masa se enfrié y se forme un tapón en la cañería, o de ser muy alta puede generar turbulencias en los pistones de envasado.

Debido a que existen variantes de masas con diferencias en sus componentes principales, es que se vuelve necesario realizar lavados en los estanque de envasado, para no correr riesgo de que una nueva partida de masa por arrastre se contamine con trazas de productos anteriores, estos lavados pueden ser desde un proceso de lavado simple de enjuague hasta un proceso mucho más complejo que involucra la utilización de ácidos y productos alcalinos secuencialmente con el fin de eliminar cualquier traza del producto anterior, este proceso de lavado se describirá en mayor profundidad en la sección 3.2.4

Cuando se habla de insertos, se refiere al tapón inferior encargado de sellar el producto, esto debido a que el llenado del producto se realiza por su parte inferior

3.1.8 Mantenciones

El equipo de mantención tiene planificado una inspección/mantención preventiva mensual de 8 horas para toda la línea en donde se realizan tareas básicas de mantención de condiciones básicas y tareas específicas para cada equipo de la línea, dependiendo a que máquina le toque, las tareas generalmente implican inspección total de la línea y piezas sueltas, lubricación de piezas de alto desgaste y cambio de los componentes necesarios. Por este tipo de tareas la línea pierde un 1,61% de OAE mensual.

3.2 Diagnóstico del proceso

Con los antecedentes de la empresa establecidos, como una visualización general de la planta, el producto, sus variantes y la organización; se procede a realizar un diagnóstico en más detalle de la línea de envasado de desodorantes.

En la Línea Deostick se pueden reconocer 4 procesos que se realizan frecuentemente y están relacionados directa e indirectamente con lograr el producto que el cliente espera, estos procesos son:

- Proceso de envasado: en esta etapa, la línea está operando normalmente, lo que significa que se están envasando productos y todos los operadores están envuelto en esta operación.
- Proceso de cambio de ficha: cuando se está trabajando un producto de un formato determinado y se acaba la ficha de producción⁴ es necesario cambiar de producto, lo que puede implicar desde cambiar una etiqueta o insertos, hasta realizar lavado de reactores. Esto hace su tiempo variable.

⁴ Ficha de producción: habla de la orden de producción que indica todo lo que se debe hacer y con los recursos que se cuenta

- Proceso de cambio de formato: cuando se acaba una ficha de producción y la siguiente ficha incluye un cambio en el cartridge es necesario realizar un cambio en la configuración de ciertos equipos.
- Proceso de lavado: consiste en el lavado con químicos de los equipos de manera que la masa no se contamine con trazas del producto anterior

Cada uno de estos procesos va a ser caracterizado utilizando diferentes herramientas (ver sección 2.2.2) que permitirán obtener tiempos de procesos, valorización de actividades, oportunidades de mejora, y sus ponderaciones.

3.2.1 Proceso de Envasado

El principal proceso que se lleva a cabo dentro de la línea de envasado corresponde al envasado del desodorante que se produce en el área de fabricación, para poder comprender como es el flujo de material a lo largo del proceso, primero necesario determinar cuáles son las principales entradas y salidas de materiales e información, y como estas interactúan con cada parte del proceso; para esto se utiliza un Diagrama SIPOC (del inglés Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes) donde además se pueden caracterizar los proveedores y clientes internos. El diagrama se puede ver en la Figura 3.12.

Con las entradas y salidas ya caracterizadas del proceso se procede a realizar el diagrama de flujo de envasado (Figura 3.13), que permite obtener una mirada más detallada de las interacciones que se producen durante el proceso.

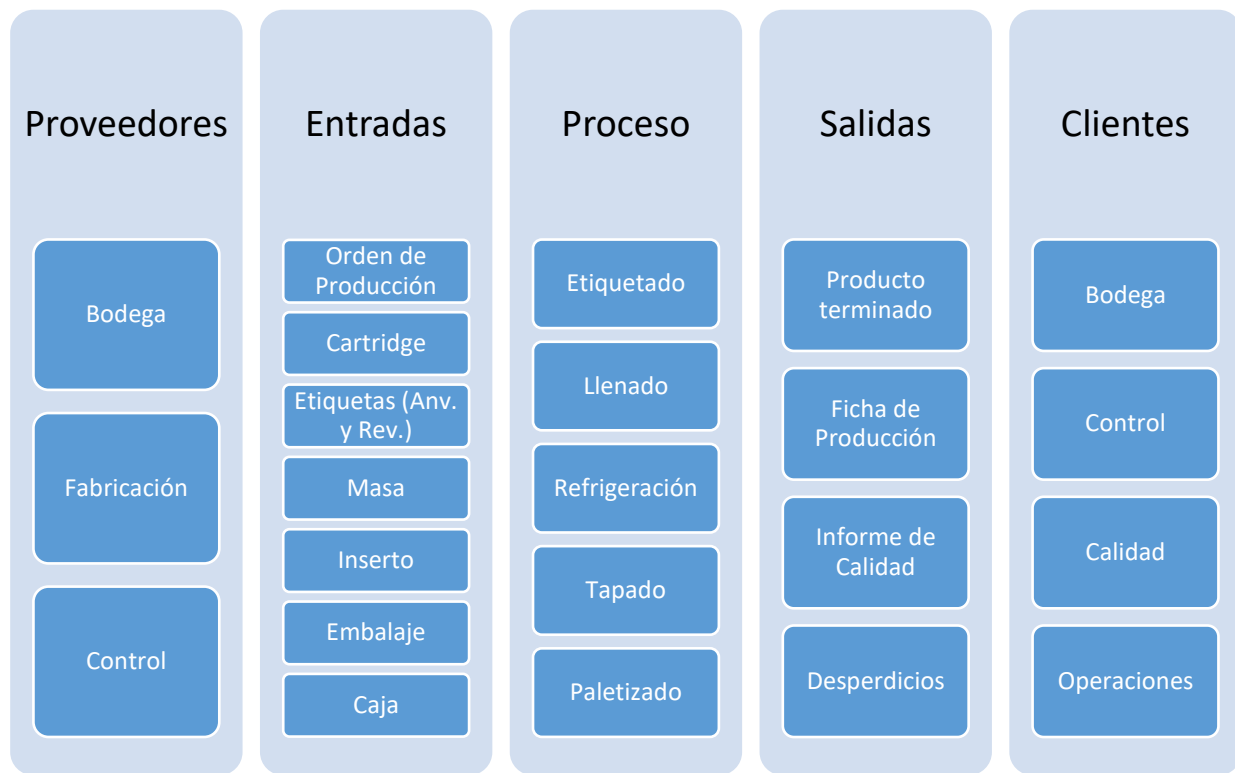


Figura 3.12: Diagrama SIPOC del proceso de envasado.

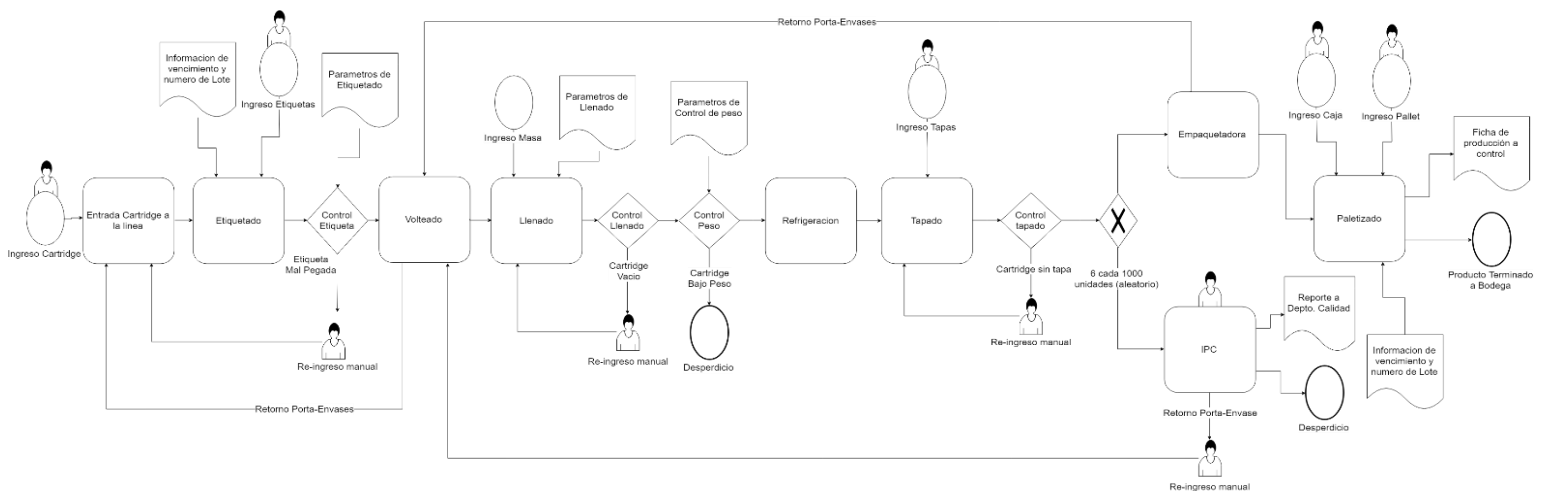


Figura 3.13: Flujo de materiales en la línea durante el proceso de envasado.

El comienzo del proceso de envasado comienza con 3 operadores colocando manualmente los cartridges en unos porta-envase que permiten mantener firme los cartridges durante el proceso de etiquetado, estos porta-envases avanzan por la correa transportadora para luego ingresar a la máquina de etiquetado que es operada por 1 persona, la cual a través de un sensor foto-eléctrico determina el paso de cada cartridge, con esta señal, la etiquetadora se encarga de disparar tanto la etiqueta anversa como reversa al mismo

tiempo por medio de un cilindro que rota el cual hace rotar la etiqueta despegándola del papel base, para ser arrastrada por el envase, ver Figura 3.15.

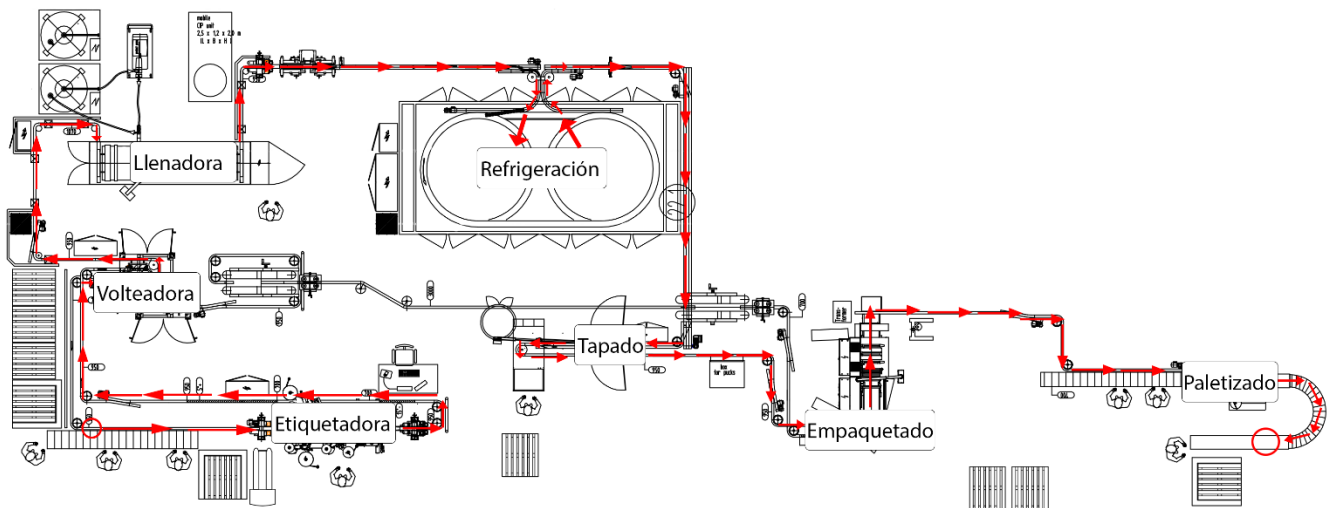


Figura 3.14: Layout de la línea de envasado.



Figura 3.15: Foto del proceso de etiquetado lineal

Seguidamente, el cartridge ya etiquetado pasa por su primer control de calidad, este es una juego de cámaras (frontal y trasera) que se encarga de tomar una fotografía al cartridge y de esta manera determina el desplazamiento del etiquetado que lo compara con un patrón antes programado para cada producto; si el desplazamiento es mayor al permitido por el patrón (medidas que indica el departamento de calidad) el sistema de cámara incluye un rechazador que expulsa dicho porta-envase junto al envase mal etiquetado. Una vez el cartridge (bien etiquetado) pasa por el control, se traslada por una cinta

transportadora hasta el equipo volteador que se encarga de separar el cartridge de su porta-envase de etiquetado para ser colocado en un porta-envase de envasado, esto es necesario debido a que el proceso de llenado se realiza por la parte inferior del envase.

Cuando el cartridge ingresa al equipo de llenado, el equipo debe esperar que se acumulen 10 envases para comenzar a avanzar, esto se debe a que los tiempos del proceso de llenado son mayores al tiempo necesario por unidad para el resto de los equipos, por lo que la operación de múltiples cartridges al mismo tiempo se vuelve necesario (Figura 3.16). Luego de que el envase es llenado con la masa, los cartridges pasan uno a uno por una balanza dinámica la cual fue ajustada anteriormente con la información del peso objetivo y sus respectivas tolerancias, este control de peso del producto considera un dispositivo rechazador para de esa manera evitar el procesamiento de productos fuera de especificación.



Figura 3.16: Posición del envase dentro de la máquina de llenado.

Luego de que el producto paso por la etapa de control de peso es necesario continuar con el enfriamiento de la barra, para esto, el porta envases pasa por un bifurcador de correa transportadora, lo que permite que entren 2 unidades al mismo tiempo, a través de 2 cintas transportadoras en paralelo, a la torre de enfriamiento (ver Figura 3.17), esto con el fin de reducir el tiempo que pueda esperar el producto debido a que el proceso de enfriamiento demora cerca de 37 min a 10 [°C]. Una vez que la barra terminó de pasar por el ciclo dentro de la torre de enfriamiento, estas 2 cintas transportadoras pasan por un conmutador que alterna los pasos de cada cinta, para pasar de 2 cintas en paralelo a 1 cinta.

Posteriormente, los cartridges pasan al equipo encargado de colocar los insertos (Tapadora), a la tapadora ingresan tanto los cartridges en sus respectivos porta-envases como los insertos a través de una tolva

(Sorter), esta tolva se encarga de tomar los insertos y ordenarlos y posicionarlos para luego enviarlos a través de la guía hacia la tapadora; una vez los insertos están en posición la tapadora con un movimiento rotacional hace avanzar los cartridges y con un brazo en movimiento vertical recoge los insertos y luego los coloca en el cartridge (Figura 3.18).



Figura 3.17: Torre de enfriamiento de la línea de envasado Deostick.

A continuación, estos envases avanzan por la cinta transportadora, en donde hay un operador realizando un control visual a todos los cartridges para verificar que están correctamente tapados. Además de este proceso de inspección, la cinta transportadora tiene un contador de productos, el cual de cada 500 unidades, expulsa 1 para formar parte del Control de Calidad IPC.



Figura 3.18: Tapadora rotativa.

Seguidamente, los envases pasan al equipo enfardador; el proceso de enfardado consiste en envolver una cantidad determinada de productos con un film termo-contráible de manera que los envases quedan asegurados y protegidos de agentes externos. Las operaciones que realiza el equipo enfardador corresponden a:

1. Acumular 6 cartridges con sus porta-envases a la entrada del equipo
2. Con un brazo mecánico, tomar los 6 envases y voltearlos sobre una cinta transportadora, de esta manera los cartridges quedan parados sobre su base; y al mismo tiempo los porta-envases vacíos vuelven al inicio del ciclo, al equipo volteador.
3. Los cartridges avanzan por la cinta para ser envueltos por el film termo-contráible.
4. Los envases envueltos entran a un horno a 165 [°C] que contrae el film y asegura los envases.
5. Salen del horno un paquete con 6 envases asegurados a una cinta transportadora.



Figura 3.19: Proceso de pre-empacado.

Una vez el paquete (6 envases) está listo (Figura 3.20), este avanza por una cinta transportadora hacia un operador que se encarga de realizar una inspección visual para luego guardar el paquete en una caja de cartón, cada caja de cartón almacena 2 paquetes (12 envases) que luego son acumulados en Pallet para finalmente pasar a la zona de bodega de exportación.



Figura 3.20: Producto empaquetado listo para embalaje.

Ahora que existe un claro entendimiento de cómo funciona la línea de envasado, y cuáles son sus procesos principales, es que se pueden comenzar a realizar estudios de tiempo. Para esto lo primero a determinar son los tiempos de ciclo del proceso que tiene la línea, para esto se caracterizan todas las

actividades que posee la línea de envasado durante la operación y se tabulan los valores promedios de las mediciones; además, dentro de las actividades tabuladas se define si estas actividades agregan valor, o son un desperdicio, clasificándolo como Muda tipo I si es una actividad necesaria o Muda tipo 2 si esta actividad no es necesaria.

Tabla 3.3: Actividades durante el envasado y su valor.

N.º	Actividades durante el envasado	Tiempo [sec]	Valor
1	Colocar cartridge en el porta envases	0.7	Muda tipo 2
2	Cinta transportadora al etiquetado	13.0	Muda tipo 2
3	Etiquetado por anversa y reversa	0.4	Si
4	Cinta transportadora a la cámara	3.0	Muda tipo 2
5	Inspección visual de la etiqueta	0.1	Muda tipo 1
6	Cinta transportadora a la volteadora	45.0	Muda tipo 2
7	Volteadora	0.5	Muda tipo 2
8	Cinta transportadora a la llenadora	34.0	Muda tipo 2
9	Transporte dentro del llenado	180.0	Muda tipo 2
10	Llenado	5.7	Si
11	Golpe de frio	15.0	Si
12	Inspección del peso del producto	0.4	Muda tipo 1
13	Cinta transportadora a la torre	42.0	Muda tipo 2
14	Enfriamiento en torre	2220.0	Si
15	Cinta transportadora a Tapadora	78.0	Muda tipo 2
16	Tapado	0.5	Si
17	Inspección visual del envase	0.3	Muta tipo 1
-	Inspección IPC	300.0	Muda tipo 1
18	Cinta transportadora a Enfardadora	90.0	Muda tipo 2
19	Enfardado	19.0	Muda tipo 2
20	Cinta transportadora a Paletizado	36.0	Muda tipo 2
21	Inspección visual del envase	3.0	Muda tipo 2
22	Paletizado	-	Muda tipo 2

Total	2786.5
--------------	---------------

La tabla anterior se representa gráficamente en la Figura 3.21, lo que ayuda a visualizar que actividades son las que agregan valor al producto, el valor agregado durante el proceso de envasado es de 80,4%, lo que es extremadamente alto pero principalmente está dado por el tiempo que pasa el producto dentro de la torre de enfriamiento, esta situación es necesaria debido a que dentro de las características que busca el cliente es que la barra esté sólida; luego están los tiempos de transporte dentro de la misma línea que representan un 18,7% y por últimos los tiempos de inspección que son un 0,14% del total del ciclo de producción.

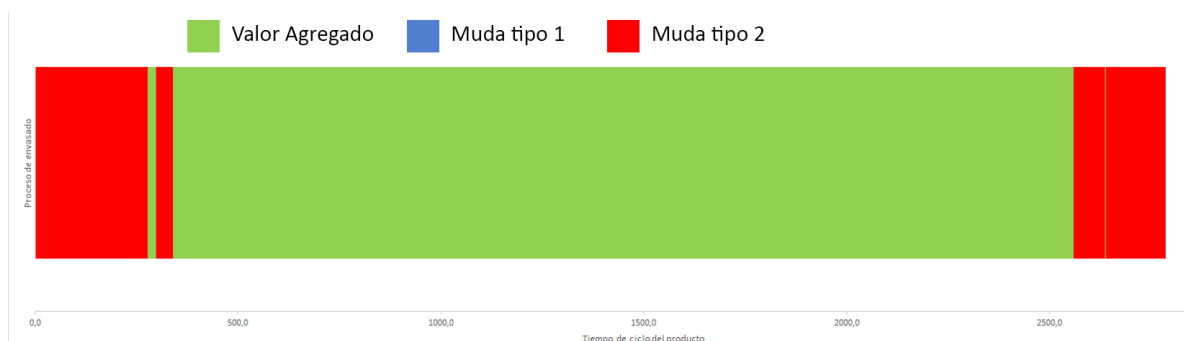


Figura 3.21: Actividades que agregan valor en el proceso de envasado.

3.2.1.1 Oportunidades identificadas sin Detención

Las oportunidades que se enumeran a continuación corresponden a problemas que se identificaron durante el proceso de medición de la línea, y estas a pesar de que causan un “dolor” en la línea, no causan detención (falla de los equipos) por lo que usualmente se pueden invisibilizar; no obstante, estas fallas pueden tener impacto en el flujo del producto a lo largo del proceso o tener impacto sobre la calidad del producto, por lo que cada vez que se presenta uno de estos problemas es necesario detener y ajustar el problema.

Cada oportunidad identificada va a ser medida durante el período de evaluación de manera de poder caracterizar cada detención (5W+2H⁵) como en la Tabla 3.4. Para luego en el análisis y desarrollo del plan de mejora, poder tomar las mejores decisiones en cuanto a las acciones a desarrollar en pos de la

⁵ 5W+2H= ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Quién?, ¿Por qué?, ¿Cómo? y ¿Cuánto? (del inglés What, Where, When, Who, Why, How and How Much).

línea. Por motivos de simplificación se mostrará la primera tabla del diagnóstico, y el resto se encontraran en los anexos (ver Sección A).

Relacionado al equipo Etiquetador se encontraron las siguientes oportunidades:

- Oportunidad 1: Los cartridges al salir de la máquina de etiquetado presentan un polvillo en su parte superior, ver Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Caracterización de Oportunidad 1.

Opor.	1
What	Los cartridges presentan un polvo negro en la parte superior del Cartridge
When	Esto sucede durante la operación normal de envasado
Where	Esto sucede en el proceso de etiquetado
Who	No se observa influencia de los equipos de persona en el problema
Why	Esta oportunidad corresponde a un problema, debido a que el polvillo constituye a un problema de contaminación e implica el rechazo del lote completo
How	El cartridge durante el proceso de etiqueta se mancha con polvo proveniente de la cinta de etiquetado (ver Figura 3.22)
How much	Duración de medición = 1 mes (24 días) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 0,125 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$)= 10 min/detención Total ponderado = 12 hrs/mes = 2,41%OAE



Figura 3.22: Polvo dentro de la sección de la correa superior de la etiquetadora.

- Oportunidad 2: Se observa que no existe una fluidez de unidades entre la etiquetadora y la volteadora durante el proceso de envasado, ver Tabla 0.1
- Oportunidad 11: La etiqueta está fuera de lo valores tolerables de posición en el sentido vertical, durante el envasado de productos, ver Tabla 0.2.
- Oportunidad 13: La etiqueta está fuera de lo valores tolerables de posición en el sentido horizontal durante el envasado de Barra Libre, ver Tabla 0.3.

Luego, se procede a detallar las oportunidades que se encontraron en el llenador durante el envasado

- Oportunidad 6: Se pierden mucho tiempo en limpiar el equipo luego de una caída no prevista en la llenadora (ver Figura 3.23); ver Tabla 0.4.

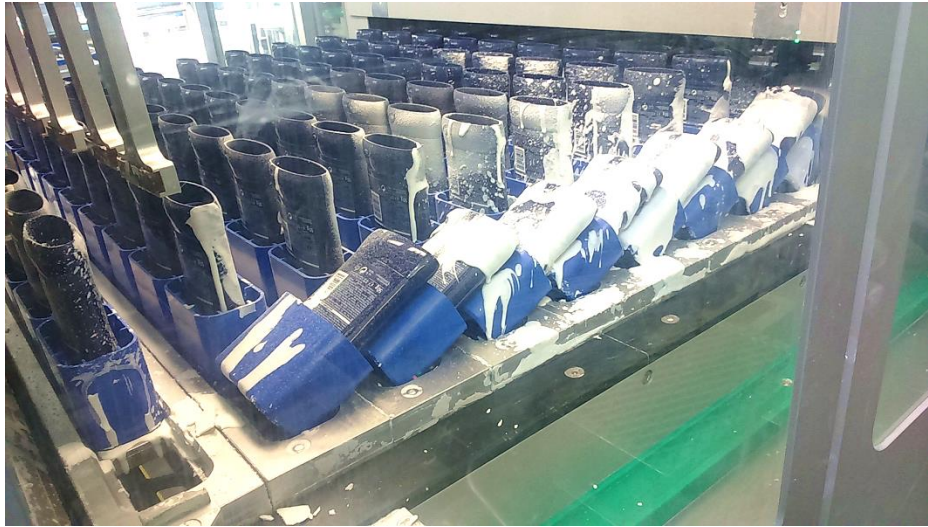


Figura 3.23: Derrame de masa dentro de la llenadora.

En la Torre de enfriamiento se identificaron las siguientes oportunidades durante el envasado:

- Oportunidad 4: Se genera un atasco a la salida del conmutador (punto de convergencia de 2 líneas paralelas en 1) como se ve en la Figura 3.24, ver Tabla 0.5



Figura 3.24: Porta-envase escapando de la línea cerrada del conmutador.

- Oportunidad 19: Los productos al salir de la torre de enfriamiento presentan una solidificación y textura deficiente con respecto al estándar de calidad de la empresa, en la Figura 3.25 se puede ver la textura resultante, ver Tabla 0.6.



Figura 3.25: Textura no definida de producto Neruda.

Posteriormente, siguiendo el flujo de procesos de la Figura 3.13, se describen las oportunidades encontradas y relacionadas al equipo Tapador:

- Oportunidad 7: A la salida de la tapadora, se coloca una persona con el objetivo de detectar que desodorantes salen sin tapa, para retirarlos de la línea, y volver a colocarlos a la entrada de la tapadora; ver Tabla 0.7.
- Oportunidad 9: Hay productos que salen de la tapadora sin ningún inserto colocado en el formato Neruda, lo que corresponde a un problema de calidad. Ver Figura 3.26 Tabla 0.8.



Figura 3.26: Insertos no colocados.

- Oportunidad 10: Existen productos que al salir de la tapadora no presentan el inserto en la cavidad del envase (Figura 3.27), lo que corresponde a un problema de calidad. Ver Tabla 0.9.



Figura 3.27: Inserto mal colocado en envase Barra Libre Masculino

- Oportunidad 17: Hay envases de desodorantes que salen sin insertos producto del atasco en la guía de insertos ver Figura 3.28 y Tabla 0.10.



Figura 3.28: Inserto atrapado en la guía en la mitad del recorrido

Además de las oportunidades identificadas en cada equipo, también hay observaciones durante el envasado que no se asocian a ningún equipo en particular, estas son:

- Oportunidad 8: Existen sistemas de control de la producción en línea, pero estos son subutilizados, ver Tabla 0.13.

- Oportunidad 16: No existe un estándar de orden y limpieza dentro de la línea de envasado (ver Figura 3.29), ver Tabla 0.11.



Figura 3.29: Ejemplo de carro dedicado al cambio de formato utilizado con otros propósitos.

- Oportunidad 18: El maquinista/coordinadora realizan demasiadas acciones durante la operación normal, dejando sin atención a las actividades críticas, ver Tabla 0.12

3.2.1.2 Oportunidades identificadas con Detención

Las oportunidades que generan detención, como su nombre lo indica son problemas que ocurren durante el envasado que no pueden considerarse parte normal de la operación, su principal impacto reside en que estas detenciones interrumpen la fluidez de la línea hasta que son atendidos por la persona correspondiente.

El equipo tapador, además de los problemas que se presentaron con respecto a las oportunidades sin falla, se considera la siguiente oportunidad:

- Oportunidad 5: En el proceso de tapado del formato Barra Libre el distribuidor de insertos entrega la falla “Bloqueo Muerto” y “Falla aire comprimido posicionador”, ver Tabla 0.14.

A continuación se describen las oportunidades identificadas con respecto al equipo enfardador:

- Oportunidad 3: El equipo enfardador se detiene y entrega la falla “sobrecalentamiento de servomotor”, ver Tabla 0.16.
- Oportunidad 21: Los cartridges se caen constantemente en el proceso de extracción del porta-envases (ver Figura 3.30) (Tabla 0.15)



Figura 3.30: Caída de envases en equipo enfardador

3.2.2 Cambios de Ficha

Otro proceso importante que se lleva a cabo constantemente durante la operación diaria de la línea de envasado corresponde a los cambios de ficha, este proceso consiste en realizar modificación tanto a las máquinas como a los materiales que utilizan estas para comenzar a fabricar un producto distinto al anterior, cuando se realizan modificaciones mayores, como lo es la modificación de máquinas se habla de un cambio de formato que se detallará en la sección 3.2.3.

Los cambios de ficha suceden cuando la orden de producción actual se acaba, por lo que una nueva orden ingresa y con esto cambios en las especificaciones del producto, los cambios del producto dentro del alcance del cambio de ficha son los siguientes:

- Cambio del color de cartridges
- Cambio de etiqueta anversa o reversa
- Cambio en la información al cliente (lote o fecha de vencimiento)
- Utilización de una masa diferente
- Cambio de color de inserto

Dentro de este ámbito el proceso de utilizar una masa diferente generalmente requiere realizar un lavado tanto de los reactores que almacenan la masa, como de las cañerías y del equipo llenador que dosifica la masa; por la envergadura del proceso, este también se tratara separadamente en la sección 3.2.4

El proceso de cambio de ficha se puede separar en 4 etapas de manera de poder realizar un mejor seguimiento a la producción, estas etapas son el Pre-cierre de ficha, el cierra de la ficha, cambios de

materiales, y preparación. En la Tabla 3.5 se puede ver una descripción de las actividades realizadas junto a las etapas.

Tabla 3.5: Actividades realizadas durante el cambio de ficha.

	Etapas	Actividad	Tiempo (s)	Valor	Tipo de actividad
1	Pre-Cierre	Solicitud de nuevos materiales a Bodega y Fabricación	120	Muda tipo 1	Externa
2		Conteo de materiales para cuadrar con nuevas fichas	535	Muda tipo 2	Externa
3	Cierre	Conteo de materiales no utilizados para devolución	309	Muda tipo 2	Externa
4		Cierre de Orden de producción y conteo de PT efectivamente entregados	242	Muda tipo 2	Externa
5	Cambio	Cambio de cartridge en bandeja manual	176	Si	Interna
6		Cambio de sensor de etiqueta	173	Muda tipo 2	Interna
7		Ajuste de sensor de etiqueta	187	Muda tipo 2	Interna
8		Cambio de rollos de etiqueta	242	Si	Interna
9		Cambio de información de Lote y Vencimiento	115	Si	Interna
10	Preparación	Ajuste de etiquetadora	407	Muda tipo 2	Interna
11		Ajuste de cámara de inspección de etiqueta	698	Muda tipo 1	Interna
12		Cambio de masa en zona de llenado	-	Si	Interna
13		Ajuste de parámetros de llenado	80	Muda tipo 2	Interna
14		Ajuste de inspección de peso	59	Muda tipo 1	Interna
15		Comienzo de la nueva orden de producción	-	Si	Interna

16	Cambio	Cambio de insertos en tapadora	185	Si	Externa
17		Cambio de información en el paletizado	58	Si	Externa
		Total	3588		

Es importante destacar que por la configuración de la línea (ver Figura 3.14 y Tabla 3.3), tanto en el proceso de cambio de ficha como en el de cambio de formato se divide la línea en 2 áreas, antes de la torre de enfriamiento y después de la torre de enfriamiento debido a que esta posee un tiempo de ciclo alto (37 min); debido a esto, es que cuando se realiza el cambio de formato o cambio de ficha, se realiza primero el cambio en la Etiquetadora, Volteadora y Llenadora, para luego vaciar la torre (actividad 15 de la Tabla 3.5), y detener la línea nuevamente para cambiar los componentes de la Tapadora y la Enfardadora (actividad 16 y 17).

Dentro del proceso de cambio de ficha existen actividades que son necesarias para producir el producto siguiente, en este caso las actividades de cambio de material representan un 21,4% de todo el tiempo, mientras que los ajustes necesarios representan un 40,6% en donde resalta el tiempo de ajuste de cámara de inspección de etiquetas (actividad 11) que representa el 19,2% del tiempo total del proceso y el tiempo de ajuste de la etiquetadora (actividad 10) que utiliza un 11,2%; en siguiente lugar están las actividades relacionadas a conteos tanto de productos terminados como de materiales nuevos en donde alcanza a acumular un 29,9% del tiempo total.

Mientras se estudiaba el proceso de cambio de ficha, se encontraron las siguientes oportunidades relacionadas:

- Oportunidad 22: Durante la operación de cambio de ficha, se observa que los operadores aparte de la Coordinadora/Maquinista no tienen roles activos, ver Tabla 0.18.
- Oportunidad 23: Una de las operaciones que se realiza con frecuencia durante el cambio de ficha y durante la operación de envasado corresponde al ajuste y manipulación de la cámara de control. Ver Figura 3.31 y Tabla 0.17



Figura 3.31: Acumulación de productos buenos por mal ajuste de la cámara.

3.2.3 Cambios de Formato

Como se puede ver en la Tabla 0.19 que se encuentra en la Sección C en esta se describen las principales acciones que se realizan para cambiar entre cualquiera de los 3 formatos, y a grandes rasgos los cambios en términos de equipo se puede enumerar de la siguiente manera:

1. Etiquetadora
2. Volteadora
3. Llenadora
4. Tapadora
5. Sorter
6. Enfardadora

En donde el proceso se divide en 2 etapas principales, dictadas por la actividad 26 de la Tabla 0.19 (Sección C), ya que como es necesario realizar un cambio de los porta cartridge de envasado, y la torre de enfriamiento tiene una capacidad de cerca de 3000 unidades, primero se realiza el cambio hasta la torre de enfriamiento (zona azul de la Figura 3.32), y una vez están listas las actividades, comienza el proceso de envasado del nuevo producto hasta que la última unidad del producto antiguo sale de la torre de enfriamiento, ahí se vuelve a detener la producción para realizar el cambio de formato en los equipos restantes (Tapadora, Sorter y Enfardadora) (zona roja de la Figura 3.32)

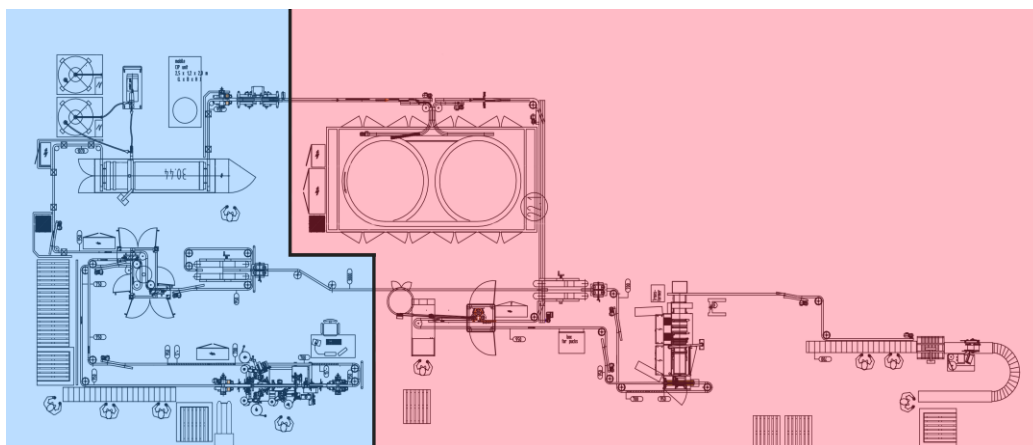


Figura 3.32: Representación del cambio de formato

De la Tabla 0.19 se puede hacer un análisis con respecto a la distribución de tiempos en donde destacan las actividades asociadas al cambio de componentes en donde representa un 50,3% del tiempo total invertido en el cambio de formato, luego viene los ajustes asociados al cambio de componentes que representa un 29,8% de tiempo total y otras actividades como preparación o desocupar las máquinas que representan un 19,9%.

En el proceso de cambio de formato, se realizan modificaciones a varios componentes de las máquinas, a continuación, se describe brevemente en qué consisten los cambios más relevantes de componentes:

1. Etiquetadora: En este equipo se modifican o cambian los siguientes aspectos:
 - a. Posición de los depositadores de etiqueta
 - b. Modificación de parámetros del equipo
 - c. Cambio de aplicador
 - d. Configuración de cámara de control de etiqueta
2. Volteadora: se modifican:
 - a. Pinzas volteadoras
 - b. Pista de envase
3. Llenadora: durante el cambio de ficha se modifican:
 - a. Temperaturas de envasado, mezcla, cañerías
 - b. Lavado de equipos (Proceso de Lavado)
 - c. Ajuste de la posición de las boquillas
4. Tapadora
 - a. Cambio de Grip de insertos
 - b. Cambio de posicionadores de envase

- c. Cambio de molde de insertos
- d. Cambio de entrada de insertos
- 5. Sorter
 - a. Cambio de Pista de insertos
 - b. Cambio de Guía de insertos
 - c. Cambio de Rueda de Vacío
- 6. Enfardadora
 - a. Ajuste de apertura de grips
 - b. Modificación de parámetros del equipo

De la Tabla 0.19 se obtiene la duración total promedio del proceso (3,13 hrs) y con la frecuencia de cambios mensual (Promedio= 8 veces/mes) se puede obtener el total de horas detenidas por el cambio de formato que es 25 [hrs/mes] lo que equivale a un 5,04% de OAE.

Dentro del proceso de Cambio de Formato se identificaron las siguientes oportunidades que se pueden considerar actividades a mejorar dentro del aspecto de la mejora continua:

- Oportunidad 15: Los procesos de cambio de formato son muy variables en tiempo de desarrollo, ver Tabla 0.20.
- Oportunidad 22: Durante la operación de cambio de formato, se observa que los operadores aparte de la Coordinadora/Maquinista no tienen roles activos, ver Tabla 0.18.

3.2.4 Lavado de máquinas

Como se mencionó en la sección 3.2.2, generalmente los cambios de ficha consideran cambiar la masa que se utiliza a otra con diferentes características y composición; pero en general, se pueden distinguir 4 categorías dado ciertos compuestos críticos de la masa, estos son: Anti-Transpirante, Black & White, Kaigo y Soap Gel⁶. Dada las diferentes interacciones químicas que poseen estos tipos de masa, es que se necesitan utilizar más o menos químicos para eliminar toda traza del anterior producto, los tipos de lavados que se utilizan en estos procesos son:

- Enjuague

⁶ Por motivos de confidencialidad no se puede entrar en más detalle con respecto a su formulación o compuestos claves.

- Lavado con detergente ácido
- Lavado con detergente cáustico
- Lavado con un sanitizante

Entonces con los tipos de lavado anteriormente mencionados se pueden generar secuencias dependiendo de la complejidad de la interacción del producto anterior con el nuevo, pudiendo ser una secuencia que solo requiera un enjuague hasta secuencias más complejas que involucren lavados con detergentes ácidos, cáusticos y sanitizantes; dicha relación entre los diferentes productos se describen en la matriz de lavado⁷ de la Tabla 0.21 que se encuentra en los anexos (Sección E). En esta tabla se encontrará la relación entre la masa saliente (primera columna) y la masa entrante (primera fila) y están clasificadas de la siguiente manera:

- S/L: esta secuencia significa que no se debe realizar ningún lavado durante el cambio de masa.
- E: Para esta secuencia solo es necesario realizar un lavado con agua caliente por los equipos y un posterior secado para remover la humedad.
- A: Significa que entre los cambios de masa es necesario realizar un lavado con un detergente ácido, luego un enjuague para eliminar cualquier traza de detergente y por último un proceso de secado de los equipos
- F: Este tipo de lavado requiere la utilización de un detergente ácido y luego uno alcalino, con sus correspondientes etapas de enjuagado entre medio y finalizar con un secado
- G: Es similar al proceso F pero antes del secado se utiliza un sanitizante y enjuagado
- H: Es similar al proceso F pero esta secuencia no requiere Secado

De todas las combinaciones de lavados que existen en la Tabla 0.21 es posible obtener una distribución como la de la Figura 3.33 donde se puede ver que de todas las combinaciones posibles un 49% corresponden al lavado ácido, un 24% de las combinaciones no requieren un lavado y un 13% solo necesitan un enjuague previo a la utilización.

⁷ Por motivos de confidencialidad se modificaron los nombres de los productos por números ordinales

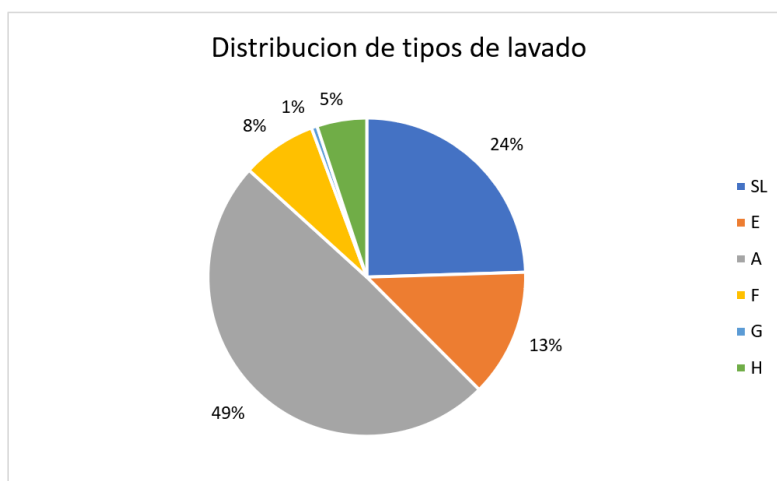


Figura 3.33: Distribución de los tipos de lavado en la matriz de lavado. Basado en la Tabla 0.21.

Ahora que se conocen cuáles son los lavados que se pueden realizar durante un cambio de ficha, es importante conocer cuáles son los equipos involucrados en este proceso, en la Figura 3.34 se ver el layout de los equipos desde una vista superior en donde se distinguen claramente 2 estanques (1 es fijo y otro es móvil) para el almacenaje de masa, 1 estanque adicional (también móvil) que se utiliza de reserva en caso de que ambos estén ocupados o se esté desarrollando alguna mantención en estos; conectado a un estanque se puede ver las cañerías que van y vuelven a la llenadora. En el costado derecho de la Figura 3.34 se puede ver la unidad CIP (Clean in Place: Limpieza en el lugar) que permite realizar lavado de equipos sin la necesidad de desmontar ninguna cañería o modificaciones mayores a la línea, la unidad CIP consiste en un estanque aislado de menor capacidad que se encarga de almacenar agua Des-ionizada y llevarla a su punto de temperatura de acuerdo a las instrucciones del lavado, junto a este estanque existen 3 bombas pequeñas encargadas de succionar los detergentes, mezclarlos en el estanque acumulador del CIP para luego dosificar esta agua al equipo que lo requiera. Para que la unidad CIP que está aislada (no conecta directamente a las cañerías de envasado) pueda lavar los equipos, esta se conecta a través de mangueras flexible al equipo que corresponda. Una de las características relevantes de las unidades CIP, es que están automatizadas y adaptadas al proceso específico de la planta, lo que reduce la interacción del operador con los detergentes o agua caliente. Es importante considerar que cada proceso de lavado descrito anteriormente tiene tiempos diferentes dependiendo del equipo a lavar, estos tiempos se pueden ver en la Tabla 3.6 en donde los tiempos para el estanque fijo y móvil son el mismo, debido a que su volumen interno es el mismo; el tiempo de preparación consiste en el cambio de mangueras, programación del lavado y llenado de agua de la unidad CIP.

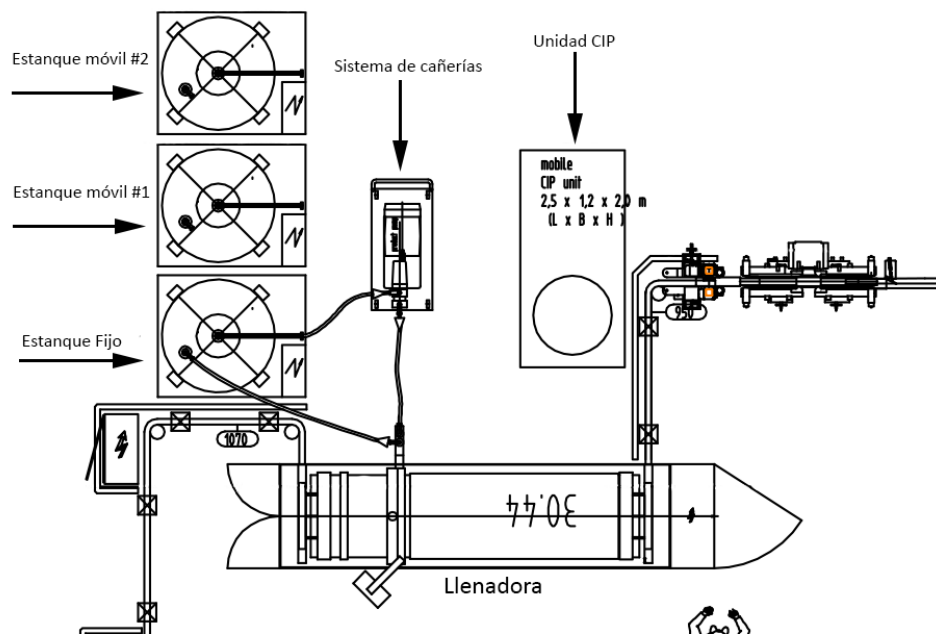


Figura 3.34: Layout de la zona de estanques y equipos de lavado.

Tabla 3.6: Distribución de tiempos para cada operación y su equipo correspondiente.

	Preparación entre c/lavado [min]	Enjuague [min]	Ácido [min]	Alcalino [min]	Sanitizado [min]	Secado [min]
Estanque Fijo	20	12	14	13	14	20
Estanque móvil	20	12	14	13	14	20
Llenadora + Cañerías	13	17	18	18	18	20

La secuencia establecida para el lavado de los equipos se puede ver en la Tabla 3.7, el motivo de por qué existe un estanque fijo en la línea es debido a que este es el único de los 3 estanques que posee un agitador de pala con capacidad de agitar el total del volumen almacenado dentro del estanque, de no tenerlo cuando el producto baje del 50% del volumen deja de agitarse por lo que la temperatura deja de ser homogénea en toda la masa y se produce una separación de las materias primas debido a la diferencia de densidad de estas.

Tabla 3.7: Actividades realizadas durante el proceso de lavado

	Actividad	Tiempo [sec]	Tipo de actividad	Valor
1	Solicitud de nueva masa a Fabricación	120	Externa	Muda tipo 1
2	Inspección de detergentes disponibles en línea	120	Externa	Muda tipo 2
3	Solicitud de detergentes a Bodega	60	Externa	Muda tipo 2
4	Finalización del proceso de envasado de ficha anterior	-		
5	Desconexión de estanque Fijo de las cañerías de envasado	90	Interna	Muda tipo 2
6	Conexión de estanque Fijo a Unidad CIP	90	Interna	Muda tipo 2
7	Programación del lavado para estanque fijo	45	Interna	Muda tipo 1
8	Lavado de Estanque Fijo	-	Interna	Si
9	Inspección visual del lavado	138	Interna	Muda tipo 1
10	Desconexión de estanque fijo de la unidad CIP	90	Interna	Muda tipo 2
11	Conexión de las cañerías de la llenadora a la unidad CIP	90	Interna	Muda tipo 2
12	Programación del lavado para la unidad Llenadora	45	Interna	Muda tipo 1
13	Lavado de la llenadora y cañerías	-	Interna	Si
14	Trasvasije de masa del estanque móvil al estanque fijo	420	Interna	Muda tipo 1
15	Desconexión de llenadora de la unidad CIP	90	Interna	Muda tipo 2
16	Conexión de estanque fijo a Llenadora	90	Interna	Muda tipo 2
17	Ajuste de parámetros de temperatura y dosificación	120	Interna	Muda tipo 2
18	Comienzo del envasado	300	Interna	Muda tipo 1
19	Conexión de estanque móvil a unidad CIP	90	Externa	Muda tipo 2
20	Programación del lavado para estanque móvil	45	Externa	Muda tipo 1
21	Lavado de estanque móvil	-	Externa	Si
22	Inspección visual del lavado	138	Externa	Muda tipo 1
23	Desconexión de estanque móvil de la unidad CIP	90	Externa	Muda tipo 2

Total	2271		
-------	------	--	--

De la Tabla 3.7, se puede dar cuenta que gran parte de las actividades son internas, por lo que detienen la producción de la línea, al momento de simplificar dicha tabla, esta quedaría de la siguiente manera:

1. Preparación del lavado (Act. Externa)
2. Lavado de Estanque Fijo (Act. Interna)
3. Lavado de llenadora + cañerías (Act. Interna)
4. Trasvasije (Act. Interna)
5. Envasado con Estanque Fijo
6. Lavado del estanque móvil (Act. Externa)

La descripción anterior sirve de referencia para cualquier tipo de lavado que se necesite hacer, por ejemplo si solo se necesita hacer un enjuague, el lavado del estanque fijo (Actividad 8 de la Tabla 3.7) de acuerdo a la Tabla 3.6 demoraría los 20 [min] de preparación más el enjuague mismo que son 12 [min], pero si fuera un lavado tipo ácido, la actividad 8 debería durar los 20 [min] de preparación para el lavado ácido, más los 14 [min] del lavado ácido y adicionalmente una etapa de 20 [min] de preparación del enjuague más los 12 [min] del lavado mismo.

Dentro de las actividades que se realizan durante el proceso de lavado, un 31,7% del tiempo total (excluyendo el proceso de lavado mismo) se relaciona exclusivamente a conexiones y desconexiones de mangueras, mientras que un 17,4% se utiliza en realizar diferentes inspecciones a lo largo del proceso.

Para conocer el porcentaje del OAE que se pierde y considerando la frecuencia del lavado ácido en la Figura 3.33 es que se utiliza este tipo de lavado como referencia, el ciclo de lavado ácido dura 2,4 hrs y se realiza en promedio 40 veces⁸ lo que resulta en un total de 96 horas detenido por lavados, lo que representa un 19,28% del OAE.

En el proceso de Lavado de los equipos se identificaron las siguientes oportunidades, que si bien no están cuantificadas, si se pueden considerar actividades a mejorar dentro del aspecto de la mejora continua:

⁸ Dato obtenido de estadísticas de meses anteriores.

- Oportunidad 12: Los lavados son realizados de manera incorrecta con respecto al estándar definido por Calidad, ver Tabla 0.23.
- Oportunidad 14: Se detecta que los diferentes maquinistas realizan el procedimiento de lavado de manera diferente, ver Tabla 0.22.
- Oportunidad 20: Existen momentos en los que ningún operador de línea realiza una tarea, ver Tabla 0.25.
- Oportunidad 22: Durante la operación de Lavado, se observa que los operadores aparte de la Coordinadora/Maquinista no tienen roles activos, ver Tabla 0.18.

3.3 **Determinación de oportunidades Just do It**

En base al levantamiento realizado en la etapa de diagnóstico, se determinó que existen ciertas oportunidades que pueden ser solucionadas rápidamente a modo paleativo (no permanente), en donde la solución propuesta apunta a resolver un síntoma con el propósito de disminuir los productos defectuosos producidos por el proceso, a estas oportunidades se les llamara *Just Do It*. De todas maneras, estas oportunidades serán analizadas posteriormente en la Sección 4 a modo de encontrar sus causas raíces y ahí determinar soluciones permanentes que trabajen sobre la causa raíz.

Las oportunidades que se consideraran Just Do It son:

- Oportunidad 1: los envases presentan un polvo negro en la parte superior.
- Oportunidad 3: el equipo enfardador se detiene y entrega el fallo “sobrecalentamiento de servomotor”.
- Oportunidad 17: Hay envases de desodorantes que salen sin insertos producto del atasco en la guía de insertos.

Durante el estudio de cada uno de estos problemas se determinaron ciertas soluciones paliativas que se describirán a continuación:

- Oportunidad 1: Durante la inspección de la cinta se percata que uno de los pernos encargados de la alineación y tensión de la rueda tensora está cortado (ver Figura 3.35), por lo que este debe ser reparado inmediatamente, para permitir la nivelación y alineación de la correa y así evitar más problemas de contaminación de productos.

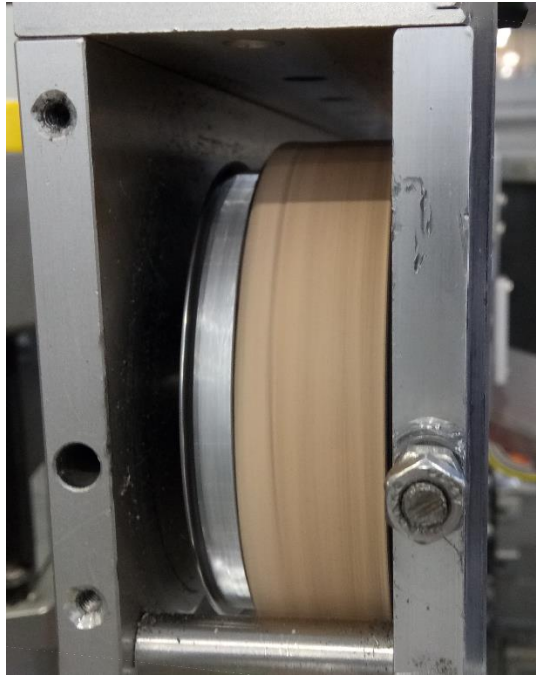


Figura 3.35: Rueda tensora de correa, se observa la falta de un perno a la izquierda

- Oportunidad 3: Debido a que el problema que entrega el equipo este asociado a la temperatura se decide revisar los filtros de ventilación, tanto de entrada como de salida en donde se determina que el filtro de salida no permite una correcta ventilación del aire, por lo que se reemplaza este por uno de menor espesor, ya que, si se deja sin filtros se está exponiendo los controladores y componentes eléctricos al polvo del aire. Este filtro de menor espesor debe ser revisado con mayor frecuencia para evitar saturación de este.
- Oportunidad 17: En esta oportunidad se determina que uno de los problemas está en el ajuste de la guía que lleva los insertos, es por esto que se creó un método de ajuste rápido que permite utilizar los mismos insertos como guía de referencia, en donde se deja una superficie llena de insertos sobre la guía y se ajustan los tensores de la guía a nivel de los insertos. La utilización de esto fue acompañada de una documentación de lectura rápida, ver Figura 3.36.

		Instructivo de ajuste				
Área de trabajo		Responsable	Realizó	Revisó	Aprobó	
Envasado		René Pérez	René Pérez			

Clasificación	Caso Problema ☒	Conocimiento Básico ☒
---------------	---	---

Ajuste Guia Tapadora - Barra Libre

2° Paso: Soltar guia superior Para soltar la guia superior se debe soltar la contra tuerca superior de la guia superior, para que de esta manera la guia quede apoyada por completo sobre los insertos. 	3° Paso: Soltar contra tuercas inferiores De manera de asegurar un ajuste correcto, soltar (bajar) las contra tuercas inferiores de la guia 
--	---

Figura 3.36: Documento para la oportunidad 17.

4 Análisis de oportunidades

Durante la fase de diagnóstico fue posible realizar la identificación y caracterización de 23 oportunidades las cuales se resumen en la Tabla 0.24 de la Sección G; En la Figura 4.1 se puede ver que la mayoría de estas oportunidades se concentran en el proceso de Envasado (18 Oportunidades; 74%) y luego el proceso de Lavado (3 Oportunidades, 13%). Luego, en la Figura 4.2 se presentan las pérdidas acumuladas por proceso, en donde el proceso de envasado acumula un 40,65% de pérdidas y a continuación viene el proceso de cambio de formato el cual acumula un 5,04%.

A continuación, se va a estudiar cada oportunidad identificada a profundidad de manera de poder determinar cuáles son las verdaderas causas que provocan que el problema aparezca y permanezca. Para esto se realizaron reuniones con el equipo de trabajo y sesiones de Brainstorming en las que se incluyeron a los operadores para tener un espectro de ideas más amplio.

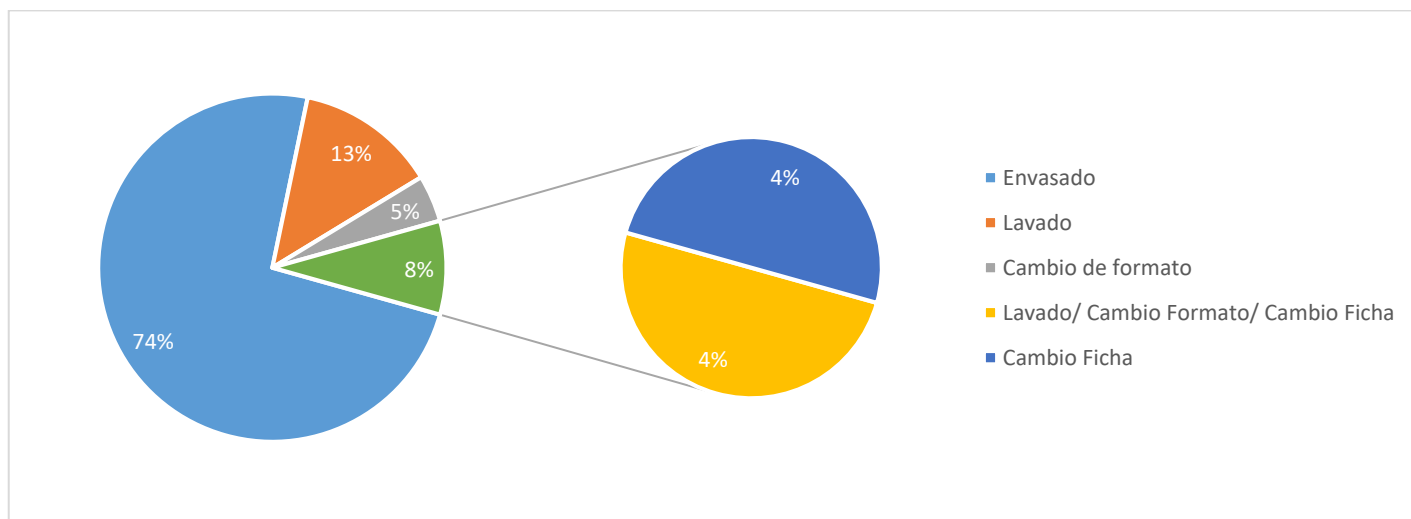


Figura 4.1: Estratificación de oportunidades por proceso.

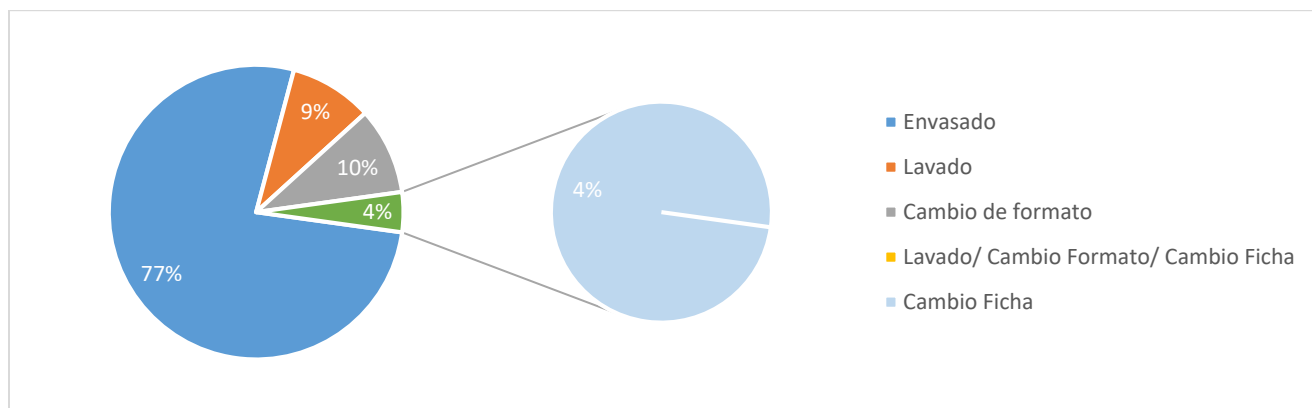


Figura 4.2: Estratificación de oportunidades por OAE perdido.

4.1.1 Análisis del proceso de Envasado

Ya que la mayoría de las pérdidas de OAE se acumulan en el proceso de envasado (Figura 4.2) se comienza por estudiar este proceso. Cada oportunidad identificada va a ser clasificada por el desperdicio que afecta y analizadas con la herramienta “5 Porque”, luego se identifica a que nivel de la Casa de TPS (Figura 2.1) corresponde, por ejemplo, si es un problema de orden o mantenimiento son problemas de 5S o TPM que están asociados a la parte más baja, pero si es un problema de cultura, corresponde más a un problema de Formación; además las causas raíces se asocian a uno de los recursos donde corresponde la pérdidas, si es de máquina, persona, método o materiales. Las oportunidades a continuación están ordenadas de acuerdo con el impacto que tienen en las pérdidas.

Oportunidad	10		
Oportunidad	Existen productos que al salir de la tapadora no presentan el inserto en la cavidad del envase en el formato Barra Libre		
Desperdicio	Defecto y Rechazo		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Porque las garras no recogen el inserto	Porque se utilizan garras incorrectas	Porque no existe una clasificación ordenada de los formatos	No existe una cultura de orden en la línea
	Porque las garras correctas están rotas	Porque las garras se instalan incorrectamente y se dañan en el uso	No existe un estándar ni guía de cambio de formato
	Porque el inserto no está en posición correcta		

Tabla 4.1: Análisis de la Oportunidad 10.

En base al análisis anterior (Tabla 4.1), se identifica que el problema fundamental de la Oportunidad 10 corresponde a la falta de estándar en el proceso de cambio de formato y falta de cultura para el orden y limpieza, la falta de estándar es un problema de Estandarización y la falta de cultura de orden es un problema de nivel Básico; esta oportunidad afecta directamente al recurso de Máquinas (ver Figura 2.4).

Luego se comienza a analizar la Oportunidad 2 (Tabla 4.2) en que se identifica que el problema fundamental en la detención reiterada de la línea es debido a un desbalance de velocidades de los equipos y que la velocidad de producción ha aumentado desde la implementación, estos problemas se asocian al Balance de Producción y a un problema de implementación de Sistema Pull (Aumenta la demanda, pero no se adapta el proceso) respectivamente. Este problema afecta principalmente al recurso de Máquinas.

Oportunidad	2		
Oportunidad	Existen detenciones reiteradas entre la etiquetadora y la volteadora		
Desperdicio	Espera entre pasos		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Sensores de acumulación detiene la línea aguas abajo(volteadora)	Existe acumulación de productos etiquetados en la entrada a la volteadora	Los equipos tienen diferentes velocidades de procesamiento	Las velocidades de los equipos no están establecidas
	El tiempo del sensor para activación es muy corto	Las velocidades de los equipos han aumentado con respecto al inicio	

Tabla 4.2: Análisis de la Oportunidad 2.

La Oportunidad 4 (Tabla 4.3) que corresponde al atasco en la salida del conmutador se asocia principalmente a que no existe un instructivo o guía del componente que indique las posiciones correctas del sensor y que tampoco existe un protocolo de limpieza establecido, estos problemas se asocian a la falta de estandarización de los procesos y la falta de cultura de limpieza en la línea; esta oportunidad afecta directamente al recurso de máquinas

Oportunidad	4		
Oportunidad	Se genera un atasco a la salida del conmutador (punto de convergencia de 2 líneas paralelas en 1)		
Desperdicio	Espera entre pasos		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Un envase de la línea cerrada se escapa y se atrapa con un envase de la línea abierta	Los pistones no son capaces de reconocer un envase escapando (Figura 4.3)	Existen sensores, pero están instalados incorrectamente	No existe un estándar que guíe la instalación de este componente
	El roce entre la correa transportadora y porta-envase es muy alto	La cinta transportadora está con desodorante	Nadie conoce la función de los sensores
			No existe un protocolo de limpieza de cinta

Tabla 4.3: Análisis de la Oportunidad 4.

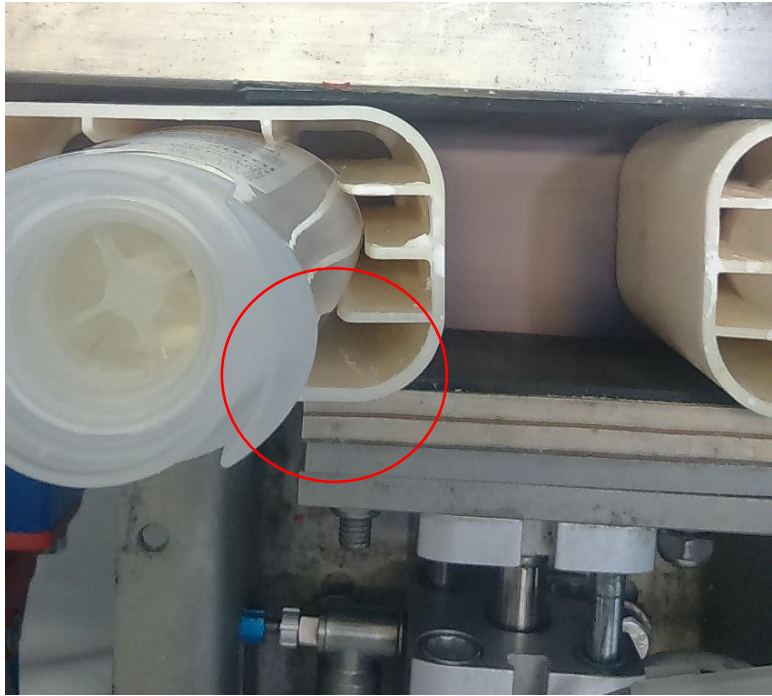


Figura 4.3: Porta-envase a punto de salir de la prensa.

Cuando se estudia la Oportunidad 9 (Tabla 4.4) se determina que los problemas fundamentales son variados, existe un problema del proveedor que cambio una materia prima para su producto, cambiando la dureza, esto se asocia principalmente a un problema de comunicación con los equipos de desarrollo de la compañía; también existe un problema de formación de las personas que trabajan en la línea, lo que se asocia a la educación del pilar de TPM y por último hay un problema de estandarización de los componentes que se relaciona con la estandarización de procesos. Esta oportunidad repercute directamente en el recurso de Máquina.

Oportunidad	9		
Oportunidad	Existen productos que al salir de la tapadora no presentan el inserto en el envase, lo que corresponde a un problema de calidad del producto		
Desperdicio	Defecto y Rechazo		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Inserto queda sobre puesto sobre el envase	El actuador que recoge el inserto coloca el inserto está desviado	Los operadores rotan el equipo moviendo los actuadores generando un torque alto, desviándolo (ver Figura 4.4)	Falta de formación para el uso de equipos
	El actuador no es capaz de alcanzar la presión suficiente	Los insertos presentan una dureza más alta de lo definido	El proveedor cambio la resina de base para los insertos
No hay inserto en el envase	La válvula de vacío no recoge el inserto	La ventosa es la incorrecta	No está establecido el tipo de ventosa que utiliza

Tabla 4.4: Análisis de la Oportunidad 9.



Figura 4.4: Operador manipulando la tapadora

La oportunidad 13 (Tabla 4.5) sobre el desvío horizontal de la etiqueta se puede llevar a 2 causas raíces, la primera es que no existe un estándar para el ajuste de la guía de entrada de la etiquetadora (Figura 4.5),

lo que corresponde a un problema de estandarización; y en la segunda causa raíz, se detecta que el proveedor cambió el molde de inyección de una de las piezas por desgaste, causando pequeñas diferencias en las tolerancias y por lo tanto, la rotación del envase (Figura 4.6), lo que se asocia principalmente a un problema de comunicación en la cadena de suministros. Estos problemas afectan principalmente al recurso de Máquina.

Oportunidad	13		
Oportunidad	La etiquetadora durante el proceso de etiquetado se desvía en sentido horizontal		
Desperdicio	Defecto y Rechazo		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	
La porta-envase tiene un sentido perpendicular al movimiento de la cinta de etiquetado, provocando que el envase no esté centrado con respecto al aplicador.	La guía de entrada de porta-envase está desviada	No existe un estándar para el ajuste	
Se detecta que la base del envase tiene un movimiento con respecto al cuerpo, causando que el envase se desvíe fácilmente al ingresar a la línea	El proveedor actualizó el molde de inyección de la base del desodorante	El molde anterior tenía desgaste	

Tabla 4.5: Análisis de la Oportunidad 13.

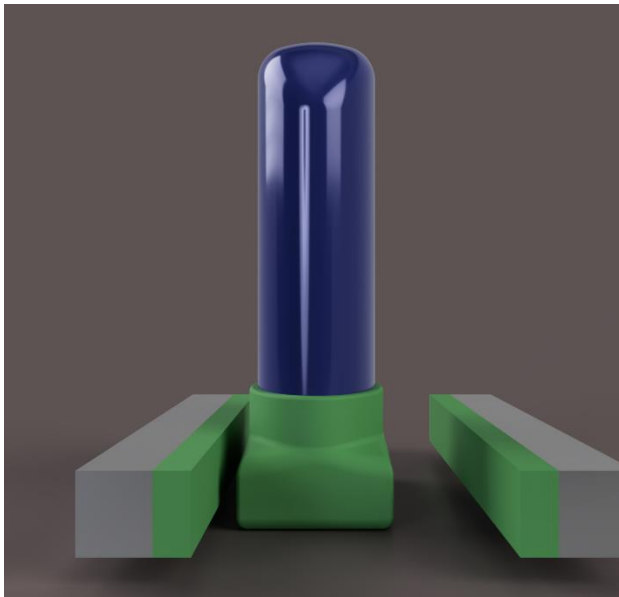


Figura 4.5: Desplazamiento de porta-envase con respecto a la guía de entrada

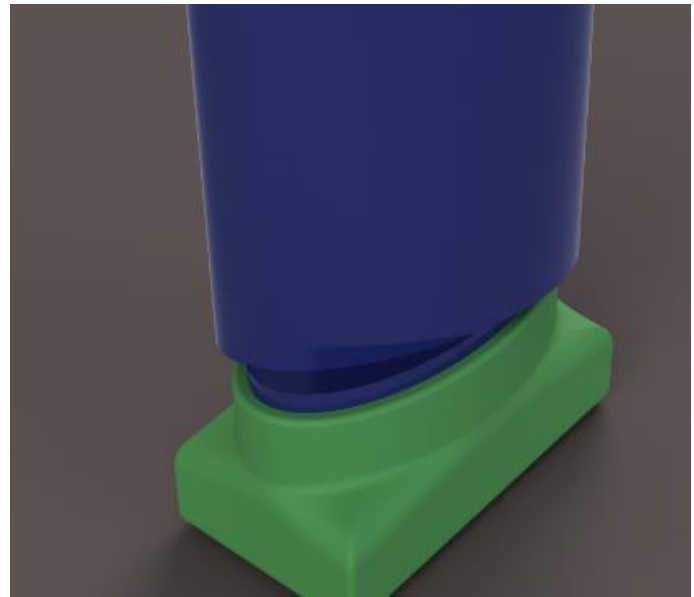


Figura 4.6: Rotación del cuerpo del envase con respecto a su base.

El principal desperdicio en la Oportunidad 19 corresponde al de Sobre procesamiento, debido a que cuando la textura de la masa del desodorante no cumple con los parámetros de calidad, los productos se vuelven a pasar por la torre de enfriamiento. Dada la complejidad de las entradas y sus interacción se decide utilizar un diagrama de Ishikawa de manera de plasmar mejor los factores que pueden causar el problema, con respecto a los problemas de máquinas se determina que existen componentes críticos que presentan falla o poca mantención, con respecto a los problemas asociados a los métodos y medición se deciden explorar parámetros que están fuera del estándar definido por lo que podrían ser determinantes en los comportamientos, además se detecta que en las materias primas hubo un cambio en la presentación de un aglomerante en donde pasó de ser líquido a ser polvo. Por último los maquinistas no conocen a cabalidad la importancia de ciertos componentes o actividades dentro del proceso de envasado, lo que corresponde al nivel de formación de los maquinistas. La oportunidad 19 se asocia principalmente al recurso Máquinas.

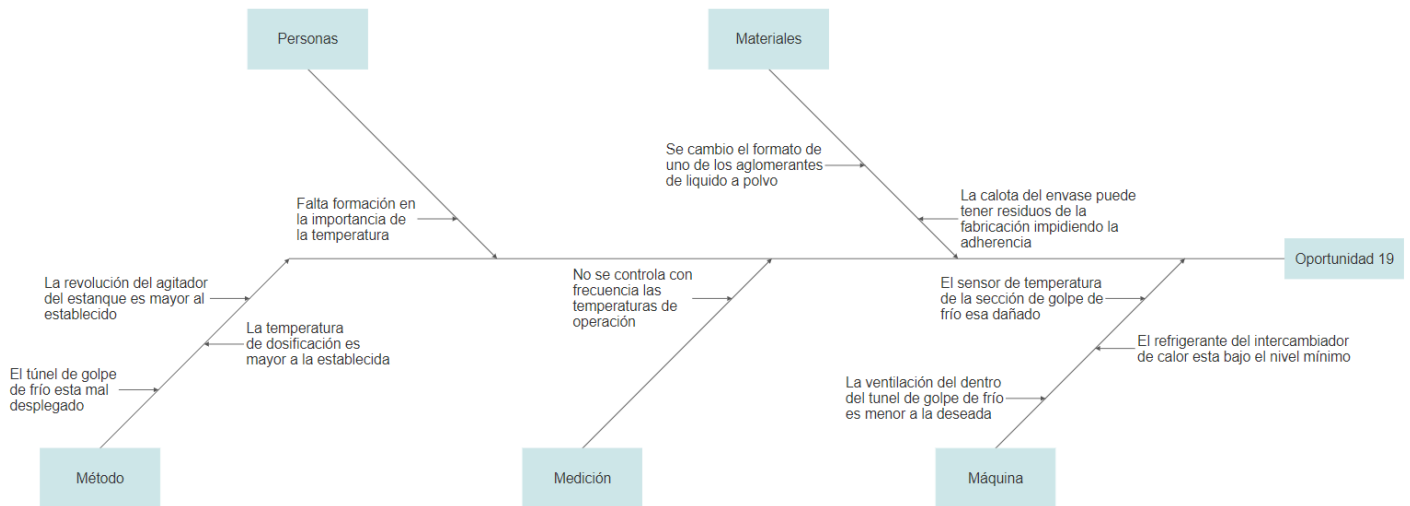


Figura 4.7: Análisis de la oportunidad 19 con diagrama Ishikawa.

La oportunidad 21 está asociada con el desperdicio de espera entre pasos, en donde su principal causa raíz se asocia al constante movimiento de la cinta, desviando con la vibración el envase (Figura 4.8) lo que se asocia a un problema de TPM (ya que este problema debería atenderse con la mejora enfocada), otra causa raíz asociada a esta oportunidad corresponde a la falta de limpieza de las cintas transportadoras lo que se encuentra dentro de los niveles básicos de Lean y por último se detecta que la otra causa raíz está asociada la estandarización y documentación del proceso. El principal recurso afectado por esta oportunidad es el de Máquinas.

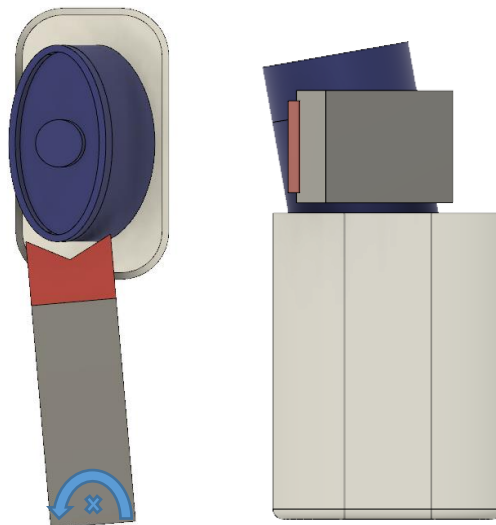


Figura 4.8: Representación de desviación del envase con respecto a la garra de la enfardadora, vista superior y lateral.

Tabla 4.6: Análisis de la oportunidad 21.

Código	21		
Oportunidad	Los cartridges se caen constantemente en el proceso de extracción del porta envases		
Desperdicio	Espera entre pasos		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Las garras y el envase no coinciden en su posición	Las garras presentan una desviación	La garra no se instala correctamente	Falta de estandarización en el ajuste
		La garra prensa el envase, y como este está desviado, desvía a la garra	El envase esta desviado por una vibración constante
	El envase presenta una vibración	La cinta inferior está en constante movimiento	La cinta mueve los envases a través en la entrada y salida de la maquina
		La cinta presenta suciedad aumentando el roce	Falta limpieza de las cintas

El desperdicio asociado a la oportunidad 1 es el de Defecto y Rechazo, en donde se determina que la causa raíz del problema está en la falta de estandarización de componentes, debido a que no existía ningún instructivo sobre su ajuste, tanto para operaciones como para mantención. El recurso sobre el cual repercute esta oportunidad es el de máquinas

Tabla 4.7: Análisis de la oportunidad 13

Código	1		
Oportunidad	Los envases presentan un polvo negro en la parte superior		
Desperdicio	Defecto y Rechazo		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
La cinta esta desviada chocando con el plato lateral limitador	El tambor de alineación no está alineado	No se revisa su ajuste con frecuencia	No es parte de la revisión frecuente del plan de mantención
	Existe un perno cortado en el tambor	No existe un estándar para el ajuste, ni formación para los operadores de envasado	

La oportunidad 17 se relaciona con el desperdicio de defecto y rechazo, y las principales causas raíces asociadas a esto son la falta de orden y limpieza provocando que los las guías de insertos se golpeen y desajusten (Figura 4.9), lo que corresponde a un problema de nivel básico; y por último, la otra causa raíz se asocia a la falta de estandarización y documentación en el cambio de formato. Esta oportunidad afecta al recurso Método.

Tabla 4.8: Análisis de la oportunidad 17.

Código	17	
Oportunidad	Hay envases de desodorantes que salen sin insertos producto del atasco en la guía de insertos	
Desperdicio	Defecto y Rechazo	
Porque 1	Porque 2	Porque 3
Los insertos se atrapan en las interfaces entre guías debido al desajuste	Los pernos de ajuste se sueltan debido a la vibración del sistema	La vibración está dada por la operación de taponado de los insertos
	En el proceso de cambio de formato las guías se golpean desajustándose	No existe un estándar de orden y limpieza
	Los operadores no poseen la capacitación para realizar los ajustes	No existe un estándar para el ajuste

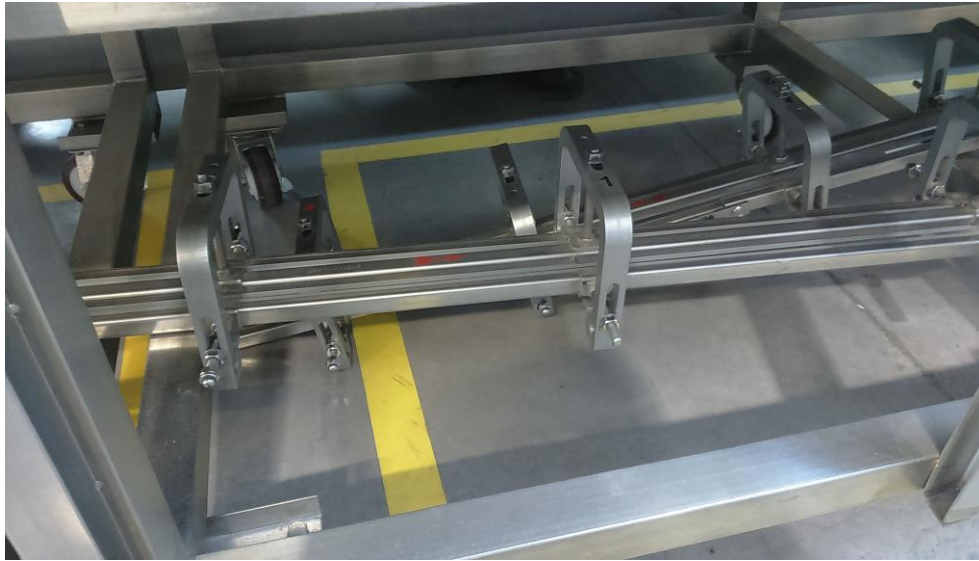


Figura 4.9: Condición de almacenamiento de las guías de insertos.

El desperdicio identificado como problema con respecto a la oportunidad 3 está relacionado con la espera entre paso debido a la indisponibilidad del equipo. La causa raíz que se identificó está asociada a un problema en la rutina de limpieza en donde no se consideró un componente del equipo, esto está relacionado con un problema en la rutina de mantención lo que se considera de nivel básico. El recurso sobre el cual afecta esta oportunidad es el de Máquina.

Tabla 4.9: Análisis de oportunidad 3.

Código	3		
Oportunidad	El equipo enfardador se detiene y entrega la falla “sobrecalentamiento de servo-motor”		
Desperdicio	Espera entre pasos		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Controlador de servomotor se calienta por sobre temperatura de operación	Existe alta temperatura por mala ventilación en el gabinete eléctrico	Los filtro sucios de extracción impiden que el aire caliente escape	No se aplica rutina de limpieza a estos filtros
	Controladores colindantes calientan a servomotor que entrega la falla		

El desperdicio sobre el cual afecta la oportunidad 11 es la de defecto y rechazo. De manera similar a la oportunidad 23, las causas raíces que se reconocen en esta oportunidad son la falta de capacitación de los operadores en el uso de los equipos y la falta de estandarización y documentación de los procesos. El recurso sobre el cual afectan es el de Máquina.

Tabla 4.10: Análisis de la oportunidad 11.

Código	11		
Oportunidad	La etiqueta está fuera de los valores tolerables de posición en el sentido vertical		
Desperdicio	Defecto y Rechazo		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
La etiqueta se plega cuando entra en contacto con el envase	La velocidad de disparo con la velocidad de avance no coincide	No existe un estándar de parámetros para el etiquetado	
La etiqueta se puede desplazar en sentido vertical sobre el aplicador	La etiqueta no está posicionada por completo sobre el aplicador	La etiqueta no posee tensión a la entrada de la etiquetadora	El tambor tensor esta suelta debido a que no existe estándar de ajuste ni capacitación

El desperdicio asociado al problema 6 es el de espera entre pasos y se identifica que la causa raíz de este problema es el daño de los porta-envases que se deforman y dañan los brazos del transportador en la llenadora dejando los porta-envases desviados, ver Figura 4.10. Este problema afecta principalmente al recurso de Máquinas.

Tabla 4.11: Análisis de la Oportunidad 16.

Código	6		
Oportunidad	Se pierde tiempo en limpiar el equipo luego de una caída no prevista en la llenadora		
Desperdicio	Espera entre pasos		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
El brazo que recoge el porta envases deja el porta envases fuera de la pista	No existe estándar de ajuste del brazo		
	El brazo presenta una desviación provocado por el choque de envases con la garra	La desviación del envase se produce por un daño en el porta envases en la entrada de la enfardadora	El porta envases se daña debido al movimiento constante de la cinta evitando que entre correctamente al tornillo



Figura 4.10: Desviación de porta-envase al entrar a la máquina.

La principal pérdida de la oportunidad 5 asociada a este es la espera entre pasos por las detenciones, las causas raíces se asocian al acople del eje del motor con el engrane de transmisión de insertos que presenta un juego debido a la vibración del motor y además existe un resorte para la posición del distribuidor de insertos que presenta una tensión diferente a los resortes colindantes .Otra causa se asocia a que el

componente no está presente en la rutina de inspección, los problemas anteriores se asocian a un problema básico de TPM y afectan al recurso Máquina.

Tabla 4.12: Análisis de la Oportunidad 5.

Código	5		
Oportunidad	El distribuidor de insertos entrega la falla “Bloqueo Muerto” y “Falla aire comprimido posicionador”		
Desperdicio	Espera entre pasos		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
El disco principal de distribución se detiene	El acople eje del motor - Engrane de transmisión esta suelto	La vibración suelta la tuerca de presión del acople	
		Este componente no se verifica con frecuencia	
	Una posición del anillo de destrucción presenta resistencia al topar con una protección	El anillo presenta una leve desviación	La tensión del resorte de posición es diferente a los otros causando que el otro extremo se levante

A continuación se comienzan a estudiar las oportunidades no cuantificadas que corresponden al proceso de envasado en donde se comienza describiendo la Oportunidad 16 (Tabla 4.13) en donde la falta de cultura de orden y limpieza se asocia principalmente a un problema básico en la estructura Lean y la no existencia de un estándar de orden y limpieza a un problema más de Estandarización; ambas causas raíces afectan al recurso Persona.

Código	16	
Oportunidad	Existe un desorden generalizado en la zona de trabajo (Línea de envasado), desde los elementos de limpieza y herramientas hasta las materias primas	
Desperdicio	Espera entre pasos	
Porque 1	Porque 2	Porque 3
Se descuidan los aspectos de orden y limpieza	Se premia la producción por sobre otros aspectos	Es un aspecto que no se valora como importante en el proceso productivo
	No se prestan los espacios de tiempo para esto	
	No existe demarcación en el área de trabajo	No existe un estándar de orden y limpieza exigible
	No hay espacios definidos	

Tabla 4.13: Análisis de la Oportunidad 16



Figura 4.11: Mezcla de componentes de máquinas en el gabinete de limpieza.

Con respecto a la Oportunidad 18 (Tabla 4.14) sobre la concentración de actividades en el Maquinista y en la Coordinadora se debe principalmente a que no existe una Estructura de Capacitaciones que se haga cargo de formar a los operadores en más actividades, esta causa raíz afecta principalmente al recurso de Personas.

Código	18	
Oportunidad	El maquinista/coordinadora realizan demasiadas acciones durante la operación normal, dejando sin atención a las actividades críticas	
Desperdicio	Movimiento Innecesario	
Porque 1	Porque 2	Porque 3
Los procesos no están pensando en ser desarrollados por un equipo	El resto de los operadores no tienen las capacitaciones	No existe una estructura de capacitaciones
El Maquinista/Cordinador prefiere hacer los ajustes él		

Tabla 4.14: Análisis de la Oportunidad 18

Se identifica en la Oportunidad 8 (Tabla 4.15) que su problema raíz se debe a la falta de documentación existente con respecto al uso del sistema de control de producción, lo cual corresponde a un problema de Estandarización de los procesos y afecta al recurso Métodos.

Código	8		
Oportunidad	Existen sistemas para el control de la producción, pero estos no se ocupan		
Desperdicio	Sobre procesamiento		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Los operadores no ingresan la información necesaria al sistema	No ingresan la Información por el tiempo que les toma	Les toma mucho tiempo porque los operadores no están correctamente capacitados	Se les realiza capacitación pero no existe documentación para apoyar el aprendizaje

Tabla 4.15: Análisis de la Oportunidad 8.

Por último la Oportunidad 7 (Tabla 4.16) posee 3 causas raíces, la primera relacionada a la falta de actualización de los componentes a medida que los requerimientos de los clientes ha ido cambiando, esto se asocia principalmente a la estandarización de componentes correspondiendo a un problema de TPM; otra causa se asocia a la falta de orden y limpieza de la línea en donde ciertos componentes se golpean desajustándose, lo que corresponde a un problema de nivel básico; y por último, la otra causa raíz se

asocia a la falta de estandarización y documentación en el cambio de formato. Esta oportunidad afecta al recurso Personas.

Código	7		
Oportunidad	Hay una persona en el proceso de envasado que no está agregando valor		
Desperdicio	Sobre procesamiento		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
La persona tiene el rol de inspeccionar los envases que pasan sin inserto en la tapadora	La Tapadora no coloca todos los insertos	La raíz de este problema se encuentra en la Oportunidad 17	
	La Tapadora cuenta con la capacidad de rechazar productos malos pero no funciona en este formato	El sensor fotoeléctrico necesita de una superficie de mayor reflectividad de manera de recibir la señal de retorno	Las máquinas no se han actualizado apropiadamente con respecto a los materiales

Tabla 4.16: Análisis de la Oportunidad 7

4.1.2 Análisis del proceso de Cambio de Formato

Ahora que ya se caracterizaron las oportunidades más críticas del proceso de envasado se procede a estudiar la oportunidad identificada en el proceso de cambio de formato, para esto se estudió la oportunidad 15 (Tabla 4.17) en donde se identifica que los principales problemas son la falta de entrenamiento en los procesos y la falta de estandarización de los repuestos para cada máquina. Esta oportunidad impacta principalmente en los recursos de Máquinas y Métodos.

Oportunidad	15		
Oportunidad	Los procesos de cambio de formato son muy variables en tiempo de desarrollo		
Desperdicio	Espera entre pasos al requerir pausar la llenadora para el cambio en tapadora		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	
Los operadores no tienen capacitación formal del cambio	No existe una instancia formal de entrenamiento		
No se utiliza el instructivo de cambio de formato	El instructivo es muy básico	Solo cubre cambio de componentes, no habla de procesos previos o posteriores, ni flujo de cambio	

Tabla 4.17: Análisis de la Oportunidad 15

4.1.3 Análisis del proceso de Lavado

De manera similar se hace el estudio para la Oportunidad 20 (Tabla 4.18) del proceso de lavado en donde se identificó que existen momentos en que ningún operador realiza actividades, se identificó que el problema raíz de esto se debe a que los ritmos de demandan aumentaron pero los niveles tecnológicos de ciertos equipos no se adaptaron al cambio. Esto principalmente se puede asociar a un problema de SMED en donde no se ha optimizado el proceso, esto se asocia principalmente a los métodos utilizados en el proceso

Oportunidad	20		
Oportunidad	Existen momentos en los que ningún operador de la línea realiza una tarea		
Desperdicio	Espera entre pasos		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
Existen tiempos muertos en el lavado	Solo un estanque de los 3 puede ser utilizado para envasar	Es el único que tiene un homogeneizador de fondo	El nivel de demanda de la línea ha aumentado con el tiempo

Tabla 4.18: Análisis de la Oportunidad 20

A continuación, se describen las oportunidades no cuantificadas pertenecientes al proceso de Lavado. El análisis comienza con la Oportunidad 22 (Tabla 4.19) que es un problema que se identificó tanto en el proceso de Lavado como de Cambio de Formato y de Ficha, y su causa raíz identificada es debido a la

falta de estructura de capacitaciones a nivel general en la empresa, esto se asocia principalmente a un problema de formación en la estructura TPS (ver Figura 2.1) y se refleja impactando el recurso de Personas.

Oportunidad	22		
Oportunidad	El resto de los operadores no tienen roles activos en los tiempos muertos (Cambio de Formato, Cambio de Ficha y Lavados) lo que conlleva a la desmotivación		
Desperdicio	Movimiento innecesario, al dejar al maquinista solucionar todos los problemas		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	
El resto de los operadores no tienen las capacitaciones	Lo operadores no tienen capacitaciones debido a que no existe una estructura de trabajo	No existe una estructura de capacitaciones	

Tabla 4.19: Análisis de la Oportunidad 22

La oportunidad 12 (Tabla 4.20) relacionada con las deficiencias identificadas en el proceso de envasado se asocian principalmente a que no existe un instructivo claro del proceso de lavado en donde se especifiquen las variables siendo un problema de estandarización; y existe un problema en las rutinas de inspección que debido al bajo tiempo de revisión, han impactado en la eficiencia de equipos, esto corresponde a un problema de TPM, que según la Figura 2.1 está en el primer nivel necesario para alcanzar la excelencia operacional. Esta Oportunidad afecta al recurso de Método.

Oportunidad	12				
Oportunidad	Existen deficiencias en el proceso de lavado				
Desperdicio	Defecto y Rechazo				
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4	Porque 5	
Quedan rastros de Masa del producto anterior	El agua que se utiliza para lavar está a una temperatura menor de lo necesario	Los operadores modifican variables del calefactor	El calefactor ha disminuido su eficiencia, aumentando el tiempo en calentar agua	No se realizan las inspecciones apropiadas; no existe tiempo de inspección	
Se acumula Masa en las cañerías			No existe un instructivo en línea indicando las variables definidas		

Tabla 4.20: Análisis de la Oportunidad 12

La última oportunidad no cuantificada del proceso de lavado es la Oportunidad 14 (Tabla 4.21) en donde se determina que la causa raíz es la falta de una estructura de capacitaciones y falta de documentación de los procesos, donde ambas causas raíces corresponden a problemas de formación; esto principalmente se asocia al recurso de Método.

Oportunidad	14		
Oportunidad	Se detecta que los diferentes maquinistas realizan el procedimiento de lavado de manera diferente		
Desperdicio	Defecto y Rechazo		
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4
No se utilizan pautas de lavado	Las pautas de lavado están desactualizadas y no son prácticas	Los sistemas se han modernizado con respecto al período de generación del instructivo	No existe documentación de procesos
	Los operadores minimizan la importancia del proceso de lavado	No existe una estructura de capacitaciones	

Tabla 4.21: Análisis de la Oportunidad 14

4.1.4 Análisis del proceso de Cambio de Ficha

Por último, se realiza el análisis de la oportunidad 23 perteneciente al proceso de Cambio de Ficha, el desperdicio que se asocia a esta oportunidad es el sobre procesamiento debido a la repetición de la actividad “Ajuste Cámara” (Tabla 3.5) con cada cambio. Las causas raíces que se identificaron para este problema son: La falta de capacitación de los operadores con respecto al uso de los equipos que se relaciona con la formación de los operadores; y también se debe a la falta de estandarización y documentación de los procesos. Ambas causas afectan al recurso Método.

Tabla 4.22: Análisis de la oportunidad 23.

Código	23	
Oportunidad	Ajuste reiterado de etiqueta	
Desperdicio	Sobre procesamiento	
Porque 1	Porque 2	Porque 3
La cámara debe cambiar de parámetro dependiendo de la etiqueta	Las referencias de las etiquetas están en diferentes partes dependiendo de la etiqueta	Los diseños de las etiquetas no se realizan pensando en la producción
El ajuste de la cámara se hace desde 0 con cada cambio de referencia	No existe un registro de parámetros a ajustar	Falta de estándar y capacitación de los operadores
No se utilizan todas las funciones de la cámara	No se creó un plan para el almacenamiento de las escenas	

5 Plan de mejora

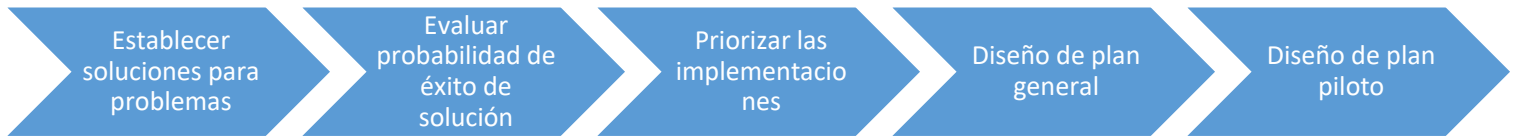


Figura 5.1: Estructura a desarrollar en el plan de trabajo.

Para el diseño de un plan de trabajo es importante definir la secuencia de acciones a trabajar, como se ve en la Figura 5.1 es necesario primero crear soluciones para los problemas, pero es necesario que estas soluciones ataquen las causas raíces, esto por 2 motivos: primero, generalmente las causa raíces generan más de un problema y segundo, al trabajar sobre estas causas se reduce la probabilidad de que vuelvan a surgir los mismo problemas.

Luego es necesario determinar la probabilidad de éxito de cada solución, esto ya que ciertas soluciones pueden ser implementadas con éxito solo cuando ya existe una base en el sistema, un ejemplo de esto es lo difícil que puede ser lograr una producción estable y estandarizada sin tener un equipo de trabajo formado y capacitado o sin una cultura de orden y limpieza, lo anterior basado en la estructura presentada en la Figura 2.1.

Una vez establecidas las probabilidades de éxito, es necesario diseñar un plan teniendo en cuenta su relevancia en la causa raíz, y la probabilidad de éxito de dicha solución. Ya con el plan general diseñado, se crea un plan piloto que tiene por objetivo implementar una selección de soluciones con el fin de evaluar la probabilidad de éxito del plan en general.

5.1 Propuesta de soluciones para las problemáticas

Dado que el análisis de las oportunidades se ordenó por el impacto que tiene esta sobre los procesos, el planteamiento de las soluciones se hará de la misma manera. A cada oportunidad se le planteará una serie de soluciones que trabajan sobre diferentes causas de cada problema, por ejemplo en la Oportunidad 10 (Tabla 4.1) es necesario trabajar sobre la cultura de orden debido a que los componentes se confunden, pero además es necesario trabajar sobre el proceso de cambio de formato y como se documenta; los dos problemas anteriores trabajan sobre la causa raíz del problema (ver Porque 4 en la Tabla 4.1) pero si no se arreglan los componentes que ya están rotas (Porque 2) el problema va a seguir sucediendo.

5.1.1 Proceso de envasado

A continuación, se comienza con la descripción de las soluciones propuestas para las oportunidades identificadas en el proceso de envasado.

Oportunidad 10: Para esta oportunidad es necesario trabajar sobre sus 2 causas raíces más relevantes, la primera habla de un problema de orden y limpieza en la línea, ya que cuando un componente se cambia durante el cambio de formato, como no existen lugares definidos estos se guardan en lugares no apropiados facilitando que estos se golpeen, es por esto que se propone dividir el espacio de trabajo en diferentes espacios como se ve en la Figura 5.4, facilitando así la distribución de herramientas y reduciendo los desplazamientos; con respecto a la estandarización y documentación de los procesos es necesario crear un instructivo en el que se detalle los componentes apropiados para cada formato, como distinguirlos y como instalarlos; pero además es necesario restituir los componentes dañados, eliminando los dañados.

Oportunidad 2: En este caso es necesario realizar un estudio de producción nivelada con el fin de determinar las velocidades óptimas para el flujo continuo, para esto se determina el equipo *cuello de botella*⁹ en la línea y se debe determinar cuáles son los parámetros más importantes que afectan la velocidad del equipos, luego es necesario realizar un estudio de manera similar en los otros equipos, solo que los parámetros a determinar deben ser los necesarios para alcanzar la velocidad del equipo cuello de botella. Luego es necesario trabajar sobre la documentación del proceso de cambio de manera de dejar un registro de las velocidades óptimas y sus parámetros.

Oportunidad 4: En este caso, ambas causas raíces pertenecen al nivel más bajo en la estructura Lean, siendo estos la cultura de orden y limpieza la cual va a ser apoyada por un protocolo de limpieza centrado en la limpieza de las cintas de transporte sucias por el desodorante y la creación de documentación para el área de mantenimiento del componente. Con respecto al problema que se detectó en la posición de los sensores, es necesario un reajuste de la posición de los sensores del equipo (restablecimiento de condiciones básicas) de manera de detectar un porta-envase a punto de esquivar.

⁹ Cuello de botella: Parte de un proceso que debido a diferentes factores es más lento que los otros, provocando que la cadena de producción funcione al ritmo de este proceso.

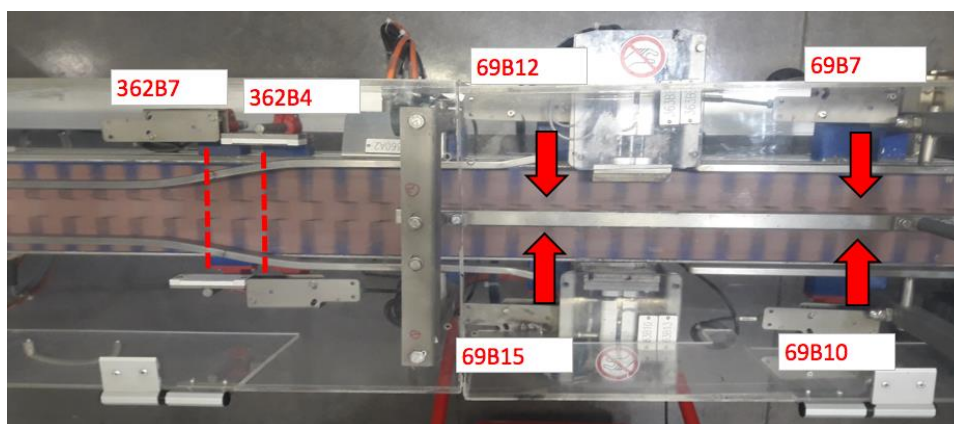


Figura 5.2: Propuesta de posición de sensores para la oportunidad 4.

Oportunidad 9: La solución para este problema tiene múltiples aristas, la primera es la realización de una capacitación que considere los modos de falla del equipo y como solucionarlos, de manera que el equipo no sea sometido a fuerzas para las que no fue diseñado, además documentar el procedimiento. Luego es necesario determinar el tipo de ventosas de succión apropiadas y dejar esto establecido en los documentos que maneja el área de mantención. Por último, es necesario levantar el problema del proveedor que cambió una materia prima a cargos más altos de manera que se pueda tomar la decisión correcta.

Oportunidad 13: La oportunidad 13 consiste en una mezcla de un problema interno con uno externo, la problemática interna corresponde al ajuste de una parte de la máquina de la cual no existe ni estándar ni guía de ajuste, por lo que se hace necesario la estandarización de éste ajuste en conjunto con una capacitación de este problema. Además el problema externo asociado al cambio de molde de parte del proveedor se debe elevar a cargos más altos para que estos tomen la decisión apropiada.

Oportunidad 19: El equipo de trabajo no fue capaz de llegar a una propuesta para poder solucionar este problema en su causa raíz, por lo anterior es que el análisis de esta causa queda pendiente. No obstante se observa que al reducir la temperatura de refrigeración luego de la dosificación el problema se reduce, a pesar de que la temperatura esta fuera de los limites definidos; se debe consultar con el Ingeniero de Calidad la viabilidad de esta corrección. Es necesario además realizar observaciones sobre el intercambiador de calor ya que va a estar trabajando en rangos fuera del estándar.

Oportunidad 21: Con respecto a esta oportunidad, si bien la causa raíz se asocia al constante movimiento de la cinta que es la que provoca el desplazamiento del envase no es posible realizar una modificación que permita a la máquina detener la cinta para el proceso de levante de los cartridges, es por esto que se decide trabajar sobre los aspectos más manejables de la máquina, las garras, la estandarización y documentación para asegurar una instalación adecuada, y la limpieza de la línea. Para la limpieza de la

cinta transportadora es necesario apoyarla con la creación de un protocolo de limpieza, al igual que en la oportunidad 4.

Con respecto a las garras que se encargan de tomar el cartridge, debido a que estos no están correctamente alineados con las garras, causando que estas roten con respecto a su punto de sujeción, ver Figura 5.3, dado que no es posible hacer que los envases queden alineados, es que determina que un sistema de amortiguación capaz de absorber el desvío de la garra evitará que el cuerpo completo rote, esto además permite estabilizar los cartridges desviados.



Figura 5.3: Propuesta de sistema de amortiguación para oportunidad 21.

Oportunidad 1: Se detecta que la principal causa raíz de este problema está asociado a la falta de estandarización de componentes en donde se detecta que la rueda tensora de la correa estaba desalineada provocando que la correa se tuerza y desgaste con la pared, en base a lo anterior se determina que es necesario incluir la inspección y alineación de este componente en las inspecciones que realiza mantenimiento, debido a que la alineación es un proceso más complejo.

Oportunidad 17: Se detecta que hay 2 causas raíces, en el tema del orden y limpieza se observa que durante el cambio de formato no hay un lugar definido ni menos óptimo para guardar los componentes, es por esto que es necesario utilizar un sistema de orden de cambio de formato acercando a cada máquina los componentes que le corresponden en conjunto con las herramientas necesarias (ver Figura 5.4); sobre esto es necesario brindar la importancia del orden a los operadores. Con respecto al ajuste de estas guías es necesario definir una forma fácil y rápida de ajustar; para esto se propone crear un Poka-Yoke que

consiste en una guía plegable que tiene las medidas necesarias para que pase un inserto, esto permitirá ajustar la guía de manera rápida y con certeza de estar dentro de las tolerancias, al brindar una nueva herramienta es necesario realizar una breve introducción y documentar su uso, ver Figura 5.5.

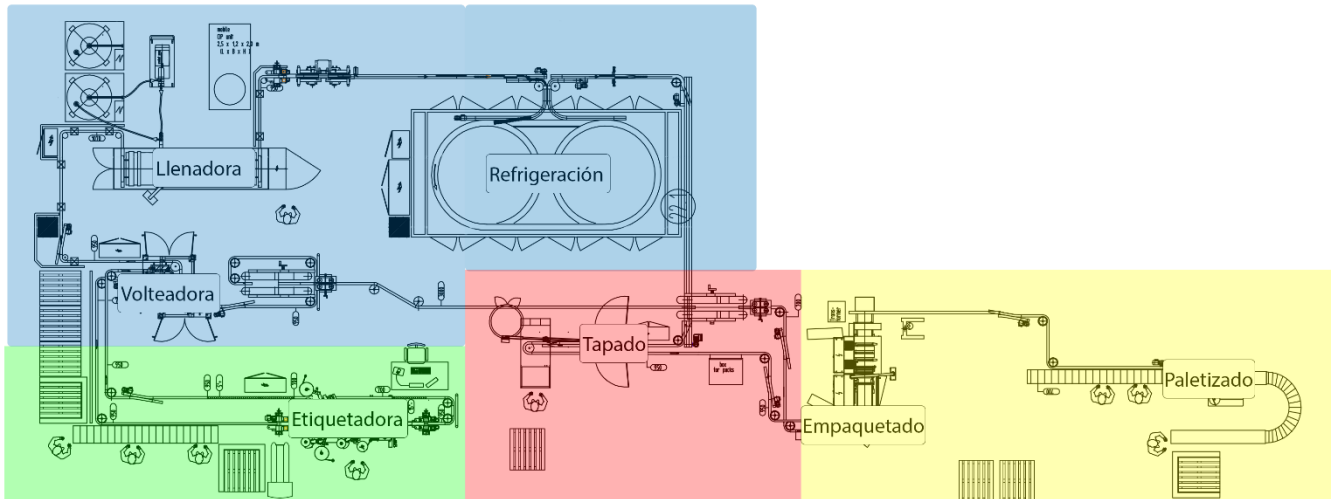


Figura 5.4: Layout de la línea con las demarcaciones propuestas.

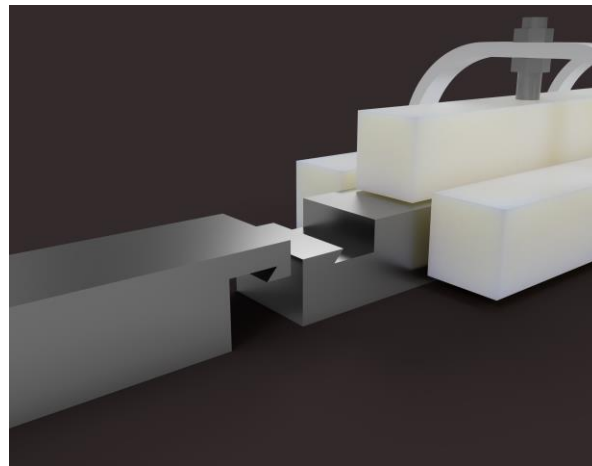


Figura 5.5: Guía de insertos propuesta.

Oportunidad 3: Con respecto a la causa raíz de este problema, asociado a la limpieza del juego de filtros de extracción, es que se incluyen estos en la inspección de mantención; y el driver de servo-motor debe quedar en observación para verificar que la causa raíz estaba asociada al problema de filtros.

Oportunidad 11: En esta oportunidad se identifica que la desviación de la etiqueta corresponde a un problema de formación debido a que los operadores no tienen conocimiento de todos los factores y componentes envueltos en el proceso de etiquetado, dado esto, es necesario la realización de un documento en el cual se indiquen los principales puntos de ajuste del equipo y luego una capacitación

para formar a los operadores actuales. Adicionalmente se identifica que la etiqueta cuando no posee la tensión adecuada tiende a desviarse en sentido vertical, es por esto que se pretende modificar el aplicador de manera que permita que la etiqueta no posea un juego vertical, esta modificación del aplicador considera añadir una pestaña en los extremos de manera de evitar el desplazamiento de etiqueta, ver Figura 5.6

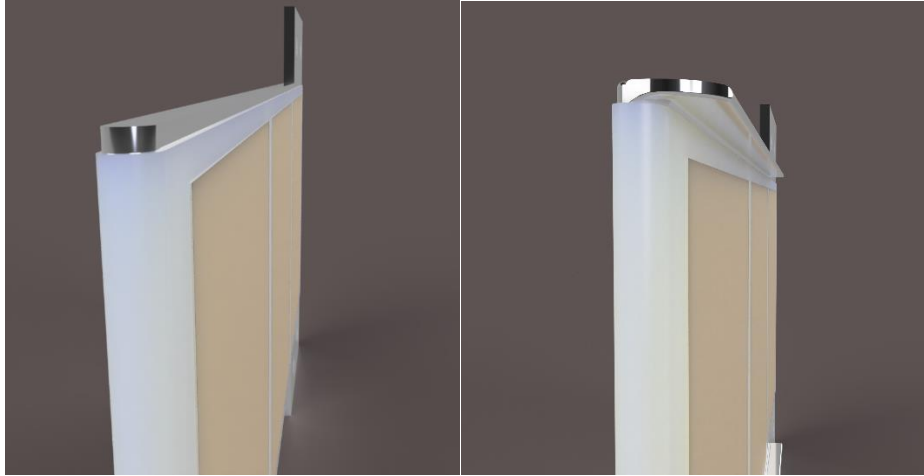


Figura 5.6: Izquierda: Aplicador original. Derecha: Aplicador modificado.

Oportunidad 6: En el análisis de causa raíz de este problema se identificó que el principal daño de los brazos que recogen los envases en la llenadora son causados por la deformación del porta-envases en la máquina enfardadora, principalmente debido a que los tornillos de alimentación no están alineados entre sí (ver Figura 5.7), por lo que es necesario realizar una alineación de estos; de la misma manera es necesario crear una rutina de inspección por un tiempo para observar posibles cambios. Además, ya que los brazos de la llenadora ya están desviados es necesario realizar una revisión de estos y realizar el ajuste necesario. Dado el daño en alguno porta envases, es necesario reponer los cartridges dañados de manera de evitar que se continúe produciendo el problema.



Figura 5.7: Porta-envase atorado en el tornillo de alimentación provocando la deformación de este.

Ya que el principal problema de esta oportunidad es el tiempo perdido de limpieza una vez se cae el envase con la masa (líquido caliente) es que se propone instalar un sensor en el punto de inyección para detectar si un envase viene caído y evitar derramar producto; esto va en línea con el pilar de Autonomación (Jidoka) de la estructura TPS.

Oportunidad 5: Debido a que el análisis de causa raíz indica que la falla se presenta debido a que una tuerca del eje se soltó debido a la vibración constante, es que se propone instalar una golilla de presión para que la tuerca esté sometida a una pre- tensión constante; en conjunto con la acción anterior es necesario realizar nuevamente la tensión de los resortes del anillo de distribución de manera que emparejar su posición, además es necesario agregar este componente a la planilla de inspección del departamento de mantención.

Oportunidad 16: En base al problema de la oportunidad 16, se propone realizar una estructuración por sectores en la línea de envasado siguiendo la misma estructura (ver Figura 5.4) y en base a esto realizar una demarcación del área de trabajo que apoye el flujo de materiales y de personas. Además es necesario comenzar a desarrollar un plan enfocado en la cultura del orden y limpieza.

Oportunidad 18: La causa raíz que se detectó a en esta oportunidad está asociada a las habilidades y polivalencias de los operadores, es por esto que se propone modificar la estructura interna de los turnos (Figura 5.8) en donde se determina que tanto el maquinista como la coordinadora tengan un apoyo directo, para el caso del maquinista sería un operador con mayor formación en términos de ajuste y manipulación de los equipos, esto permite que el maquinista puede concentrarse de mejor manera en las actividades más críticas del proceso de envasado; de manera similar, esto aplica para la coordinadora. Esta modificación de la estructura debe ser apoyada por un sistema de capacitaciones para brindar las

habilidades necesarias a los operadores seleccionados. Es importante realizar una definición detallada de las actividades a desempeñar por cada miembro del equipo y definir sistema claro para traspasar la información tanto en forma de documentación para la línea como para las personas

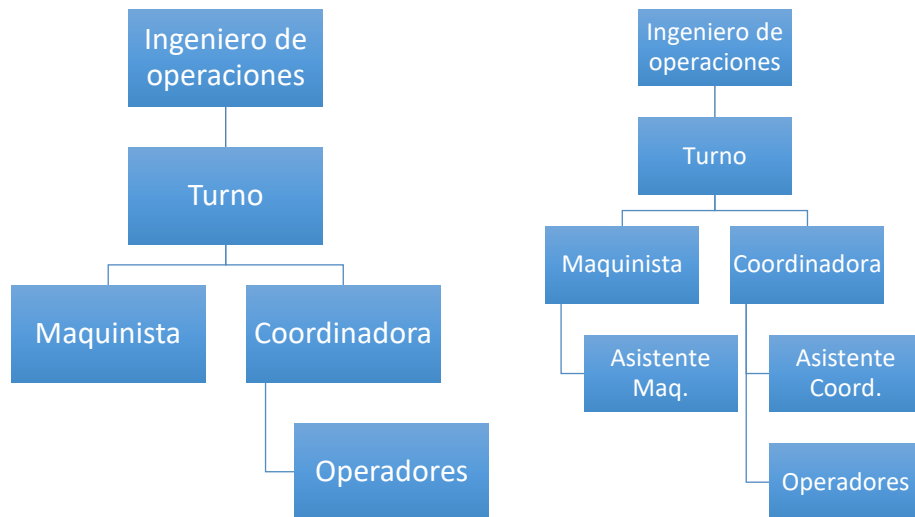


Figura 5.8: Izquierda: Estructura interna de turnos actual. Derecha: Estructura de turnos propuesta

Oportunidad 8: Para solucionar este problema es necesario realizar una capacitación en el puesto de trabajo y durante las operaciones, esta capacitación debe ser apoyada por un tiempo para reforzar los conceptos, es importante apoyar lo anterior con la documentación del uso que sea simple y rápido, para fomentar su uso.

Oportunidad 7: La primera causa raíz a tratar está relacionada con la actualización del equipo, en particular del sensor de presencia de insertos, el problema es la tecnología ocupada basada en sensores fotoeléctricos, una solución flexible es la de un sensor fotográfico que permite realizar una discreción pasa/no pasa (ver Figura 5.9). Esta solución debe ser acompañada de la capacitación de uso y configuración adecuada además de crear la documentación adecuada para la línea y para el departamento de mantenimiento. El problema dado por el daño de los componentes se resuelve en la solución de la oportunidad 17 creando espacios dedicados en donde dejar los componentes y herramientas que no estén en uso.

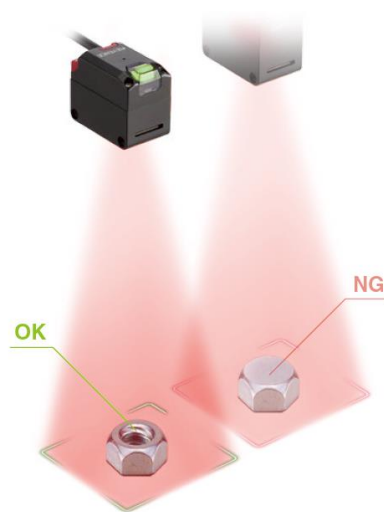


Figura 5.9: Ejemplo de funcionamiento de sensor fotográfico por comparación. (Keyence, 2018)

5.1.2 **Proceso de cambio de formato**

Ahora que se finalizó la descripción de las soluciones para el proceso de envasado, se comienza a describir la propuesta de solución para el proceso de cambio de formato.

Oportunidad 15: En esta oportunidad se identifica que los tiempos de cambio de formato en diferentes turnos es muy variable, lo que permitió llegar a la conclusión de que el proceso no está estandarizado ni optimizado (cada maquinista lo resuelve como cree que es más rápido). Como se describió en la Sección 3.2.3 el estándar actual del proceso de cambio de formato no propone un proceso, sino más bien una guía de ajuste para las máquinas, en este caso es que se decide proponer una mejora del proceso de manera de optimizar, estandarizar y documentar el proceso.

La propuesta se basa en un estudio de SMED del cambio de formato, con el fin optimizar el proceso reduciendo las detenciones. El estudio considera el estudio de todas las actividades realizadas y estas fueron clasificadas en base a si son actividades internas o externas, en base a este estudio se determinó que la actividad 27 de la Tabla 0.19 puede ser convertida a una actividad externa.

Actualmente es una actividad interna debido a que el sistema de porta-envases es un sistema cerrado (Figura 5.10) en donde las líneas rojas son los porta-envases con productos, y las líneas azules representan el retorno de porta-envases vacíos. Como este sistema es cerrado, en el momento que se realiza el cambio de formato en la llenadora (máquina detenida), la tapadora y la enfardadora no pueden seguir funcionando generando una acumulación de aproximadamente 3000 porta-envases con producto en la torre de enfriamiento hasta que se termina el cambio de formato en la llenadora. Luego, cuando se

produce el recambio de productos dentro de la torre de enfriamiento es necesario detener la línea para realizar el cambio de formato en la tapadora y enfardadora.

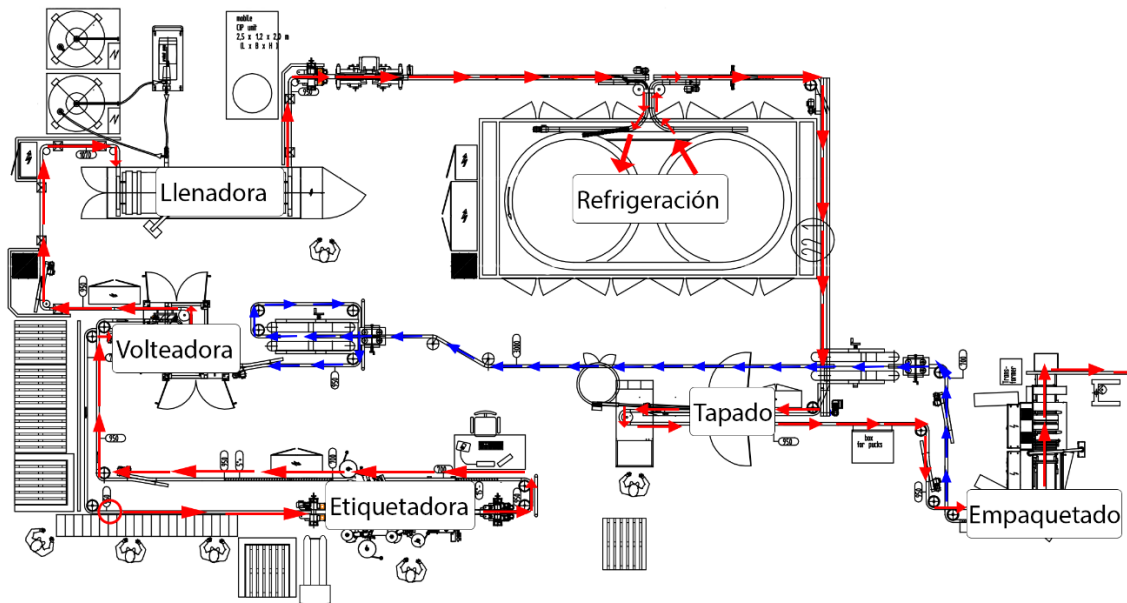


Figura 5.10: Extracto de layout de línea, indicando el sistema de porta-envases actual.

La propuesta se basa en la apertura del sistema al añadir un método de acumulación externo (Actividad Externa) (Figura 5.11), esto permite que la torre de enfriamiento, tapadora, y enfardadora puedan seguir funcionando cuando la llenadora está detenida ya que los porta-envases en vez de volver a la llenadora, quedarán fuera del circuito vaciando la torre de enfriamiento. Luego, cuando la llenadora está lista y comienza a funcionar, se ingresan manualmente los nuevos porta-envases, la llenadora demora 37 minutos en llenar la torre de enfriamiento, tiempo suficiente para realizar el cambio de formato en la tapadora y enfardadora sin detener el proceso de envasado.

Para el método de acumulación externo se requiere de 2 operadores, los cuales actualmente no tienen tareas asignadas durante el proceso. Además, es necesario realizar la compra de un carro desplazable para los porta-envases.

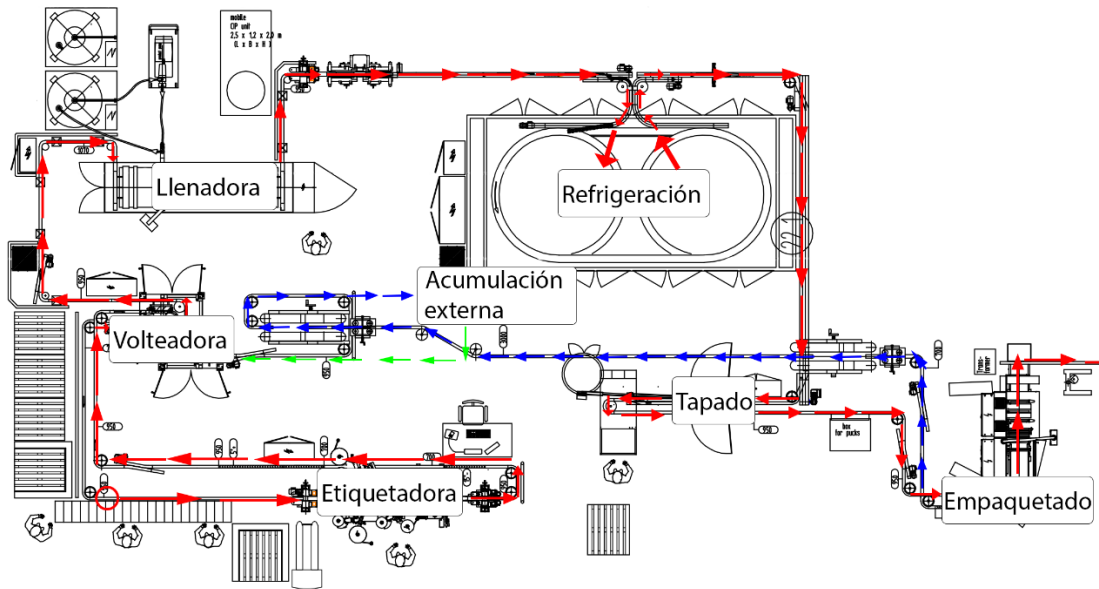


Figura 5.11: Extracto de layout de línea, indicando el sistema de porta-envases propuesto.

La implementación de esta actividad debe ser apoyada con una capacitación con los principales involucrados, maquinistas, coordinadoras y operadores, de manera de discutir las propuestas y permitir que los operadores se involucren en el proceso de la mejora.

Durante el proceso de estudio SMED también se levantaron otras modificaciones con el fin de disminuir la cantidad de cambios asociadas con la reducción de cambio de componentes. En el proceso de cambio de formato de la llenadora, en la actividad 24 de la Tabla 0.19 se realiza el cambio de boquillas que poseen diferente geometría en su extremo de salida, se propone cambiar la geometría de la salida de las boquillas de manera que estas puedan ser utilizadas con todos los formatos de envase, para esto se comparan las dos boquillas actuales (ver Figura 5.12) y se detecta que la posición de salida la determina el envase; se propone realizar una prueba con una boquilla con una salida central y más profunda, de manera que se evite la salpicadura, y de haber salpicadura que quede dentro del envase, ver Figura 5.13



Figura 5.12: Boquillas actuales para formato Neruda (izquierda) y formato Barra Libre (derecha).



Figura 5.13: Boquilla universal propuesta.

5.1.3 Proceso de lavado

Con respecto al proceso de lavado se vuelve necesario atender el problema de la nivelación de producción, debido que se producen problemas de tiempos muertos (oportunidad 20), no existen roles asignados (oportunidad 22) y hay variabilidad en los tiempos del proceso (oportunidad 14). En el análisis 5 Porque de la oportunidad 20 (Tabla 4.18) se determinó que sólo se puede utilizar 1 estanque de los 3 para envasar. Se realiza un estudio SMED del proceso de lavado considerando el supuesto que los 3 estanques poseen un homogeneizador apto para envasar. El análisis SMED que se realizó del proceso de envasado se detalla en la Tabla 3.7 y en base a esto se determina que se puede modificar la secuencia de actividades con el fin de utilizar uno de los estanques auxiliares para envasar, esto permite que la actividad de lavar el estanque fijo puedan ser actividades externas, lo anterior se refleja en la Tabla 5.1 que compara el proceso actual de lavado y el proceso propuesto en donde el lavado del estanque fijo pasa a realizarse una vez comienza el envasado, el proceso propuesto con detalle se encuentra en Tabla 0.26.

1. Preparación del lavado (Act. Externa)	1. Preparación del lavado (Act. Externa)
2. Lavado de Estanque Fijo (Act. Interna)	2. Lavado de llenadora + cañerías (Act. Interna)
3. Lavado de llenadora + cañerías (Act. Interna)	3. Envasado con estanque auxiliar
4. Trasvasije (Act. Interna)	4. Lavado de Estanque Fijo (Act. Externa)
5. Envasado con Estanque Fijo	5. Trasvasije (Act. Interna)
6. Lavado del estanque móvil (Act. Externa)	6. Envasado con estanque fijo
	7. Lavado del estanque móvil (Act. Externa)

Tabla 5.1: Comparación entre el proceso de lavado actual (izquierda) y el propuesto (derecha).

Es necesario tener una autorización del Depto. de Calidad para tener la certeza de que al modificar un parámetro que afecte directamente con el producto no pueda traer aspectos negativos. También es necesario realizar una capacitación orientada a enseñar el nuevo proceso en conjunto con la generación de la documentación apropiada.

En el desarrollo de la propuesta SMED es importante generar dentro del proceso un espacio para que el resto de los operadores puedan involucrarse (Oportunidad 22) ayudando a la motivación y la disminución de los tiempos de proceso; además de incluirlos en los procesos es importante que estos tengan las habilidades necesarias, por lo que es necesario desarrollar una serie de capacitaciones.

Con respecto a la oportunidad 12 y la oportunidad 14 se identifican 2 causas raíces, la falta de documentación de los parámetros y ajustes del proceso de lavado y la otra causa raíz está más asociada a la pérdida de eficiencia del calefactor CIP con respecto a su diseño, implicando que los tiempos necesarios para calentar el agua han aumentado. Para eso es necesario determinar en conjunto con el Depto. de Mantenimiento, gestores de los activos, la evaluación de la vida útil del calefactor.

5.1.4 Proceso de cambio de ficha

Para el proceso de cambio de ficha es necesario realizar una propuesta para la oportunidad 23 en donde se detecta que los operadores no tienen experticia sobre el uso y ajuste de la cámara de control de etiquetas, el ajuste de esta está asociado a la actividad 11 de la Tabla 3.5. Para esto se propone:

- Generar una recopilación de etiquetas similares que requieren los mismos parámetros de verificación, por ejemplo, la posición del logo Nivea en la etiqueta frontal o la posición del código de barras en el reverso, ver Figura 5.14
- Crear configuraciones que posean los parámetros de control asociados al tipo de etiquetas, de manera de acelerar el proceso de ajuste de cámara

- Crear documentación del proceso acompañado de una capacitación en terreno del uso del equipo



Figura 5.14: Comparación de dos etiquetas diferentes que poseen puntos de control iguales, en este caso el logo “Nivea”

Con respecto a las soluciones propuestas, muchas de estas hablan sobre la estandarización y/o documentación de un proceso, actividad o tarea. Para esto en los procesos de estandarización y documentación de procesos puntuales que necesitan un ajuste o recordatorio de su utilización se va a utilizar un formato llamado Lección de Un Punto (LUP) el cual tiene por propósito ser un documento conciso y breve sobre una problemática en particular y que puede ser solucionada en el puesto de trabajo (NEPIRC, 2019). Las oportunidades en donde más destacan estas herramientas son por ejemplo la Oportunidad 4 en donde la estandarización y documentación del proceso consiste en demarcar la posición de los sensores y los parámetros, lo cual es posible de realizar en 2 planas; o la Oportunidad 13 en donde la instrucción y documentación consiste en el ajuste de la entrada a la máquina. Es importante destacar que la creación de estas LUP debe ser acompañada por un proceso de formación e instrucción del uso, de manera de asegurar la difusión del conocimiento en la línea.

Las oportunidades que requieran el desarrollo de procedimientos más extensos, como puede ser la oportunidad 6 o 7 en donde se requiere más detalle y más información, van a ser abarcados con un proceso de mayor duración para generar la documentación necesaria que pueden ser documentos nuevos, como la adición de pasos o instrucciones a documentos ya creados, un ejemplo de lo anterior se puede ver en la oportunidad 23 que precisa de agregar un instructivo de ajuste de cámara en conjunto con los grupos de etiquetas. Estas actividades deben ser acompañadas de igual manera con una instrucción pero dado el contenido debe ser más enfocado en los usuarios directos de los componentes u oportunidades a estandarizar.

Con respecto a la oportunidad 18, 22 y 20 es necesario realizar un estudio de roles y responsabilidades para el proceso de envasado, cambio de ficha, cambio de formato y lavado con el fin de diagnosticar en que cargos los operadores han desarrollado habilidades o tienen competencias para desarrollar, luego realizar una propuesta de distribución de los roles (ver Figura 5.15), esta estructuración va acompañada de la sectorización propuesta en la Figura 5.4 con la intención de disminuir el flujo de personas a lo largo de la línea. Luego, cuando se llega al acuerdo de cómo se va a desarrollar la sectorización de puestos y roles, es necesario determinar las habilidades de los operadores y en caso de detectar deficiencias realizar capacitaciones con el foco de suplir esa carencia.

Posición en Línea DEO												
Descripción	1	2	3	Apoyo Coord.	Maq.	Apoyo Tapad.	Apoyo Pester	8	9	10	Coord.	MEC
Colocar Cartridges	x	x	x	x								Soporte en línea
Verificación de lote y etiqueta	x	x	x	x							x	
Ajuste de etiqueta				x							x	
Solución de Problemas en etiqueta				x	x						x	
Verificación WI					x						x	
IPC envasado					x						x	
Lavados					x							
Solución de problemas en Línea					x							
Capacitación					x							
Verificar PT						x						
IPC de PT				x		x					x	
Solución de problemas Tapadora y Sorter					x	x					x	
Embalaje de cajas							x	x				
Solución de problemas Pester					x		x	x			x	
Paletizado									x			
Solución de problemas DUN									x			
Control de Ficha actual											x	

Figura 5.15: Propuesta de roles y responsabilidades para los operadores durante el proceso de envasado.

5.2 Priorización de las problemáticas

Luego de la etapa de proposición de soluciones es necesario realizar una priorización que permita ordenar y programar el plan de mejora, para esto se realiza una comparación entre el beneficio esperado por la eliminación del problema y la probabilidad de éxito que tiene la propuesta de ser implementada

Para evaluar la probabilidad de éxito de cada propuesta, estas fueron evaluadas por el equipo interno que se conformó durante la fase de definición (Sección 3.1.1), las probabilidades se evaluaron de esta manera ya que el equipo multidisciplinario posee los conocimientos prácticos y técnicos para evaluar la factibilidad de las propuestas en el contexto de la empresa. La probabilidad de éxito será evaluada con un puntaje de 0 a 10 y los factores a evaluar son:

- Facilidad de implementación.
- Madurez lean requerida.
- Impacto que tiene sobre la pérdida de OAE.
- Facilidad en la formación de Personal.
- Duración de la implementación.

A continuación, se describirán brevemente los factores considerados:

- Facilidad de implementación: este factor habla de la resistencia al cambio esperada con respecto a la implementación de una propuesta específica, para esto es necesario que el equipo en base a la experiencia que tienen sobre la estructura organizacional entrega un puntaje de 0 a 2; en donde 0 implica que ven muy difícil la implementación en el estado actual (lo cual puede cambiar en el tiempo) y 2 a una propuesta que no debería encontrar resistencia al cambio en los equipos de personas.
- Madurez Lean requerida: Como se puede ver en la tabla presentada en la Figura 5.16 en donde se presenta que los niveles de maduración Lean se basan en el estado percibido/implementado de la filosofía Lean y que estos niveles percibidos conllevan ciertas expectativas en los resultados de la empresa.

Focus of the level	Expected level of perception /implementation	Expected level of results
Capability of people, machine and processes	Understanding (training, standardization)	Quantitative progression of standardization
		Qualitative Progression of standardization
Results and Performance	Implementation	Effectiveness
	Improvement	Efficiency
Autonomy and flexibility	Sustainability	Daily Excellence (SPR, 2004)

Figura 5.16: Modelo de 4 niveles de madurez Lean. (Maasouman & Demirli, 2015)

En base a lo anterior es que se puede deducir que para poder alcanzar el siguiente nivel en términos de madurez Lean es que el paso anterior debe ser dominado o por lo menos estar en una etapa avanzada de implementación. Al contrastar la tabla de la Figura 5.16 y la Casa de TPS (Figura 2.1) se puede ver que el primer nivel de madurez Lean está muy relacionado al entendimiento de la filosofía y herramientas Lean en donde es necesario tener un espacio ordenado y procesos documentados para poder tener a personas formadas y con procesos estandarizados. Luego comienza el proceso de implementación de los estándares y mejoras de flujo con el fin de modificar la condición actual de la línea para llevarla a un nivel en donde las mejoras se reflejan en la eficiencia del proceso, para luego alcanzar un proceso de mejora sostenible en el tiempo. Este factor se evaluará con un puntaje de 0 a 2, en donde 0 habla de una oportunidad en la cual se necesita un nivel de madurez alto a diferencia del puntaje 2, en donde se espera que la implementación de la propuesta conlleve un bajo nivel de maduración.

- Impacto sobre el OAE: Este factor es un juicio de valor propuesto por el equipo para cada propuesta, si bien este valor se evalúa en el “beneficio esperado”, es importante evaluar, aunque sea cualitativamente, el impacto de las oportunidades no cuantificadas.
- Facilidad en la formación del personal: Lo que evalúa esta característica es cuan fácil es entrenar al personal correspondiente una solución o parte de una solución, esto aplica sobre todo en las propuestas que se realizan modificaciones en cómo se desempeña, como en propuestas en donde se desarrolla un SMED o una tarea de estandarización.
- Duración de la implementación: el equipo conformado al inicio del proyecto, en base a sus conocimientos técnicos y prácticos de la operación del día a día, estiman la duración que puede tener la implementación de una propuesta. En base a esto se determina un valor de 0 a 2, en donde 2 habla de una solución de rápida implementación y 0 una implementación que por diferentes características puede tomar tiempo.

A continuación se presenta en la Figura 5.17 la probabilidad de éxito en base al juicio experto asociado a cada oportunidad, esta se considera como la suma de cada factor los cuales están representados en la Tabla 0.27 en el anexo I.

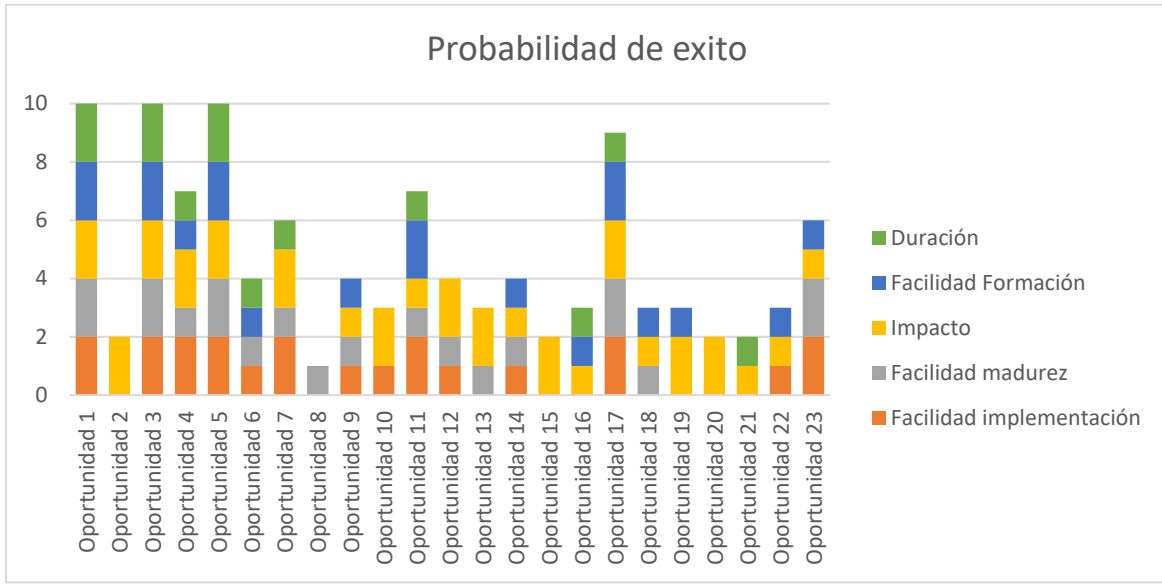


Figura 5.17: Diagrama de barras acumulado de la probabilidad de éxito por cada oportunidad.

El otro factor a considerar en el proceso de priorización de las soluciones propuestas es el beneficio en la productividad que se obtendría, pero en este caso a diferencia del factor cualitativo definido por el equipo en la probabilidad de éxito, se va a utilizar los factores cuantitativos determinados en la sección 3.2). Es por esto que se determina que el beneficio esperado, presentado en la ecuación (8), debe considerar al tiempo recuperado ($t_{recup.}$) por la oportunidad eliminada, además debe considerar la frecuencia de las falla de dicha oportunidad y por último la velocidad de la línea en funcionamiento; es importante notar que en este caso, el tiempo recuperado debe ser muy similar al tiempo medio de reparación ($MTTR$) y dado que no es posible medir la velocidad de funcionamiento de la línea, se asume que la velocidad de la línea equivale a la velocidad de diseño, lo anterior se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Beneficio Esperado} = \frac{t_{recup.} * Freq * v_{linea}}{498 \frac{hrs}{mes} * v_{diseño}} \quad (8)$$

$$t_{recuperado} = MTTR$$

$$v_{linea} = v_{diseño}$$

En base a lo anterior la ecuación de beneficio esperado se puede escribir como en la ecuación (9):

$$\text{Beneficio Esperado} = \frac{MTTR * Freq}{498 \frac{Hrs}{mes}} = \text{OAE Perdido} \quad (9)$$

Con lo anterior es posible caracterizar las oportunidades en términos del Beneficio esperado, dentro de las 23 oportunidades caracterizadas durante el diagnostico solo se pudieron cuantificar 16 oportunidades, las cuales se despliegan en un diagrama de Pareto (ver Figura 5.18), en este diagrama se puede ver que

la distribución del beneficio esperado por cada oportunidad, en donde se determina que las oportunidades 10, 2, 4, 15, 20, 9 y 13 acumulan un 67%.

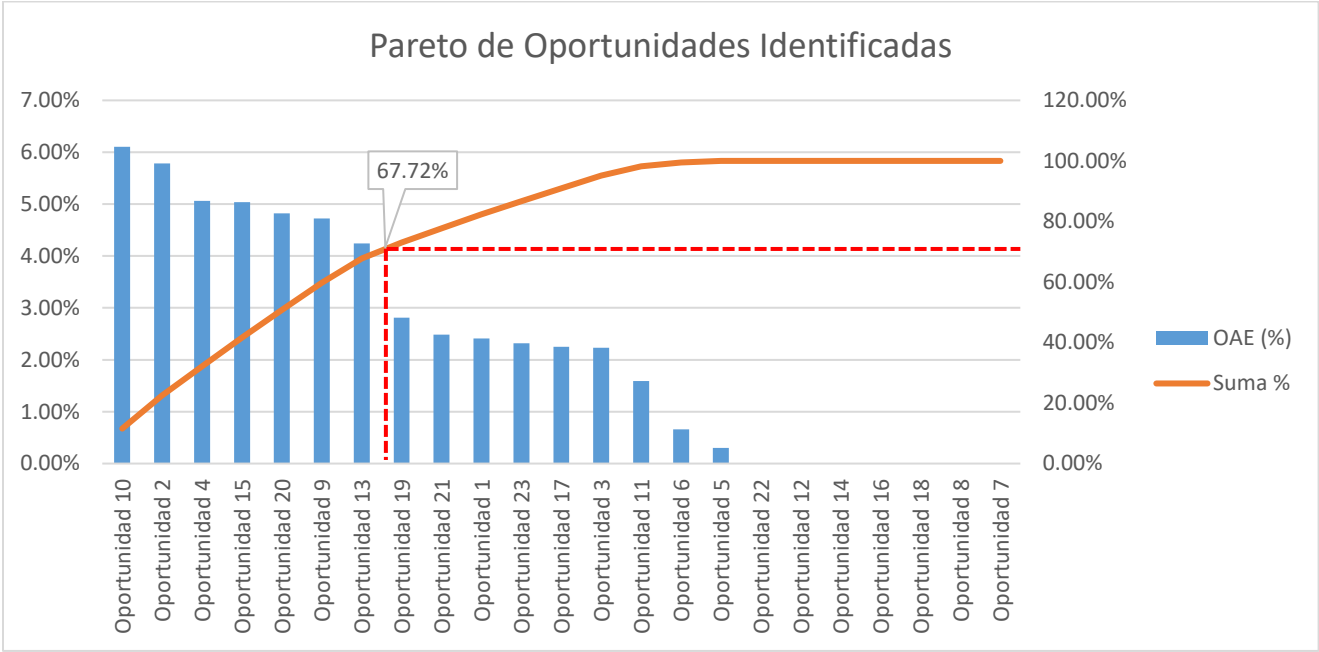


Figura 5.18: Diagrama de Pareto de OAE esperado por Oportunidad.

Como la pérdida de OAE está constituida por 2 factores, la frecuencia del fallo y el tiempo promedio de reparación de la línea (MTTR), se decide desplegar las oportunidades identificadas en un diagrama Jack Knife (Seecharan, Labib, & Jardine, 2018), dicho gráfico posee una línea inclinada roja que representa la línea iso-crítica (todos los puntos a lo largo de dicha línea presentan la misma criticidad en relación del MTTR y Freq).

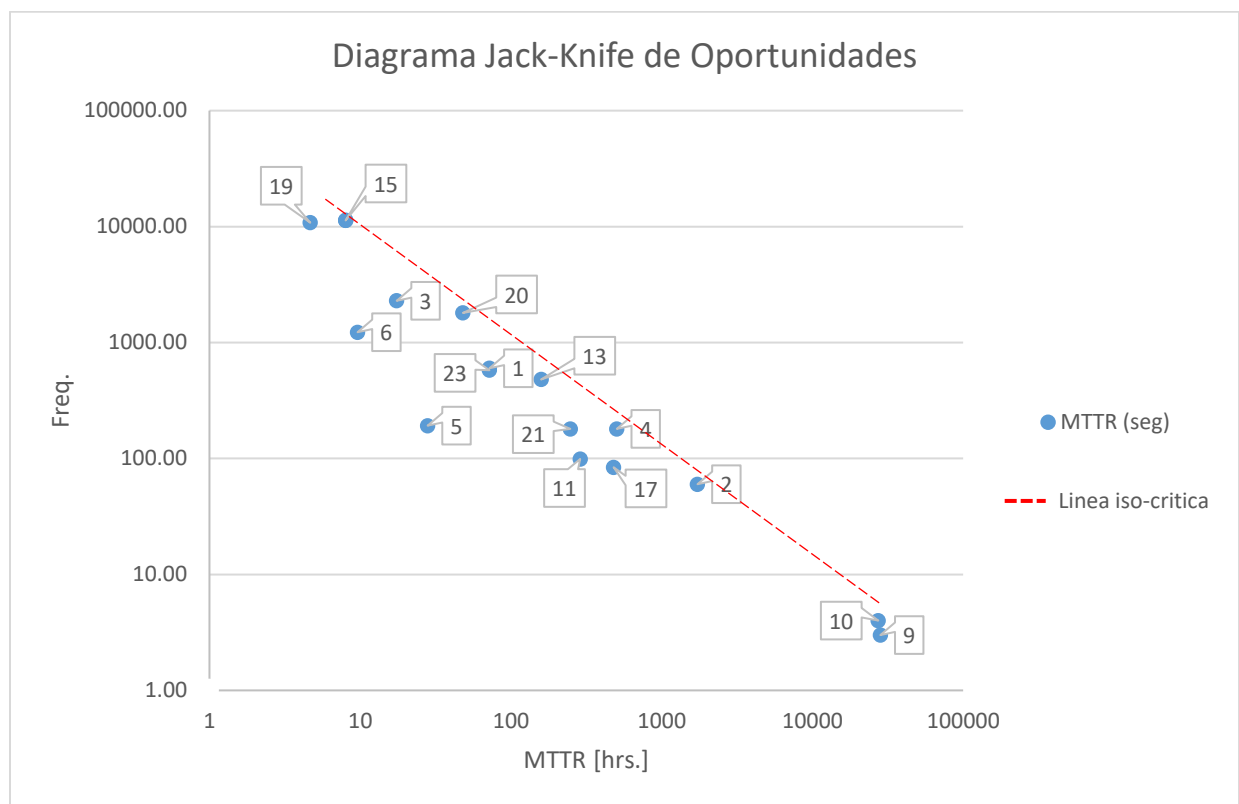


Figura 5.19: Diagrama Jack Knife MTTR vs Freq con Pérdida de OAE.

En la Figura 5.19 puede ver que las oportunidades 10 y 9 tienen un alto impacto en la línea a pesar de tener un bajo MTTR, esto debido a su alta frecuencia de aparición; de manera similar se puede ver que el alto impacto de la oportunidad 15 se debe principalmente a su alto tiempo de reparación más que a su frecuencia. En base a este gráfico se observa que los problemas críticos de la Figura 5.18 son los mismo que destacan como críticos en el Diagrama Jack-Knife (Figura 5.19), por lo se valida que estas oportunidades son las más críticas.

En base a estos factores, en la Tabla 0.28 de la Sección J se presentan los puntajes asignados a cada propuesta, esta tabla está conformada por la probabilidad de éxito asociado a cada oportunidad y el beneficio esperado con la implementación de la mejora.

Luego se genera un gráfico de dispersión del beneficio esperado de OAE y la probabilidad de éxito asociado a cada oportunidad, este grafico se puede ver en la Figura 5.20. Con este grafico es posible realizar la priorización de propuestas para la implementación y también determinar que oportunidades son fáciles de implementar mientras pueden brindar un beneficio considerable, como pueden ser las oportunidades 3, 1, 17, 4 y 5. Lo bueno de estas propuestas es que al tener más facilidad de

implementación, ayudan a reducir la resistencia al cambio ya que los involucrados ven que el sistema funciona.

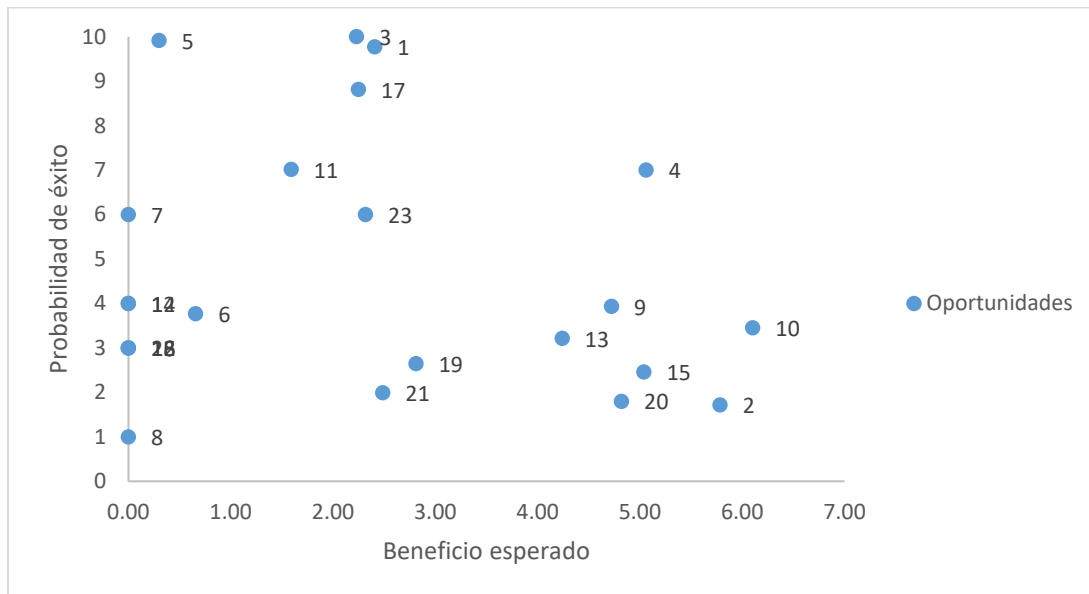


Figura 5.20: Grafico de dispersión del OAE la probabilidad de éxito asociado a cada propuesta.

5.2.1 Estructuración del plan

En base a los criterios establecidos anteriormente se puede definir la prioridad de implementación de las diferentes propuestas, estas propuestas fueron evaluadas y se presenta su propuesta de implementación en la Figura 5.21. Se puede ver en la carta Gantt que las propuestas iniciales a desarrollar poseen una duración presupuestada pequeña ya que se trata de intervenciones específicas o documentación de procesos simples, pero mientras progresa la carta Gantt se puede ver que las tareas comienzan a aumentar su duración debido a que se trata de estandarización o documentación de proceso más extensos, pero también se ve que los trabajos se comienzan a traslapar entre ellos, esto se produce ya que las tareas se desarrollan en momentos puntuales de algún proceso, lo que deja el espacio para otras intervenciones.

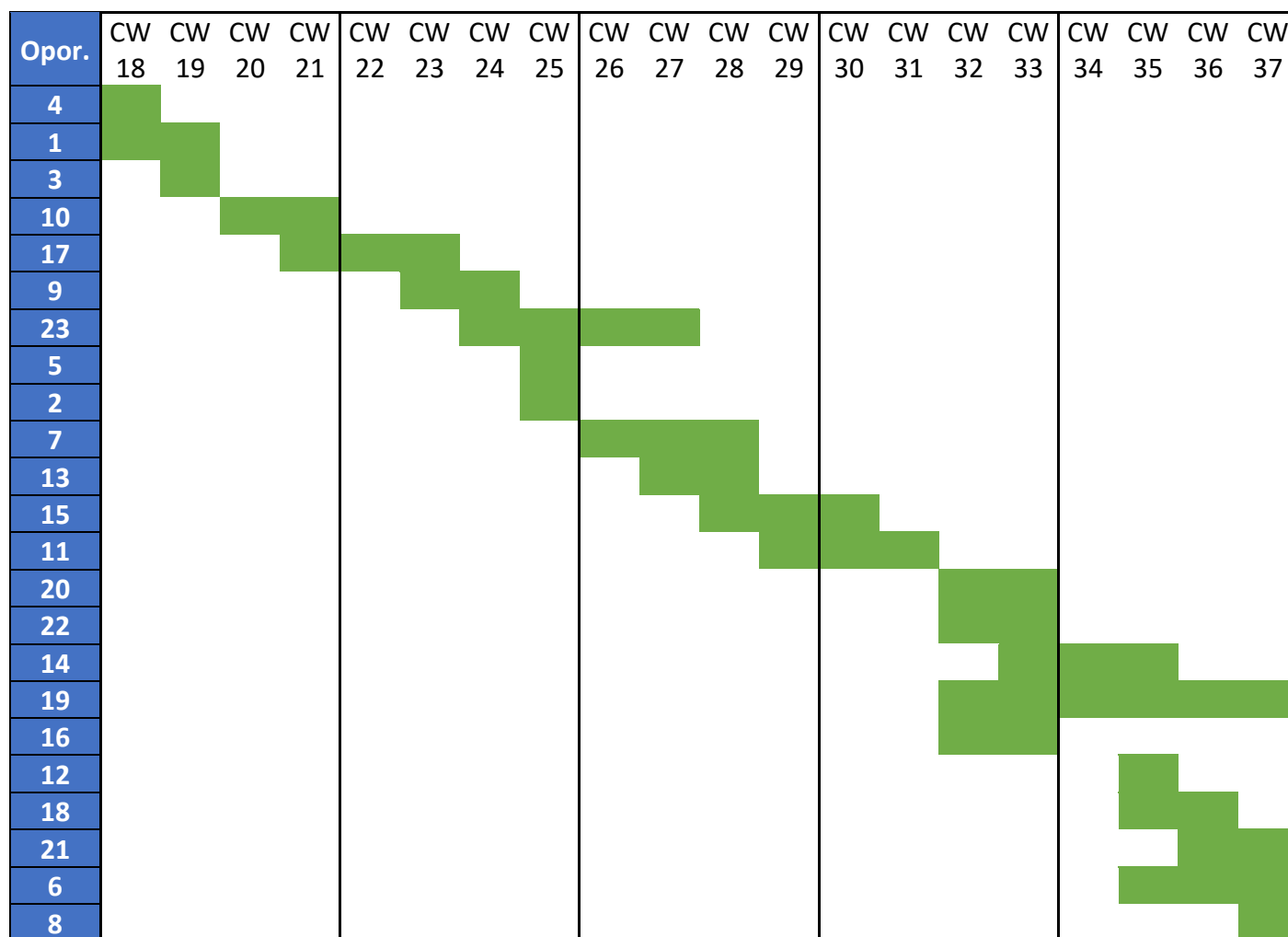


Figura 5.21: Carta Gantt propuesta para el plan de mejora de la producción, CW = Semana Calendario

5.3 Implementación de plan piloto

Las primeras propuestas a tratar en el plan piloto son acciones relacionadas a tareas más pequeñas y simples de manera de poder causar un impacto rápido, por lo que se decide trabajar en el plan piloto desde la semana 18 a la semana 25.

Pero antes de iniciar el proceso de mejora, es necesario conseguir que todos los participantes se involucren en el proceso de mejora si es que se busca que perdure en el tiempo, es por esto que antes de comenzar el proceso de ejecución de las propuestas se desarrolla un taller con todos los involucrados (gerentes, mandos medios y operadores) con el fin de presentar los resultados obtenidos y las propuestas a las oportunidades identificadas. Este taller también cumple con el objetivo de difusión del proyecto de mejora además de poner en contexto a todos los operadores con respecto a los cambios que van a suceder

y los nuevos términos que van a comenzar a manejar. En este taller se presentaron las siguientes temáticas:

- Plataforma en llamas (Situación de la línea)
- Sentido de la urgencia y calidad
- Principales indicadores a utilizar
- Metodologías de trabajo

Luego del taller realizado se comienza la implementación del plan piloto siguiendo el orden presentado en la Figura 5.21, la descripción de la implementación de las propuestas se realizará oportunidad por oportunidad.

La implementación de las mejoras comienza con la oportunidad 4, la principal tarea de esta oportunidad era determinar la posición apropiada de los sensores encargados del funcionamiento de la prensa, para luego pasar a la documentación de la mejora en formato LUP (ver Figura 5.22) de los siguientes factores:

- Posición actual de sensores
- Comportamiento esperado del componente controlado por los sensores
- Parámetros de control de los sensores.

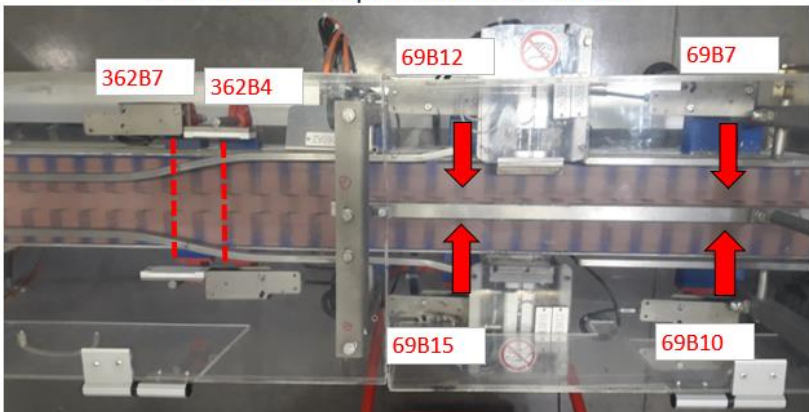
Estándar de conmutador a la salida de la torre					
Área de trabajo		Responsable	Realizó	Revisó	Aprobó
Envasado		René Pérez	René Pérez		
Clasificación Caso Problema		☒		Conocimiento Básico ☒	
Paso 1: Ajustar las posición de los sensores como la imagen de referencia, y la sensibilidad a las distancias que indican las flechas					
					

Figura 5.22: LUP utilizada para la documentación de la oportunidad 4.

Luego en la oportunidad 1 se propone realizar un reemplazo de la correa transportadora y alineación de la rueda tensora, pero esta actividad fue implementada durante el transcurso de la medición, ya que era una urgencia por problemas de calidad. De todas maneras lo que quedó pendiente con respecto a esta propuesta es la inclusión de la revisión de la alineación en las inspecciones mensuales del plan de mantenimiento, para lo cual se desarrolló el protocolo de alineación de la rueda tensora. Este protocolo de alineación considera:

- Herramientas utilizadas
- Procedimiento a realizar
- Prueba de funcionamiento por seguridad

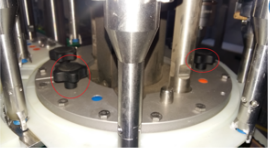
Durante la misma semana que se implementaba la oportunidad 1, se procede a implementar la propuesta de la oportunidad 3 en donde se reemplazan los filtros de escape de aire del panel eléctrico de control de la enfardadora por unos de menor espesor provistos por el proveedor, este cambio también se realizó durante el proceso de medición por filtros no originales; este cambio implica que mantención debe revisar estos filtros con mayor frecuencia; y además se deja bajo observación el driver del servo motor que estaba causando la detención.

Para el desarrollo de la propuesta de la oportunidad 10 se comenzó contactando a una maestranza de manera de obtener una cotización de los componentes quebrados, mientras que durante la primera semana se realiza un levantamiento del proceso realizado por cada operador que realiza el cambio de manera de obtener su perspectiva, luego se crea la documentación del proceso (ver Figura 5.23), en esta documentación se consideraron los siguientes factores:

- Distinción entre formatos
- Puntos de ajuste
- Herramientas utilizadas
- Proceso de ajuste
- Proceso de verificación

	INSTRUCTIVO OPERACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE ENVASADO	
DEO STICK	Revisión 3 Pág. 23 de 38	

Cambio de Formato Máquina F (Tapadora)


- 1 - Mover el capuchón que se encuentra bajo la tuerca hacia arriba y el cabezal hacia abajo como se indica en la fotografía, no colocar el cabezal y girar la máquina hacia la derecha, no colocar los cabezales nuevos hasta el final. Foto 1
- 2 - Soltar las manillas de sujeción que se indican en la fotografía 2 para remover las piezas, no colocar las piezas del siguiente formato hasta el final
- 3 - Presionar los botones negros indicados en la foto 3 y remover hacia arriba las piezas y cambiar por las piezas del siguiente formato. Una vez terminado este paso colocar la pieza de la fotografía 2 y luego para finalizar las piezas de formato correspondientes a la fotografía 1

Figura 5.23: Extracto del instructivo creado para el cambio y ajuste de componentes.

Luego de generado el documento se comienza con capacitaciones en línea en los momentos que se deben realizar detenciones planeadas debido a que la practica requiere el equipo tapador detenido. Cuando se recibe la cotización durante la primera semana de la implementación se aprueba el presupuesto para la compra, por lo que al final de la segunda semana ya se cuenta con los componentes reestablecidos.

Mientras se realizan las capacitaciones de la oportunidad anterior en el equipo tapador se comienza a trabajar en la propuesta de la oportunidad 17, para esto se realiza una cotización con el mismo proveedor para la herramienta de ajuste rápido para la guía (Figura 5.5). Luego se procede a crear el procedimiento de ajuste de la guía considerando el nuevo Poka-Yoke, además, debido a que uno de los problemas está asociado al desorden se decide reutilizar los espacios para los componentes de manera ordenada (Figura 5.24). Luego comienza el proceso de formación de los operadores con respecto al uso y ajuste de la guía de la tapadora, debido a la duración de los ajustes es que esto solo se puede realizar en detenciones planeadas, lo que determina la duración de la propuesta.



Figura 5.24: Componentes del equipo tapador después del orden en el carro de cambio de formato.

La propuesta de la oportunidad 9 comienza con la creación de la documentación para los modos de falla en donde se consideran los siguientes aspectos:

- Debe considerar los modos de falla más frecuente
- Debe detallar el proceso de restablecimiento del equipo
- Los modos de falla no deben incluir el uso de herramientas
- Apoyar con gestión visual en el equipo

Luego de creada la documentación se comienza el proceso de formación de los operadores, debido a que la formación de los modos de falla debe ser en el equipo, se utilizan los tiempos de detenciones planeadas para la instrucción. En paralelo se determina a través de una consulta al proveedor del equipo sobre las ventosas, para luego comprar la cantidad necesaria, esta acción la desarrolla el departamento de mantención. La última propuesta asociada a esta oportunidad la toma el Director de planta en conjunto con el gerente de calidad, debido a incumplimientos del proveedor.

Con respecto a la propuesta de la oportunidad 23 esta debe iniciar con la creación de la documentación para llevar el registro de las etiquetas, para esto, la documentación debe considerar los siguientes aspectos:

- Instructivo para el ajuste de la cámara
 - Selección y modificación de Escenas
 - Definición de criterios
 - Definición de Posición X e Y
 - Definición de Tolerancias
- Bitácora de etiquetas (ver Figura 5.25)
 - Etiqueta anversa y reversa
 - Escena utilizada
 - Criterio utilizado
 - Posición X e Y utilizada
 - Juicio utilizado
 - SKU del Producto

Etiqueta Anversa

Nombre Escena: *cool kick*
 Escena N°: *10* Colocar etiqueta utilizada para calibrar la escena y su juicio
 Figura de ref: *NIVEA*

	Centrado	Mínimo	Máximo
Juicio	<i>200</i>	<i>190</i>	<i>210</i>
Posición X			
Posición Y	<i>190</i>	<i>175</i>	<i>205</i>



Nart: <i>##-##</i>	Nart:	Nart:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

Figura 5.25: Bitácora de etiquetas para la oportunidad 23.

Posterior a la creación de los documentos se procede a trabajar con los operadores encargados de manipular la cámara con el fin de poder enseñar el flujo de ajuste correctamente y como documentar la etiqueta usada, la complejidad de esta tarea reside sin embargo en la cantidad de etiquetas a evaluar, es por esto que se consideran 4 semanas en esta propuesta de manera que se puedan trabajar la mayor cantidad de etiquetas con los operadores.

Para la implementación de la oportunidad 5 se determina la golilla de presión a utilizar y se instala en el equipo durante una detención por lavado, usando la misma detención se aprovecha de realizar una

nivelación de las tensiones de los resortes del disco de distribución. Además de lo anterior se agrega a la revisiones realizadas por mantención del equipo distribuidor de insertos, la inspección del motor.

Por último, durante la implementación del plan piloto se implementara la propuesta 2 se realiza una documentación de las velocidades de los equipos y los principales parámetros que afectan sobre esta, esto con el fin de determinar las velocidades optimas y disminuir la espera de productos entre equipos, en base a lo anterior se levantó la información presentada en la Tabla 5.2. Esta información es documentada usando el formato LUP para que sea de fácil acceso y lectura para los involucrados.

Tabla 5.2: Tabla de velocidades determinadas para el flujo continuo.

Línea	Etiquetadora		Volteadora		Llenadora		Tapadora		Enfardadora	
Vel Nominal	Nominal (pz/min)	Vel. Salida hacia Pago (m/min)	Nominal (pz/min)	%	Dosificación V (mm/min)	Toma en recorrido V (mm/min)	Vel (pz/min)	Nominal (pz/min)	Embalajes/min	Override
130	132	12	135	78	2100	4500	130	136	22,5	100%
120	132	12	128	75	1800	4500	120	128	21,3	96%
110	116	10	116	75	1700	4000	110	116	19,3	91%

6 Control

Como se describió en el marco teórico, en la fase control es importante diseñar un sistema de control que permita que las mejoras logradas se puedan sostener en el tiempo. Para esto es necesario definir herramientas y metodologías a seguir que permitan inicialmente estandarizar las tareas, para esto es necesario mejorar el estado actual de los problemas identificados a través de las soluciones propuestas, en conjunto con lo anterior se deben acompañar estas mejoras con su documentación correspondiente que ayudara a mantener las mejoras implementadas. Esta documentación debe ser específica y detallada en la medida necesaria de manera que sea clara para todo el personal involucrado. Por último, es importante generar un sistema de monitoreo de las diferentes mejoras que sirva de control de las tareas realizadas y que levante alertas en caso de una nueva falla.

6.1 Control del plan piloto

Antes del inicio del proceso de implementación se evalúa el nivel de producción de la línea de envasado para determinar la línea base del plan piloto, en donde se detecta que con respecto al inicio del proceso de diagnóstico (semana 10) hubo un aumento del indicador OAE del 4,9% quedando este en 43% al inicio del plan piloto (semana 18), este fenómeno se puede explicar por la implementación temprana de las oportunidades *Just do it* y por el Efecto Hawthorne que propone que las personas al percibir que están siendo observadas tienden a modificar sus conductas para que estas coincidan con las expectativas del observador (McCambridge, Witton, & Elbourne, 2014), en este caso, el efecto propone que los operadores al saber que forman parte de un estudio en donde su desempeño forma parte de la evaluación, van a mejorar sus actitudes hacia las tareas.

Luego de la implementación de las propuestas (que consideraron la estandarización y documentación), estas deben ir controlándose de manera de determinar si aparecen nuevos modos de fallo debido a sus problemas, o para apoyar a los operadores en la utilización de estándares. Es por esto que luego de la implementación se observan los siguientes puntos:

- Con respecto a la oportunidad 4 se deja una hoja de verificación (como en la fase de medición) (ver Figura 6.1) para monitorear la frecuencia de detenciones después de la implementación de la mejora, en este caso, la frecuencia de la detención se mantuvo en 0, por lo que se da por cerrado este problema, además de designar una frecuencia de detenciones de referencia para re activar el proceso de análisis.

Conteo de Detenciones

Fecha: _____ Equipo: _____ Línea: _____

Formato: ☐ Neruda ☐ Barra Libre H ☐ Barra Libre M

Turno Mañana Maquinista/ Coordinador										

Formato: ☐ Neruda ☐ Barra Libre H ☐ Barra Libre M

Turno Tarde Maquinista/ Coordinador										

Formato: ☐ Neruda ☐ Barra Libre H ☐ Barra Libre M

Turno Noche Maquinista/ Coordinador										

Figura 6.1: Hoja de verificación para el monitoreo de detenciones.

- Con respecto a la propuesta de la oportunidad 1 se observa que la correa ya no suelta material particulado sobre el envase y que la rueda de tensión de la correa sigue ajustada. Debido a que no se espera que esta oportunidad falle, no se deja una hoja de verificación, pero si debe ser reportado mediante la pizarra de notificaciones que tiene la línea en caso de aparecer nuevamente.
- En la oportunidad 3 se dejó bajo observación el driver del servo motor de la enfardadora el cual no presento más fallos durante el transcurso de la implementación. Debido a que no se espera que esta oportunidad falle, no se deja una hoja de verificación, pero si debe ser reportado mediante la pizarra de notificaciones que tiene la línea en caso de aparecer nuevamente.
- Durante el control de la oportunidad 10 se detectó que los nuevos componentes se han vuelto a dañar, porque lo que se refuerza con más tiempo de formación la utilización del procedimiento además de designar a un mantenedor para el apoyo en el ajuste de la tapadora. Esta tarea está acompañada de una hoja de verificación (ver la sección K Figura 0.1) que debe ser auditado por otro trabajador de manera de verificar que los cambios se realizan de manera apropiada la primera vez.

- Para la propuesta de la oportunidad 17 se observa que no se han desarrollado mayores problemas en el uso del Poka Yoke, además se puede apreciar una mayor preocupación por el orden de los componentes para que no se dañen a lo largo de toda la línea, no solo esta área.
- Para la oportunidad 9 se observa que los problemas de envases sin inserto disminuyen en todos las variantes de insertos, pero no se reduce a 0 el problema, lo que se asocia principalmente al problema con el proveedor, es por esto que se dejar una hoja de verificación (ver Figura 6.1) para realizar un monitoreo en la frecuencia de ocurrencias.
- La oportunidad 23 debe ser controlada periódicamente ya que durante las 4 semanas planificadas para la implementación no alcanzan a pasar todas las variedades de etiquetas para tomar registro, es por eso que cada vez que se realice un producto del cual no se tiene registro es necesario seguir completando la bitácora de parámetros de etiqueta. Esto implica que cada vez que entra una variante nueva de etiqueta es necesario realizar el procedimiento largo de ajuste, en cambio con una etiqueta ya procesada, el cambio ocurre mucho más rápido. El encargado de realizar el monitoreo de esta tarea es el líder de operaciones que está a cargo de los 3 turnos.
- Una vez implementada la solución para la oportunidad 5 se observa que el problema se reduce a 0 por lo que solo debe quedar bajo observación el comportamiento con la vibración. Debido a que no se espera una nueva detención, esta tarea se monitorea mediante la pizarra de producción.
- Se observa que las velocidades propuestas para cada equipo se respetan en gran parte del tiempo, excepto por uno de los maquinistas que presenta una leve resistencia al cambio, lo que debe quedar en supervisión de manera de estimular el uso de los procedimientos.

El proceso de implantación se desarrolló dentro de las 8 semanas presupuestadas (semana 18 - 25) y al final de este estudio se controlan el indicador de producción, al final de la semana 25 se observa una mejora del 12,2% con respecto al inicio del diagnóstico (semana 10) quedando el OAE en un 46%, lo que permite validar la propuesta de mejora realizada.

Cuando finaliza el período del plan piloto y se compara el beneficio esperado (31,2% OAE) con el beneficio obtenido (5% OAE) se vuelve necesario encontrar los motivos de la diferencia. La principal causa de la diferencia está asociada al “asumir” que el impacto asociado a la pérdida equivale al beneficio esperado, ya que cuando se determina el impacto que causa la oportunidad esto se hace comparando con la cantidad de unidades perdidas con la línea funcionando a la velocidad de diseño (Ecuación 7), pero lo que sucede en la realidad es que la velocidad de funcionamiento no es la velocidad de diseño (Ecuación 8), es mucho menor; por lo que al implementar una propuesta, el beneficio obtenido es menor. Sumado

a la explicación anterior, la Teoría de las restricciones (Goldratt, 1999) propone que en realidad cuando un problema se libera, lo que en realidad sucede es que la restricción se está trasladando a otro punto en la línea.

Debido a que las acciones implementadas en las últimas semanas, semana 24 y 25 por ejemplo; no se van a reflejar en la productividad del mismo mes, se realiza un control de la productividad ya pasado las semanas de implementación, en base a esto a finales de la semana 29 se observa un crecimiento del 6,5% con respecto al final del plan piloto quedando el OAE en un 49%, lo que representa un aumento del 19,5% del OAE con respecto al inicio del proyecto en la semana 10. El crecimiento de la productividad a lo largo del desarrollo del proyecto se puede ver en la Figura 6.2.

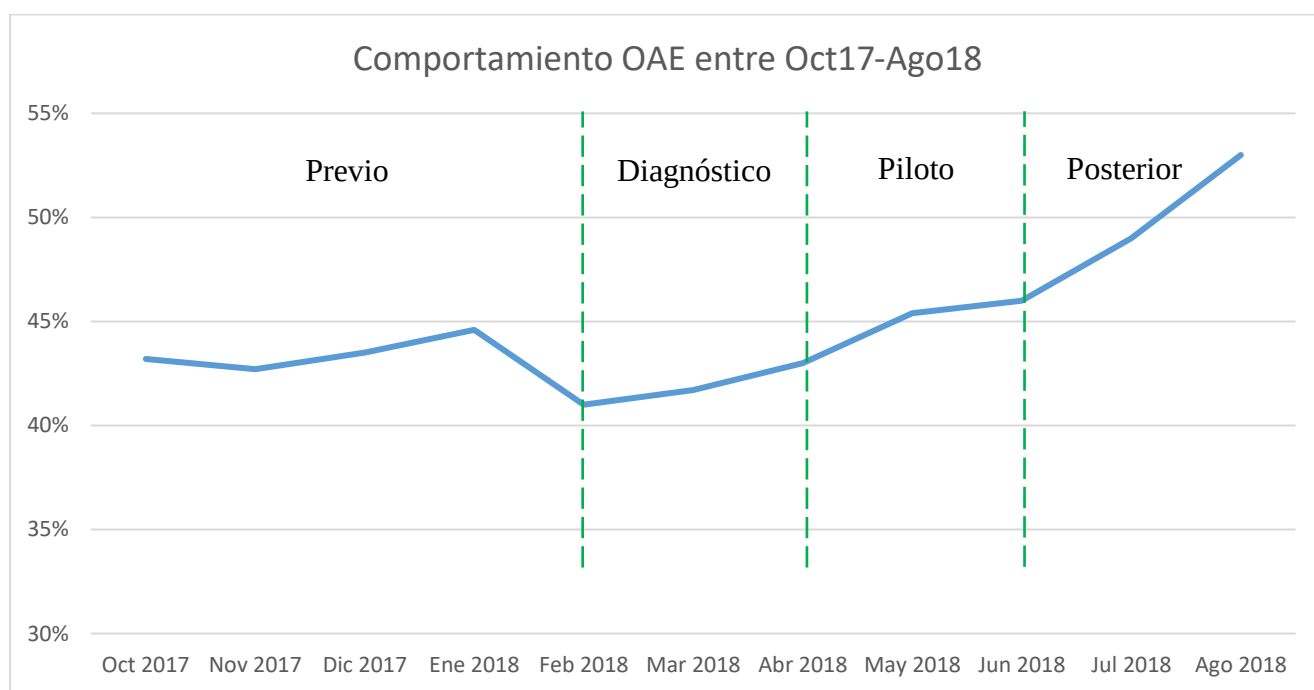


Figura 6.2: Tendencia OAE durante diagnóstico, plan piloto y posterior.

6.2 Plan de control posterior

Cuando finaliza la implementación del plan piloto, las responsabilidades del proyecto en términos de implementación y monitoreo de resultados de traslada al líder de operaciones. Para lo anterior se crearon las siguientes plantillas que deben servir de referencia para la documentación y posterior monitoreo de las condiciones.

- Documentación del proyecto: se crea una base de datos que contiene las oportunidades pendientes, responsables, plazos, implementaciones y beneficio esperado de manera que el líder del proyecto pueda monitorear las tareas que se están desarrollando o están pendientes.

TAPADORA				
6. VALVULAS DE CONVERTER/TAPADORA TENER REPUESTOS ARMADOS	D.REBOREDO	SEM. 26	NO	No es posible por Mt
PESTER				
7. PARAMETRIZAR AJUSTES PESTER - ENTREGAR Y CAPACITAR	R.PEREZ / P.LETELIER	SEM35	NO	Hecho
OTROS				
8. MANUAL DE MANTENIMIENTO Y PAUTAS REVISADAS CON MAQUINISTAS DEFINIR QUE ACTIVIDADES Y FRECUENCIA HARAN LOS MAQUINISTAS. EVITA MICROPARADAS POR FALTA DE ZAPATOS EN LINEA	D.REBOREDO	SEM 34	NO	Pendiente
10. VALIDAR Y DISPONIBILIZAR STOCK DE REPUESTOS CRITICOS	D.REBOREDO	SEM.37	SI	Pendiente

METODO	Responsable	Plazo	Requiere Inversión	Monto
1. BITACORA DE MAQUINAS CRITICAS: LLENADORA, ETIQUETADORA, TAPADORA, PESTER MEJORAR TRASPASO DE INFORMACIÓN COMUNICAR EVENTOS DEL TURNO	P.LETELIER	SEM. 32	NO	Pendiente
2. ASEGURAR LIMPIEZA Y ASEO DE LINEA SABADOS EN TURNO 2 (EXTRA) AUTOMANTENCION DE LINEA	P.LETELIER	SEM. 31	NO, GASTOS	Hecho
3. CONSOLIDAR SISTEMA TRASLAPES Y REEMPLAZOS DE COLACION	P.LETELIER	SEM. 22	NO, GASTOS	Hecho
4. ESTANDARIZAR PROCEDIMIENTO DE LAVADOS DEFINIR MANUAL CON LAS RUTINAS Y MATRIZ DE LAVADO.	P.LETELIER / R.PEREZ	SEM. 26	SI	Hecho
5. ESCENAS DE CAMARA DEFINIR ESCENAS POR NART, DEFINIDAS EN BITACORA ORDENAR Y ESTANDARIZAR, REPUESTOS EN LINEA. CAPACITAR EN BUENAS PRACTICAS, 5S	D.REBOREDO	SEM.33	NO	En curso
8. MATRIZ DE RELEVOS DE PERSONAL - FALTA DE PERSONAL	P.LETELIER	SEM. 24	NO	
10. SMED OPTIMIZAR EL CAMBIO DE FORMATO	R.PEREZ / P.LETELIER	SEM. 36		En curso
11. DEFINIR EQUIPOS DE TRABAJO DEFINITIVOS	P.LETELIER	SEM.32	NO	En curso

Figura 6.3: Extracto de documento de monitoreo de actividades para operaciones.

- Hoja de verificación: se deja una plantilla para la verificación de detenciones que puede ser útil para el monitoreo de oportunidades, similar a la presentada en la Figura 6.1.
- Hoja de auditoria: Se crean hojas de auditoria para los procesos (ver Figura 6.4), las cuales tienen el propósito de mantener dentro de la línea el control y verificación de los procesos que se realizan en la línea. Es importante que este tipo de documentos estén en un lugar visible dentro de la línea de envasado de manera de asegurar su uso por los operadores y supervisores.

Verificación durante el cambio de formato	SI/NO
Etiquetadora	
Instalar aplicador y repasador de etiqueta anversa/reversa	
Configurar lote en el laser	
Cambio de formato en el panel	
Etiqueta Anversa Ajustada	
Etiqueta Reversa Ajustada	
Ajuste de camara	
Volteador	
Pinzas instaladas del formato siguiente	
Guia de zapatos instalada	
Llenadora	
Ajuste de altura del sensor de presencia acorde al formato	
Boquillas del formato instaladas	
Sujetador instalado (si es que aplica)	
Recirculación encendida	
Túnel extendido	
Tapadora	
Estrella de insertos acorde al formato	
Estrella de envases acorde al formato	
Garras de insertos acorde al formato	
Altura de la tapadora ajustada	
Garras del formato ajustada en altura y ángulo	
Sorter	
Guías del formato instaladas	
Rueda de vacío instalada	
Transportador de insertos instalado	
Lanza de aire comprimido instalada	
Pester	
Empujador del formato instalado	

Figura 6.4: Extracto de hoja de auditoría del proceso de cambio de formato.

- Plantilla de Lección de un Punto: se deja una plantilla para la documentación mediante la herramienta Lección de un Punto, sumado a un instructivo de uso y cuando utilizarlo.

7 Conclusiones

Respecto al objetivo general perseguido en esta memoria, el cual corresponde al de realizar una propuesta de un plan de mejora de la productividad para una línea de envasado de productos dermatológicos. Es posible afirmar que se logro este objetivo debido a que se le entrego a la empresa un plan completo que abarca diferentes acciones sobre las acciones operacionales de la línea de envasado, además dicho plan fue validado a través de la implementación de un subconjunto de acciones a modo de plan piloto, en donde se observaron mejoras de los indicadores controlados, pero no de acuerdo con los beneficios esperados.

Sobre los objetivos específicos y sus etapas asociadas es posible afirmar que:

- De acuerdo con el diagnostico realizado en la empresa, tanto a la cultura organizacional, como a la línea seleccionada, Línea Deostick, Es posible afirmar que esta línea es la mas critica tanto para la planta de Chile como para la Corporación, debido a que esta línea abastece a todo América de sus productos y a gran parte del Sudeste Asiático, por lo que su bajo rendimiento afecta gravemente a múltiples clientes. En el diagnostico se determino que esta posee una efectividad del 43% entre Dic'17 y Feb'18, siendo Feb'18 el mes con la efectividad mas baja de un 41%.
- Con respecto al marco estratégico de la empresa, el cual se rige por 3 valores, Seguridad, Calidad y Productividad. Se definió el valor de la Productividad como el mas preponderante para el levantamiento de oportunidades en las acciones operacionales y para las acciones propuestas en las soluciones, esto debido a que es importante para la empresa recuperar los productos que se están perdiendo por diferentes ineficiencias.
- Dentro del estudio de las acciones operacionales fue posible levantar 23 oportunidades en los 4 procesos que se llevan a cabo utilizando diferentes herramientas y enfoques de la mejora continua, en donde un 74% de las acciones están asociadas al proceso de envasado, lo que se explica debido a que es el proceso que mas se realiza en la línea de envasado. Se determino que estas oportunidades acumulan un 52,8% del OAE, lo que indica que existe un gran espacio para crecer dentro del proceso de mejora continua.
- Con respecto al análisis de costo-beneficio a aplicar a las oportunidades identificadas antes de priorizar y jerarquizar estas, es importante mencionar que, debido al marco estratégico definido por la empresa para este trabajo, el costo monetario de la implementación de cada acción no fue preponderante en la toma de decisiones. Se cambio este factor de costo por la probabilidad de éxito evaluada por un comité experto perteneciente a la misma empresa, ya que ellos conocen la

cultura organizacional en donde se va a desarrollar la implementación. Este factor de probabilidad de éxito evalúa diferentes aspectos de la implementación de una acción, como son el nivel de formación y duración requerida, el nivel Lean al cual corresponde en la casa TPS o la facilidad de implementación en términos prácticos (requiere solo la compra de componentes o requiere capacitaciones a todo un equipo).

El beneficio esperado fue el otro factor evaluado en el análisis costo-beneficio, en donde se utilizó la ecuación 8 para traspasar el impacto que tiene cada oportunidad en la pérdida del OAE a un beneficio percibido por la eliminación de dicha falla en su totalidad. Por motivos de simpleza para el desarrollo del trabajo, se asume que la velocidad teórica es igual a la velocidad de funcionamiento de la línea, por lo que el beneficio esperado es igual al impacto percibido por cada oportunidad.

- Referente al plan de mejora propuesta, este consta de la implementación de un set acciones que atiende las 23 oportunidades identificadas en la etapa de diagnóstico. Las acciones abarcan complejidades desde la compra de componentes (restablecimiento de condiciones básicas) hasta reformulación de procesos completos con sus respectivas capacitaciones. Este plan abarca un periodo de 20 semanas y se estructuró de forma que las primeras acciones sean de fácil implementación (cortas y de baja inversión en tiempo) de manera que los operadores puedan adaptarse progresivamente a la mentalidad necesaria de la mejora continua y así poder disminuir la resistencia al cambio. Luego se comienzan a desarrollar actividades que tiene mayor duración debido principalmente a que son acciones que abarcan a todos los operadores de todos los turnos por lo que contar con tiempo se vuelve más complejo.
- Con respecto a la implementación del plan piloto se puede afirmar que este fue exitoso ya que se logró un aumento del 12,2% del OAE con respecto al inicio del diagnóstico, durante la implementación de este se identificó que uno de los mayores problemas estaba asociado a la planificación de las actividades de capacitación de los operadores, ya que las diferentes horas de los turnos y los diferentes tiempos muertos en donde implementar estas capacitaciones alargó algunas actividades planificadas.

Es importante destacar también que no se logró el beneficio esperado en la implementación del plan piloto, ya que se esperaba obtener 31,2 puntos de OAE cuando solo se pudieron obtener 5 puntos. Esto se explica principalmente por que durante el desarrollo del análisis costo-beneficio, para el beneficio esperado se asumió que la velocidad de funcionamiento normal de la línea era

la misma velocidad teórica de la línea, lo cual en la practica es mucho menor debido a las múltiples ineficiencias operacionales de la línea de envasado.

7.1 **Recomendaciones**

Dentro de las recomendaciones es importante desarrollar sistema de información en las líneas que permitan determinar las velocidades minuto a minuto y promedios de manera de poder realizar mejores cálculos y predicciones de los planes de mejora a implementar posteriormente.

También se recalca la importancia de implementar una metodología orientada a la cultura del orden y limpieza ya que se considera necesario para lograr la excelencia operacional (Veres, Marian, Moica, & Al-Akel, 2018). Dado lo anterior es necesario la realización de una implementación de la metodología 5S, lo que debido a que es un proyecto más grande, se deja como recomendación a los mandos altos.

Otro de los aspectos observados durante la realización de este trabajo está asociado a la técnica Pull y los beneficios que puede traer cuando se implementa, dado que el indicador OAE (Utilización) está basado en la velocidad de diseño de la línea de envasado y no en eficiencia esperable de la línea, es que se privilegia el uso de la velocidad más alta por sobre el buen funcionamiento de los equipos; esta técnica está considerada dentro de la metodología Just in Time, por lo que también debe quedar como una acción a largo plazo.

Para el soporte de estas propuestas y las propuestas futuras se vuelve necesario reforzar las tareas desarrolladas por el área de Ingeniería con respecto al uso de los módulos de mejora continua, ya que estos son los que más adelante deben ser utilizados para el control de los indicadores y para las definiciones de actividades claves para alcanzar el objetivo propuesto. El reforzamiento debe partir por el liderazgo y la capacidad de guiar a los equipos multidisciplinarios en los principios de mejora continua y luego por el apoyo con Ingenieros dedicados a la gestión de procesos de mejora continua.

Bibliografía

- Ahmady, G., Mehrpour, M., & Nikooravesh, A. (2016). (Organizational Structure, Ahmady & Mehrpur & Nikooravesh). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 230, 455-462.
- Allen, T. (2006). *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma*.
- AlManei, M., Salonitis, K., & Tsinopoulos, C. (2018). A conceptual lean implementation framework based on change management theory. *Procedia CIRP*, 1160–1165.
- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance: Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Maximum Efficiency*.
- Carson, A. (12 de 05 de 2017). *Linkedin*. Recuperado el 22 de 02 de 2019, de <https://www.linkedin.com/pulse/what-makes-world-class-company-ailsa-carson>
- Foucault, M. (2003). *Vigilar y castigar: nacimiento de una prision*.
- George, M. (2010). *The Lean Six Sigma Guide to Doing More With Less*. New Jersey.
- Goldratt, E. M. (1999). *Theory of Constraints and how should it be implemented*.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2011). *Control estadístico de calidad y seis sigma, Gutiérrez y De la Vara*.
- Gutiérrez, H. (2010). *(Calidad Total y Productividad, Gutierrez)*.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones Estratégicas*. Madrid: Pearson Educación.
- Heizer, J., & Render, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones Tácticas*. Madrid.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid.
- Huntzinger, J. (2005). *The Roots of Lean Training Within Industry: The Origin of Japanese Management and Kaizen*.
- Keyence. (2018). *Patern Matching Sensor: AI SERIES*. USA.
- Maasouman, M. A., & Demirli, K. (2015). Assessment of Lean Maturity Level in Manufacturing Cells. *IFAC*, 1876-1881.

- Mana, J., & Pereira, R. (2012). Overcoming resistance to changes in information technology. *Procedia Technology*, 293-301.
- McCambridge, J., Witton, J., & Elbourne, D. (2014). Systematic review of the Hawthorne effect: New concepts are needed to study research participation effects. *Journal of Clinical Epidemiology*, 267-277.
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466-473.
- Nakane, J., & Hall, R. W. (2002). Ohno's Method. *Target Volume 18*.
- NEPIRC. (2 de 06 de 2019). *One Point Lesson*. Obtenido de Northeastern Pennsylvania Industrial Resource Center: <http://www.nepirc.com/pdfs/pei/OnePointLessons.pdf>
- Nuñez, J. (2017). Diseño del sistema de Produccion: Planificacion de la Capacidad. En *MEC-372: Produccion*. Santiago: UTFSM.
- Santos, J., Wysk, R., & Torres, J. (2006). *Improving Production with Lean Thinking*.
- Seecharan, T., Labib, A., & Jardine, A. (2018). *Maintenance Strategies: Decision Making Grid vs. Jack-Knife Diagram*.
- Shingo, S. (1989). *El sistema de producción TOYOTA desde el punto de vista de la ingenieria*. Madrid.
- Shook, J., & Marchwinski, C. (2014). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*.
- Sohal, A., & Egglestone, A. (1994). Lean Production: Experience among Australian Organizations. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 900-905.

A. Anexos

A. Caracterización de oportunidades en el Envasado

- Oportunidad 2:

Opor.	2
What	Se observa que no existe un flujo continuo entre la etiquetadora y volteadora
When	Esto sucede durante la operación normal de envasado
Where	Esto sucede en el proceso de etiquetado
Who	No se observa influencia de los equipos de persona en el problema
Why	Esta oportunidad corresponde a un problema, debido a que el polvillo constituye a un problema de contaminación e implica el rechazo del lote completo
How	El cartridge durante el proceso de etiquetado se mancha con polvo proveniente de la cinta de etiquetado (ver Figura 3.22)
How much	Duración de medición = 1 mes (24 días) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 3 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$) = 1 min/detención Total ponderado = 28,8 hrs/mes = 5,78%OAE

Tabla 0.1: Caracterización de la Oportunidad 2.

- Oportunidad 11:

Opor.	11
What	La etiqueta está fuera de lo valores tolerables de posición en el sentido vertical
When	Esto sucede durante la operación normal de envasado
Where	Esto sucede en el proceso de etiquetado
Who	Sucede con mayor frecuencia en 2 de 3 turnos
Why	Esto corresponde a un problema de calidad debido a que una etiqueta mal puesta puede dificultar la experiencia del cliente.

How	La etiqueta se desplaza verticalmente en el aplicador, causando la desviación detectada.
How much	Duración de medición = 1 mes (24 días) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 0,5 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$)= 2,1 min/detención Total ponderado = 7,92 hrs/mes = 1,6%OAE

Tabla 0.2: Caracterización de la Oportunidad 11.

- Oportunidad 13:

Opor.	13
What	La etiqueta está fuera de los valores tolerables de posición en el sentido horizontal
When	Esto sucede durante la operación normal de envasado, cuando se trabaja con el formato Barra Libre
Where	Esto sucede en el proceso de etiquetado
Who	No se observa incidencia del turno en este problema
Why	
How	La etiqueta se desplaza verticalmente en el aplicador, causando la desviación detectada
How much	Duración de medición = 1 mes (24 días) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 0,6 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$)= 8 min/detención Total ponderado = 21,12 hrs/mes = 4,2%OAE

Tabla 0.3: Caracterización de la Oportunidad 13.

- Oportunidad 6:

Opor.	6
What	Se pierden mucho tiempo en limpiar el equipo luego de una caída no prevista en la llenadora (ver Figura 3.23)
When	Esto sucede esporádicamente durante el período de envasado

Where	El problema ocurre en la bandeja de llenado luego de pasar por el inyector
Who	No se observa incidencia del equipo de trabajo en este problema
Why	Esto es un problema debido a que el sistema puede avanzar 15 min sin ser identificado, causando una potencial perdida de 1300 unidades.
How	El brazo que recoge los envases deja uno fuera de su corrida
How much	Duración de medición = 1 mes (24 días) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 0,007 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$)=20,46 min/detención Total ponderado = 3,2 hrs/mes = 0,7%OAE

Tabla 0.4: Caracterización de la Oportunidad 6

- Oportunidad 4:

Opor.	4
What	Se genera un atasco a la salida del conmutador (punto de convergencia de 2 líneas paralelas en 1)
When	Esto sucede durante el proceso de envasado con una ocurrencia aleatoria
Where	Esto sucede a la salida del conmutador 2 a 1 colocado a la salida de la torre
Who	No se observa que influya algún factor humano
Why	Este atasco genera detenciones largas debido a que está en un punto ciego de la línea de envasado
How	Un porta-envase se escapa de la prensa que debería estar bloqueada (ver Figura 3.24)
How much	Duración de medición = 2 mes (48 días) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 0,875 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$)=3 min/detención Total ponderado = 25,2 hrs/mes = 5,1%OAE

Tabla 0.5: Caracterización de la Oportunidad 4.

- Oportunidad 19:

Opor.	19
What	Existen productos que al salir de la torre de enfriamiento presentan una textura no solidificada lo que constituye un problema de calidad (ver Figura 3.25)
When	Este problema se identifica con el envase del formato Neruda; trabajando sobre una fórmula específica
Where	El problema se identifica al salir de la torre de enfriamiento
Who	No existe relación entre la falla y los equipos de persona
Why	-
How	Durante las pruebas de calidad en línea, se identifica que la superficie del desodorante tiene una textura pastosa donde no se logra identificar la marca del producto
How much	Duración de medición = 14 días (1 mes de producción de Neruda) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 0,0138 detenciones por hora (el problema se presentó 4 veces en 1 mes) Tiempo detención ($\bar{X}$)=180 min/detención Total ponderado = 14hrs/mes = 2,8%OAE

Tabla 0.6: Caracterización de la Oportunidad 19.

- Oportunidad 7:

Opor.	7
What	Existe una persona involucrada en el proceso de envasado que no está agregando valor
When	Se observa tanto durante el envasado del formato Neruda como el de Barra Libre
Where	Esto sucede al final de la tapadora
Who	Sucede con los operadores sin cargos específicos
Why	Los problemas que generan este tipo de tareas a largo plazo en las personas están relacionados principalmente a una pérdida de concentración en la tarea y desmotivación del trabajo

How	La persona solo tiene el rol de inspeccionar los envases a la salida del equipo
How much	Para poder caracterizar este problema es necesario determinar la cantidad de tiempo que están estas personas involucradas durante este proceso Cant de personas: 1 Persona/turno Duración Turno: 8 Horas /turno

Tabla 0.7: Caracterización de la Oportunidad 7.

• Oportunidad 9:

Opor.	9
What	Existen productos que al salir de la tapadora no presentan el inserto en el envase, lo que corresponde a un problema de calidad del producto
When	Este problema se observa durante el envasado del formato de Neruda; con una mayor incidencia en el inserto azul
Where	Esto sucede entre los subprocesos “Grip de inserto recoge el inserto” e “inserto es presionado contra el envase”
Who	No afecta al resultado el equipo de personas que esté trabajando
Why	Esto se considera un problema principalmente porque el producto al estar en contacto con el aire se puede contaminar y producir un problema de salud
How	Dentro de los 2 modos de falla de este problema se identifica: • Inserto sobre puesto en la zona correspondiente • No hay inserto en el envase
How much	Duración de medición = 14 días (Producción de Neruda durante 1 mes) Unidades reprocesadas por hora ($\bar{X}$) = 84 envases reprocesados por hora Tiempo detención ($\bar{X}$) = 3 seg en recolocar la unidad defectuosa Total ponderado = 30,2 hrs/mes = 6,1%OAE

Tabla 0.8: Caracterización de la Oportunidad 9.

- Oportunidad 10:

Opor.	10
What	Existen productos que al salir de la tapadora no presentan el inserto en la cavidad del envase
When	Este problema se observa durante el envasado de los formatos Barra Libre Masculino y Barra Libre Femenino
Where	Esto sucede entre los subprocesos “Grip de inserto recoge el inserto” y “inserto es presionado contra el envase”
Who	No afecta al resultado el equipo de personas que esté trabajando
Why	Esto se considera un problema principalmente porque el producto al estar en contacto con el aire se puede contaminar y producir un problema de salud
How	Dentro de los 2 modos de falla de este problema se identifican: • Inserto fuera de la cavidad para insertos (ver Figura 3.27) • No hay inserto en el envase
How much	Duración de medición = 10 días (Producción de Barra Libre Femenino durante 1 mes) Unidades reprocesadas por hora ($\bar{X}$) = 156 envases reprocesados por hora Tiempo detención ($\bar{X}$) = 4 seg en recolocar la unidad defectuosa Total ponderado = 41,6 hrs/mes = 8,4%OAE

Tabla 0.9: Caracterización de la Oportunidad 10.

- Oportunidad 17:

Opor.	17
What	Hay envases de desodorantes que salen sin insertos producto del atasco en la guía de insertos (ver Figura 3.28)
When	Este problema se observa durante las producción de los formatos en Barra Libre Masculino y Barra Libre Femenino
Where	Esto sucede entre el sorteador de insertos y la tapadora
Who	No afecta al resultado el equipo de personas que esté trabajando

Why	Esto se considera un problema principalmente porque el producto al estar en contacto con el aire se puede contaminar y producir un problema de salud
How	Dentro de los 2 modos de falla de este problema se identifican: • Inserto fuera de la cavidad para insertos • No hay inserto en el envase
How much	Duración de medición = 10 días (Producción de Barra Libre Femenino durante 1 mes) Detenciones por hora ($\bar{X}$) = 2 detenciones Tiempo detención ($\bar{X}$) = 1,4 min en restablecer la producción Total ponderado = 11,2 hrs/mes = 2,2%OAE

Tabla 0.10: Caracterización de la Oportunidad 17

- Oportunidad 16:

Opor.	16
What	No existe un estándar de orden y limpieza dentro de la línea de envasado (ver Figura 3.29)
When	Este problema ocurre durante el proceso de envasado sin importar el formato
Where	Esto sucede en el equipo enfardador entre la toma del envase en línea y la rotación de 180° para depositar en la bandeja
Who	No se observa como factor el equipo de personas involucrado
Why	Esta falta de estándar se traduce en pérdidas de repuestos, herramientas y componentes importantes en la línea, además de constituir un problema básico en el plan de implementación Lean
How	Se identifican los siguientes modos de fallo: • Acumulación de basura o repuestos desgastados • No existe un estándar de la posición de cada herramienta, repuesto o componente de cambio de formato
How much	No se cuantifico este problema

Tabla 0.11: Caracterización de la Oportunidad 16.

- Oportunidad 18:

Opor.	18
What	El maquinista/coordinadora realizan demasiadas acciones durante la operación normal, dejando sin atención a las actividades críticas
When	Este problema ocurre durante el proceso de envasado sin importar el formato, sobre todo cuando el turno presenta fallas más frecuentemente
Where	Esto sucede a lo largo de la toda la extensión de la línea
Who	Se observa principalmente en los roles de la Coordinadora y el Maquinista en los 3 turnos
Why	El Maquinista/Coordinadora al estar enfocado en resolver los problemas de manera individual, llega el momento en el que se ve sobrepasado aumentando el MTTR de las problemáticas
How	Se identifican los siguientes modos de fallo: • La persona no atiende el problema porque está atendiendo otro problema • El arreglo se hace “a medias”
How much	No se puede cuantificar esta pérdida

Tabla 0.12: Caracterización de Oportunidad 18.

- Oportunidad 8:

Opor.	8
What	Existen sistemas de control de la producción en línea, pero estos son sub utilizados
When	Esta sub utilización es evidente en cualquiera de las operaciones Envasado, Lavado, Cambio de Ficha y Cambio de Formato
Where	Sucede en la línea general
Who	Los principales responsables de utilizar este sistema es la Coordinadora y el Maquinista
Why	Este es un problema, ya que es un sistema que puede proporcionar información muy valiosa para el diagnóstico y análisis de las fallas; dentro de la información de pérdidas está:

	• Localización de la falla • Modo de falla • Duración de esta • Observaciones • Microdetenciones
How	Los responsables del uso no utilizan la plataforma
How much	No se cuantifico este problema

Tabla 0.13: Caracterización de la Oportunidad 8.

- Oportunidad 5:

Opor.	5
What	En el proceso de tapado del formato Barra Libre el distribuidor de insertos entrega la falla “Bloqueo Muerto” y “Falla aire comprimido posicionador”
When	Este problema ocurre durante el proceso de envasado con el formato Barra Libre Masculino y Femenino
Where	Esto sucede en el equipo distribuidor de insertos de la tapadora
Who	No se observa como factor el equipo de personas involucrado
Why	Si bien, el MTTR de este equipo es bajo, la frecuencia de esta conlleva a no lograr la producción esbelta
How	No se ha identificado el modo de falla de este
How much	Duración de medición = 10 días (Producción durante 1 mes) Detenciones por hora ($\bar{X}$) = 0,116 detenciones por hora (3 detenciones semanales) Tiempo detención ($\bar{X}$) = 3,2 min en restablecer la producción Total ponderado = 1,49 hrs/mes = 0,3%OAE

Tabla 0.14: Caracterización de la Oportunidad 5.

- Oportunidad 21:

Opor.	21
What	Los cartridges se caen constantemente en el proceso de extracción del porta envases (ver Figura 3.30)

When	Este problema ocurre durante el proceso de envasado sin importar el formato
Where	Esto sucede en el equipo enfardador entre la toma del envase en línea y la rotación de 180° para depositar en la bandeja
Who	No se observa como factor el equipo de personas involucrado
Why	Esto se considera un problema debido a que la alta frecuencia de la detención genera una dificultad de continuidad en el resto de la línea
How	Dentro de los 2 modos de falla de este problema se identifican: • Envase desplazado con respecto al Grip • Grip no alineado con respecto al brazo
How much	Duración de medición = 24 días (Producción durante 1 mes) Detenciones por hora ($\bar{X}$) = 0,43 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$) = 3 min en restablecer la producción Total ponderado = 12,38 hrs/mes = 2,49%OAE

Tabla 0.15: Caracterización de la Oportunidad 21

• Oportunidad 3:

Opor.	3
What	El equipo enfardador se detiene y entrega la falla “sobrecalentamiento de servo-motor”
When	Este problema ocurre durante el proceso de envasado sin importar el formato
Where	Esto sucede con el equipo enfardador
Who	No se observa como factor el equipo de personas involucrado
Why	La corrección de este problema puede tomar entre 30min – 1hra en restablecer la falla y poder comenzar a operar nuevamente
How	No se ha identificado el modo de falla de este
How much	Duración de medición = 24 días (Producción durante 1 mes) Detenciones por hora ($\bar{X}$) = 0,0303 detenciones por hora (3 detenciones semanales) Tiempo detención ($\bar{X}$) = 38,18 min en restablecer la producción

Total ponderado = 11,108 hrs/mes = 2,23%OAE

Tabla 0.16: Caracterización de la Oportunidad 3

B. Caracterización de oportunidades en el Cambio de Ficha

- Oportunidad 23:

Opor.	23
What	La cámara de control de etiquetado rechaza productos que están dentro de los límites del estándar establecido
When	Esto sucede durante los cambios de ficha al cambiar las etiquetas
Where	Esto sucede después del proceso de etiquetado
Who	Si bien el problema se observa en todos los turnos, existen diferencias en los tiempos de resolución (MTTR)
Why	No existen estándares, pero eso se define en el proceso de las 5's
How	Los operadores al configurar la cámara al cambio de etiqueta no poseen las herramientas o STD que les permita realizar este proceso rápido
How much	Duración de medición = 1 mes (24 días) Frecuencia de ajuste por aparición del problema ($\bar{X}$) = 0,125 detenciones por hora Tiempo detención ($\bar{X}$) = 9,65 min/detención Total ponderado = 11,53 hrs/mes = 2,3%OAE

Tabla 0.17: Caracterización de la Oportunidad 23.

- Oportunidad 22:

Opor.	22
What	Durante la operación de Cambio de Ficha, Cambio de Formato y Lavados se observa que los operadores aparte de la Coordinadora/Maquinista no tienen roles activos
When	Esto sucede durante los cambios de ficha
Where	Esto se puede ver a lo largo de la línea de envasado
Who	Esto se refleja en los operadores
Why	El principal problema que trae este tipo de manejo de personas es la desmotivación y desapego de los operadores para con la línea
How	Los Maquinistas y Coordinadoras realizan todas las acciones sobre los equipos

How
much

No se cuantifico esta problemática

Tabla 0.18: Caracterización de la Oportunidad 22.

C. Tabla de Actividades del Proceso de cambio de formato

N°	ACTIVIDADES	TIEMPO (sec)	Tipo de actividad	Valor
1	Preparación de carros de zapatos de envasado	300	Externa	Muda Tipo 2
2	Cambiar zapatos de etiquetado	240	Externa	Muda Tipo 2
	Etiquetadora			
3	Preparación de herramientas y componentes para Cambio de Formato	238	Externa	Muda Tipo 2
4	Retirar aplicadores del formato anterior	180	Interna	Muda Tipo 2
5	Instalar aplicadores del nuevo formato (Neruda - BL Hombre - BL Mujer)	240	Interna	Muda Tipo 2
6	Limpieza de cilindros por donde pasa la etiqueta	297	Interna	Muda Tipo 2
7	Configuración de lote y fecha de vencimiento	121	Interna	Muda Tipo 1
8	Montar etiqueta en el equipo	121	Interna	Si
9	Cambio de formato en el panel	60	Interna	Muda Tipo 1
10	Ajuste de etiquetadora	297	Interna	Muda Tipo 2
11	Ajuste fino del centrado de la etiqueta	416	Externa	Muda Tipo 2
12	Ajuste de cámara	891	Interna	Muda Tipo 1
	Volteador			
13	Preparación de herramientas y componentes para Cambio de Formato	242	Externa	Muda Tipo 2
14	Cortar el flujo de aire en la válvula de aire	59	Interna	Muda Tipo 2
15	Retirar pinzas del formato anterior	178	Interna	Muda Tipo 2
16	Instalar pinzas del nuevo formato (Neruda - BL Hombre - BL Mujer)	297	Interna	Muda Tipo 2
17	Remover guía de porta envases	119	Interna	Muda Tipo 2
18	Colocar guía de zapatos acorde al formato (Neruda - BL Hombre - BL Mujer)	120	Interna	Muda Tipo 2
19	Volver a dar el aire en la válvula de aire	42	Interna	Muda Tipo 2
	Llenadora			
20	Preparación de herramientas y componentes para Cambio de Formato	297	Externa	Muda Tipo 2

21	Vaciar equipo por completo	594	Externa	Muda Tipo 2
22	Ajuste de altura del sensor de presencia acorde al formato	60	Interna	Muda Tipo 2
23	Retirar componentes del formato anterior	480	Interna	Muda Tipo 2
24	Colocar Boquillas nuevas (Neruda - BL Hombre - BL Mujer)	420	Interna	Muda Tipo 2
25	Colocar pletina y sujetador de envases (si aplica) (BL Mujer - BL Hombre)	594	Interna	Muda Tipo 2
26	Ajuste de parámetros de envasado	120	Externa	Muda Tipo 1
	Tapadora			
27	Cambio de Porta-envase de envasado	1740	Interno	Muda tipo 2
28	Preparación de herramientas y componentes para Cambio de Formato	298	Externa	Muda Tipo 2
29	Vaciar equipo por completo	18	Interna	Muda Tipo 2
30	Cortar el flujo de aire en la válvula de aire	30	Interna	Muda Tipo 2
31	Elevar la altura de la tapadora	61	Interna	Muda Tipo 2
32	Retirar las garras del acople rápido	240	Interna	Muda Tipo 2
33	Cambiar Garras al formato acorde	179	Interna	Muda Tipo 2
34	Retirar estrella de tapas	48	Interna	Muda Tipo 2
35	Retirar estrella de envases	48	Interna	Muda Tipo 2
36	Instalar estrella de envases correspondiente al formato entrante	61	Interna	Muda Tipo 2
37	Cambiar la estrella de insertos acorde al formato entrante	101	Interna	Muda Tipo 2
38	Remover pista de insertos del formato antiguo	120	Interna	Muda Tipo 2
39	Instalar la pista de insertos del formato nuevo	60	Interna	Muda Tipo 2
40	Conectar los conectores de aire comprimido de la pista nueva	59	Interna	Muda Tipo 2
41	Instalar la garra en el acople rápido y verificar la altura	600	Interna	Muda Tipo 2
42	Verificar el ángulo de la garra	480	Interna	Muda Tipo 2
43	Volver a dar el aire en la válvula de aire	59	Interna	Muda Tipo 2
44	Girar llave de ajuste de altura en el panel a la posición 1	61	Interna	Muda Tipo 2
45	En el panel, colocar ajustes, y ajustar la altura a la requerida por el formato	61	Externa	Muda Tipo 2
	Sorter			
46	Vaciar equipo por completo	120	Interna	Muda Tipo 2

47	Proceder a retirar todos los porta insertos y reemplazarlos por los del formato correspondiente	178	Interna	Muda Tipo 2
48	Cerrar el sorter e ir al frente	30	Interna	Muda Tipo 2
49	Retirar las guías de inserto del formato anterior	182	Interna	Muda Tipo 2
50	Retirar punta de guía de insertos	61	Interna	Muda Tipo 2
51	Cambiar la rueda de vacío al formato correspondiente	120	Interna	Muda Tipo 2
52	Instalar la punta de guía de insertos correspondiente	59	Interna	Muda Tipo 2
53	Instala la guía de insertos correspondiente	242	Interna	Muda Tipo 2
54	Ajustar guía de insertos	416	Externa	Muda Tipo 2
	Enfardadora			
55	Vaciar la máquina	59	Interna	Muda Tipo 2
56	Cuando deje de funcionar, presionar “vaciar máquina” en el panel, y presionar Start	24	Interna	Muda Tipo 2
57	Con la máquina detenida, ajustar reglilla del brazo a la distancia del formato en ambos lados	180	Interna	Muda Tipo 2
58	Retirar el empujador del formato	59	Interna	Muda Tipo 2
59	Colocar el empujador al formato indicado	60	Interna	Muda Tipo 2
60	Ajustar acomodadores laterales a la distancia del formato	120	Interna	Muda Tipo 2
61	Ajustar pinzas del equipo	303	Interna	Muda Tipo 2
62	Cambiar formato en el panel al formato correspondiente	61	Interna	Muda Tipo 2
	Total	13621		

Tabla 0.19: Actividades realizadas durante el proceso de cambio de formato

D. Caracterización de las oportunidades en el Cambio de Formato

- Oportunidad 15:

Opor.	15
What	Los procesos de cambio de formato son muy variables en tiempo de desarrollo
When	Esto sucede durante los cambios de formato
Where	Esto se puede ver a lo largo de la línea de envasado
Who	Principalmente se refleja en las Coordinadoras y Maquinistas
Why	Esto representa un problema debido a que cada equipo realiza este proceso de manera diferente trayendo confusión y diferentes tiempos de cambio de formato

How	Los Maquinistas y Coordinadoras realizan todas las acciones sobre los equipos
How much	Se contabilizan 8 cambios de formato, donde el promedio de cambio de formato fue de 188,25 min con una desviación estándar de 24,5 min Duración de medición = 24 días (Producción durante 1 mes) Detenciones por hora ($\bar{X}$) = 0,01388 detenciones por hora (8 detenciones mensuales) Tiempo detención ($\bar{X}$) = 3,13 hrs en restablecer la producción Total ponderado = 25 hrs/mes = 5,04%OAE

Tabla 0.20: Caracterización de la Oportunidad 15.

E. Matriz de lavado

		AT																ATs		B&W				SP					K			SG	F
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A T	1	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	2	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	3	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	4	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	5	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	6	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	7	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	8	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	9	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	10	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	11	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	12	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
13	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S / L	S / L	S / L	S / L	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A	

		14	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S / L	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
		15	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S / L	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H
A T S	16	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S/L	S / L	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
	17	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S / L	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	H	H	A
B & W	18	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A
	19	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
	20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
	21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
S P	22	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
	23	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
	24	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
	25	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
	26	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	S / L	A	A	A	A	H	H	A	
K	27	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	S/L	S / L	S/L	G	G	A		
	28	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	S/L	S / L	S/L	G	G	A		
	29	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	S/L	S / L	S/L	G	G	A		
S G	30	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S/L	A	
	31	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	S/L	A	
H	32	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	S/L	

Tabla 0.21: Matriz de lavado indicando la secuencia a utilizar

En donde se clasifican las siglas de la siguiente manera:

- S/L: esta secuencia significa que no se debe realizar ningún lavado durante el cambio de masa.
- E: Para esta secuencia solo es necesario realizar un lavado con agua caliente por los equipos y un posterior secado para remover la humedad.
- A: Significa que entre los cambios de masa es necesario realizar un lavado con un detergente ácido, luego un enjuague para eliminar cualquier traza de detergente y por último un proceso de secado de los equipos

- F: Este tipo de lavado requiere la utilización de un detergente ácido y luego uno alcalino, con sus correspondientes etapas de enjuagado entre medio y finalizar con un secado
- G: Es similar al proceso F pero antes del secado se utiliza un sanitizante y enjuagado
- H: Es similar al proceso F pero esta secuencia no requiere secado

F. Caracterización de oportunidades en el proceso de Lavado

- Oportunidad 14:

Opor.	14
What	Se detecta que los diferentes maquinistas realizan el procedimiento de lavado de manera diferente
When	Esto sucede durante los lavados de equipos
Where	Esto sucede en la zona de lavado CIP y estanques
Who	Se observa una diferencia entre los procedimientos realizados por cada maquinista
Why	Esto representa un problema debido a que cada equipo realiza este proceso de manera diferente trayendo confusión y diferentes tiempos de lavados
How	Los Maquinistas realizan todas las acciones sobre los equipos
How much	Tiempo muy variable; ver Tabla 3.7.

Tabla 0.22: Caracterización de la Oportunidad 14.

- Oportunidad 12:

Opor.	12
What	Existen deficiencias en el proceso de lavado
When	Esto sucede durante el proceso de lavado
Where	Esto sucede en la zona de lavado CIP y estanques
Who	Se observa una diferencia entre los procedimientos realizados por cada maquinista
Why	Esto se considera un problema ya que un mal lavado puede conllevar la contaminación de un lote de producción completo
How	Se observan los siguientes modos de falla: • Tiempos de lavado a enjuagado más cortos de lo definido • Temperaturas objetivos más baja de lo definido • Válvulas en aperturas manuales en un sistema automatizado
How much	No se cuantifico el problema, pero la perdida por contaminación equivale a 12.000 unidades de 1 lote

Tabla 0.23: Caracterización de la Oportunidad 12.

G. Resumen de oportunidades identificadas

Opor	Proceso	Tipo falla	Equipo	Frec (det/hrs)	MTTR (hrs)	OAE (%)
1	Envasado	S/F	Etiquetadora	0.13	0.17	2.41%
2	Envasado	S/F	Etiquetadora	3	0.02	5.78%
3	Envasado	C/F	Pester	0.11	0.5	6.36%
4	Envasado	S/F	Torre	0.88	0.05	5.06%
5	Envasado	C/F	Tapado	0.12	0.05	0.30%
6	Envasado	S/F	Llenadora	0.02	0.34	0.66%
7	Envasado	S/F	Tapado	0	0	0.00%
9	Envasado	S/F	Tapado	84	0	4.72%
10	Envasado	S/F	Tapado	114	0	6.10%
11	Envasado	S/F	Etiquetadora	0.5	0.03	1.59%
12	Lavado	-	Lavado	0	0	0.00%
13	Envasado	S/F	Etiquetadora	0.6	0.13	4.24%
14	Lavado	-	Lavado	0	0	0.00%
15	Cambio de formato	-	Cambio de formato	0.01	3.14	5.04%
16	Envasado	S/F	Línea	0	0	0.00%
17	Envasado	S/F	Tapado	2	0.02	2.25%
18	Envasado	S/F	Línea	0	0	0.00%
19	Cambio de formato	-	Cambio de formato	0	0	0.00%
21	Envasado	C/F	Pester	0.43	0.05	2.49%
22	Lavado/ Cambio Formato/ Cambio Ficha	-	Lavado/ Cambio Formato/ Cambio Ficha	0	0	0.00%
23	Envasado	S/F	Línea	0	0	0.00%
24	Envasado	S/F	Línea	0	0	0.00%
25	Envasado	S/F	Torre	0.01	3	2.81%
26	Lavado	-	Lavado	0.08	0.5	4.82%
27	Cambio Ficha	-	Etiquetadora	0.13	0.16	2.32%

Tabla 0.24: Tabla resumen de oportunidades identificadas en el diagnóstico

- Oportunidad 20:

Opor.	20
-------	----

What	Existen momentos en los que ningún operador de línea realiza una tarea
When	Esto sucede durante el proceso de lavado
Where	Es en el proceso entre las actividades 8 y 13 de la Tabla 3.7
Who	Esto se refleja en los operadores
Why	Esto se considera un problema ya que disminuye lo tiempos efectivos de productividad de la línea y de la gente
How	En los momentos durante el lavado de estanques (2 estanques en serie) los operadores no tienen actividades definidas
How much	Duración de medición = 24 días (Producción durante todo el mes) Detenciones por hora ($\bar{X}$) = 0,08333 (2 lavados diarios) Tiempo detención ($\bar{X}$) = 30 min entre las actividad 8 y 13 de la Tabla 3.7 Total ponderado = 24 hrs/mes = 4,82%OAE

Tabla 0.25: Caracterización de la Oportunidad 20.

H. Propuesta de proceso de lavado

	Actividad	Tiempo [sec]	Tipo de actividad	Valor
1	Solicitud de nueva masa a Fabricación	120	Externa	
2	Inspección de detergentes disponibles en línea	120	Externa	
3	Solicitud de detergentes a Bodega	60	Externa	
4	Finalización del proceso de envasado de ficha anterior	-		
5	Desconexión de estanque Fijo de las cañerías de envasado	90	Interna	
6	Conexión de las cañerías de la llenadora a la unidad CIP	90	Interna	
7	Programación del lavado para la unidad Llenadora	45	Interna	
8	Lavado de la llenadora y cañerías	-	Interna	Si
10	Desconexión de llenadora de la unidad CIP	90	Interna	

11	Conexión de estanque auxiliar a Llenadora	90	Interna	
12	Ajuste de parámetros de temperatura y dosificación	120	Interna	
13	Comienzo del envasado con estanque auxiliar	300		
14	Conexión de estanque Fijo a Unidad CIP	90	Externa	
15	Programación del lavado para estanque fijo	45	Externa	
16	Lavado de Estanque Fijo	-	Externa	Si
17	Inspección visual del lavado	138	Externa	
18	Desconexión de estanque fijo de la unidad CIP	90	Externa	
9	Trasvasije de masa del estanque móvil al estanque fijo	420	Interna	
19	Conexión de estanque móvil a unidad CIP	90	Externa	
20	Programación del lavado para estanque móvil	45	Externa	
21	Lavado de estanque móvil	-	Externa	Si
22	Inspección visual del lavado	138	Externa	
23	Desconexión de estanque móvil de la unidad CIP	90	Externa	
	Total	2271		

Tabla 0.26: Propuesta de proceso de lavado

I. Asignación de puntaje de la probabilidad de éxito

Tabla 0.27: Puntaje de la probabilidad de éxito por cada factor.

Oport.	Puntaje Prob. éxito	Facilidad implementación	Facilidad madurez	Impacto	Facilidad Formación	Duración
Oportunidad 1	10	2	2	2	2	2
Oportunidad 2	2	0	0	2	0	0
Oportunidad 3	10	2	2	2	2	2
Oportunidad 4	7	2	1	2	1	1
Oportunidad 5	10	2	2	2	2	2
Oportunidad 6	4	1	1	0	1	1
Oportunidad 7	6	2	1	2	0	1

Oportunidad 8	1	0	1	0	0	0
Oportunidad 9	4	1	1	1	1	0
Oportunidad 10	3	1	0	2	0	0
Oportunidad 11	7	2	1	1	2	1
Oportunidad 12	4	1	1	2	0	0
Oportunidad 13	3	0	1	2	0	0
Oportunidad 14	4	1	1	1	1	0
Oportunidad 15	2	0	0	2	0	0
Oportunidad 16	3	0	0	1	1	1
Oportunidad 17	9	2	2	2	2	1
Oportunidad 18	3	0	1	1	1	0
Oportunidad 19	3	0	0	2	1	0
Oportunidad 20	2	0	0	2	0	0
Oportunidad 21	2	0	0	1	0	1
Oportunidad 22	3	1	0	1	1	0
Oportunidad 23	6	2	2	1	1	0

J. Asignación de puntajes de la probabilidad de éxito para cada solución propuesta

Tabla 0.28: Asignación de puntaje por probabilidad de éxito a las soluciones propuestas

Opor	Proceso	Madurez	Puntaje Probabilidad de éxito	Beneficio Esperado
10	Envasado	Entendimiento	3	6,10
2	Envasado	Implementación	2	5,78
4	Envasado	Entendimiento	5	5,06
15	Cambio de formato	Implementación	2	5,04
20	Lavado	Entendimiento	2	4,82

9	Envasado	Entendimiento	4	4,72
13	Envasado	Entendimiento	3	4,24
19	Envasado	Entendimiento	3	2,81
21	Envasado	Entendimiento	2	2,49
1	Envasado	Entendimiento	10	2,41
23	Cambio Ficha	Implementación	7	2,32
17	Envasado	Entendimiento	9	2,25
3	Envasado	Entendimiento	10	2,23
11	Envasado	Entendimiento	7	1,59
6	Envasado	Implementación	4	0,66
5	Envasado	Implementación	10	0,30
7	Envasado	Implementación	6	0,00
22	Lavado/ Cambio Formato/ Cambio Ficha	Entendimiento	3	0,00
14	Lavado	Entendimiento	4	0,00
12	Lavado	Implementación	4	0,00
18	Envasado	Entendimiento	3	0,00
16	Envasado	Implementación	3	0,00
8	Envasado	Entendimiento	1	0,00

K. Hoja de verificación para Cambio de formato

Cambio de formato: Tapadora

El proposito de esta verificacion es asegurar que el cambio de formato en la tapadora se realice de la manera adecuada y en el tiempo correspondiente

Responsable: _____

VERIFICACION PREVIA AL CAMBIO DE FORMATO	SI/NO
Sorter de tapas	
Rueda de vacio del formato siguiente	
6 Posicionadores de insertos del formato siguiente	
3 Guia de transporte	
Placa de la rueda de vacio	
Llave allen #4	
Tapadora	
8 garras de tapas de insertos	
2 estrella de insertos del formato	
2 posicionadores de envases	
2 guias de entrada a las estrella	
Llave allen #5	
Llave corona #8	
VERIFICACION DURANTE EL CAMBIO DE FORMATO	SI/NO
Tapadora	
Estrella de envases acorde al formato	
Estrella de insertos acorde al formato	
Guia de entrada de insertos	
Garras de insertos acorde al formato	
Garras del formato ajustada en altura y angulo (usar calibre)	
Altura de la tapadora ajustada	
Ajuste del sensor de rechazo (altura y presencia)	
Ajuste de sensor de cambio de lote	
Cambio de parametros en el panel	
Sorter	
3 Guias de transporte del formato instaladas	
Rueda de vacio instalada	
Transportador de insertos instalado	
Lanza de aire comprimido instalada	
Placa de la rueda de vacio	

*Si tienes dudas en cualquier parte del proceso, no dudes en revisar el instructivo o preguntar al maquinista

Figura 0.1: Extracto de la hoja de verificación para el cambio en el equipo tapadora.