



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Propuesta de implementación de herramientas de Lean
Manufacturing para incrementar la productividad del
proceso de envasado en una empresa de bebidas
carbonatadas**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Gean Franco NAVARRO TORRES

ASESOR

Dr. Jorge Enrique ORTIZ PORRAS

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Navarro, G. (2024). *Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad del proceso de envasado en una empresa de bebidas carbonatadas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Gean Franco Navarro Torres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46671100
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Enrique Ortiz Porras
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40523944
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9605-3670
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Ernesto Altamirano Flores
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	80597422
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Oscar Abraham Morales Da Costa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09599576
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Rolando Ruez Guevara
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07198942

Datos de investigación	
Línea de investigación	ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura. 4. Gestión Organizacional Sostenible
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lurigancho-Chosica Calle: Los Laureles 127 Latitud: -12.01363 Longitud: -76.92875
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2023 – enero 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Industrial https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04



ACTA DE SUSTENTACIÓN N°005-VDAP-FII-2024

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **martes 13 de febrero de 2024**, a las 10:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE ENVASADO EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS”

Que presenta el Bachiller:

GEAN FRANCO NAVARRO TORRES

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria**.

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 10:55 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido Aprobado por UNANIMIDAD con la calificación promedio de 16, lo cual se comunicó públicamente.

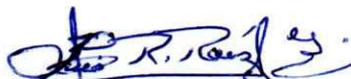
Lima, 13 de febrero del 2024


DR. ERNESTO ALTAMIRANO FLORES
Presidente


MG. LUIS ROLANDO RAEZ GUEVARA
Miembro


MG. OSCAR ABRAHAM MORALES DA COSTA
Miembro


DR. JORGE ENRIQUE ORTIZ PORRAS
Asesor


MG. LUIS ROLANDO RAEZ GUEVARA
Vicedecano Académico – FII





Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **ORTIZ PORRAS JORGE ENRIQUE** en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° **000460-2024-D-FII** de la tesis de investigación académico, cuyo título es **PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE ENVASADO EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el bachiller **NAVARRO TORRES GEAN FRANCO** para optar el título **PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de **10%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma del Asesor:

DNI:40523944

Nombres y apellidos del asesor:
ORTIZ PORRAS JORGE ENRIQUE



AGRADECIMIENTO:

A mi madre María Elena y papá Eloy por haberme apoyado siempre en las decisiones que he tomado.

A mis hermanos Deivi, Edwin, Daniel, Maryori y Eliot por ser mi motivación e inspiración para salir adelante.

A mi abuela Clara Luz por haberme enseñado el camino del bien, a mis familiares cercanos que están constantemente alentándome.

A mi alma mater UNMSM por haberme forjado como Ingeniero Industrial desde el primer día.

A mis amistades Jorge Huamán, Aron Vivanco, Julio Quesquén, Grimson Brandi, otros por su aliento constante y por las personas que confían en mí.

A mis compañeros de trabajo Ricardo Huarote, Alexs Santos, Roberto Gamarra, José Saavedra, Cesar Rodríguez, Daniel Benites por haberme enseñado y motivado en esta profesión.

A mi asesor Jorge Ortiz por haberme ayudado a comenzar y terminar en la revisión del presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Determinación del problema	15
1.1.1 Formulación del problema	17
1.1.2 Problemas secundarios:	17
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo principal	18
1.2.2 Objetivos secundarios	18
1.3 Importancia y alcance de la investigación	19
1.3.1 Importancia de la investigación	19
1.3.2 Alcance de la investigación	19
1.4 Limitaciones de la investigación	19
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	20
2.1. Marco teórico	20
2.2. Antecedentes del estudio	20
2.2.1. Antecedentes nacionales	20
2.2.2. Antecedentes internacionales	22
2.3. Bases teóricas	24
2.3.1. Lean Manufacturing	24
2.3.2. Desperdicios o mudas	24
2.3.3. Herramientas de Lean Manufacturing	28
2.3.3.1. 5S	28
2.3.3.2. TPM (Mantenimiento productivo total)	30

2.3.3.3.	POKA YOKE.....	33
2.3.4	DIAGRAMA DE PARETO	34
2.3.5	ISHIKAWA – DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.....	35
2.3.6	MÉTODO DMAIC	37
2.3.7	DIAGRAMA DE GANTT	37
2.3.8	MÉTODO 5W2H.....	38
2.3.9	PRODUCTIVIDAD.....	39
2.3.10	EFICIENCIA	39
2.4.	Definición de términos	39
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES		41
3.1.	Hipótesis	41
3.1.1.	Hipótesis principal.....	41
3.1.2.	Hipótesis secundarias.....	41
3.2.	Variables.....	41
3.3.	Operacionalización de las variables.....	42
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS.....		43
4.1.	Área de estudio.....	43
4.2.	Tipo y diseño de investigación.....	43
4.3.	Población y muestra	43
4.4.	Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
4.5.	Análisis estadístico	44
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....		45
5.1.	Descripción de la situación actual	45
5.1.1.	Descripción de la empresa:	45
5.1.2.	Proceso productivo:	45
5.2.	Mejora Enfocada para el proceso de Paletizado manual.....	50

5.2.1. Selección del tema de mejora	50
5.2.1.1. Formar un equipo de Proyecto	51
5.2.2. Comprender la situación	52
5.2.3. Exponer y eliminar anomalías	53
5.2.4. Analizar causas	54
5.2.5. Planificar la mejora	57
5.2.6. Implantar la mejora	58
5.2.6.1. Mejora en el proceso de paletizado Manual:	59
5.2.7. Comprobar los resultados.....	61
5.2.8. Consolidar los resultados	63
5.3. Mejora Enfocada para el proceso Despaletizado manual de botellas ...	64
5.3.1. Selección del tema de mejora	64
5.3.1.1. Formar un equipo de Proyecto	64
5.3.2. Comprender la situación	64
5.3.3. Exponer y eliminar anomalías	66
5.3.4. Analizar causas	67
5.3.5. Planificar la mejora	69
5.3.6. Implantar la mejora	70
5.3.6.1. Mejora en el proceso de Despaletizado manual de botellas vacías	71
5.3.7. Comprobar los resultados.....	73
5.3.8. Consolidar los resultados	74
5.4. Poka Yoke para el proceso empacado de botellas.....	75
5.4.1. Definir:	75
5.4.1.1. Formar un equipo de Proyecto	75
5.4.2. Medir:.....	75
5.4.3. Analizar:.....	77

5.4.4. Mejorar:	79
5.4.4.1. Mejora en el proceso de empaçado:.....	81
5.4.5. Controlar	84
5.5. <i>Interpretación de los resultados</i>	85
5.6. Contrastación de hipótesis	89
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	90
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
7.1. Conclusiones	91
7.2. Recomendaciones	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Cumplimiento y productividad de las líneas de producción 2021</i>	17
Tabla 2: <i>Dimensiones de variables</i>	42
Tabla 3: <i>Cuadro de eficiencias de líneas</i>	45
Tabla 4: <i>Detalle de tiempos de paro por proceso para el año 2021</i>	49
Tabla 5: <i>Detalle de tiempos de paro por paletizado manual (2021)</i>	52
Tabla 6: <i>Cuadro de anomalías del proceso de paletizado manual</i>	54
Tabla 7: <i>Técnica de los 5 Porqué para el proceso de paletizado manual</i>	56
Tabla 8: <i>Técnica de 5W2H para el proceso de paletizado manual</i>	57
Tabla 9: <i>Plan de trabajo para implantación de mejoras</i>	58
Tabla 10: <i>Registro de actividades de la mejora en el paletizado</i>	62
Tabla 11: <i>Check de estandarización de la mejora en el paletizado de producto terminado</i>	63
Tabla 12: <i>Detalle de tiempos de paro por Despaletizado manual (2021)</i>	65
Tabla 13: <i>Cuadro de anomalías del proceso de Despaletizado manual</i>	66
Tabla 14: <i>Técnica de los 5 Porqué para el Despaletizado manual de botellas vacías</i>	68
Tabla 15: <i>Técnica de 5W2H para el proceso de Despaletizado manual de botellas vacías</i>	69
Tabla 16: <i>Plan de trabajo para implantación de mejoras en el proceso de Despaletizado</i>	70
Tabla 17: <i>Registro de actividades en la mejora de Despaletizado de botellas</i> 73	
Tabla 18: <i>Check de estandarización en la mejora del Despaletizado de botellas vacías</i>	74
Tabla 19: <i>Detalle de tiempos de paro por el proceso de empacado</i>	76
Tabla 20: <i>Técnica de los 5 Porqué para el proceso de empacado</i>	78
Tabla 21: <i>Técnica de 5W2H para el proceso de empacado de botellas</i>	79
Tabla 22: <i>Diagrama de actividades para la mejora en el proceso de empacado</i>	80
Tabla 23: <i>Matriz de habilidades para la operación de empacado de bebidas</i> .	83
Tabla 24: <i>Estandarización de mejoras en el proceso de empacado</i>	84

Tabla 25: <i>Tabla actual de horas hombre (mes)</i>	85
Tabla 26: <i>Tabla de horas hombre luego de TPM en el proceso de paletizado</i>	85
Tabla 27: <i>Tabla de horas hombre luego de TPM en el proceso de Despaletizado de botellas vacías</i>	86
Tabla 28: <i>Tabla de horas hombre luego de Poka Yoke en el proceso de empacado</i>	86
Tabla 29: <i>Tabla resumen de resultados luego de implementación de propuestas</i>	87
Tabla 30: <i>Análisis de Costos</i>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Árbol de problemas</i>	17
Figura 2: <i>Ejemplo de etapa separar de las 5'S</i>	29
Figura 3: <i>Ejemplo de etapa estandarizar de las 5'S</i>	30
Figura 4: <i>Pasos de metodología TPM – Mejora enfocada</i>	32
Figura 5: <i>Referencia grafica de un Poka Yoke</i>	33
Figura 6: <i>Ejemplo de diagrama de Pareto para problemas en la fabricación de botas</i>	35
Figura 7: <i>Ejemplo en referencia al diagrama de causa y efecto</i>	36
Figura 8: <i>Ejemplo del método DMAIC</i>	37
Figura 9: <i>Ejemplo del diagrama de GANTT</i>	38
Figura 10: <i>Proceso de Despaletizado de botellas vacías</i>	46
Figura 11: <i>Proceso de envasado de bebidas</i>	46
Figura 12: <i>Proceso de etiquetado y codificado</i>	47
Figura 13: <i>Proceso de empacado de botellas</i>	48
Figura 14: <i>Proceso de Paletizado manual</i>	49
Figura 15: <i>Diagrama de Pareto de tiempos de paro en el proceso de paletizado</i>	53
Figura 16: <i>Gráfica de Ishikawa de la baja productividad en el proceso de paletizado manual</i>	55
Figura 17: <i>Faja transportadora de paquetes</i>	59
Figura 18: <i>Paletizadora automática</i>	60
Figura 19: <i>Transporte de parihuelas con producto</i>	61
Figura 20: <i>Detalle de tiempos de paro por Despaletizado manual (2021)</i>	65
Figura 21: <i>Gráfica de Ishikawa en el proceso de Despaletizado manual</i>	67
Figura 22: <i>Máquina ordenadora de botellas</i>	71
Figura 23: <i>Transporte aéreo de botellas vacías</i>	72
Figura 24: <i>Gráfica de Pareto de la baja productividad en el proceso de empacado</i>	76
Figura 25: <i>Gráfica de Ishikawa de la baja productividad en el proceso de empacado</i>	77

Figura 26: *Imagen referencial de Poka Yoke en el proceso de cambio de bobina*

..... 82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: <i>Matriz de consistencia</i>	98
Anexo 2: <i>Diagrama de operaciones del proceso de envasado de bebidas carbonatadas</i>	99
Anexo 3: <i>Formato de registro de tema de mejora enfocada para el proceso de paletizado manual</i>	100
Anexo 4: <i>Formato de registro de tema de mejora enfocada para el proceso de Despaletizado manual de botellas vacías</i>	101
Anexo 5: <i>Formato de registro de tema de mejora Poka Yoke para el proceso de empacado de botellas.</i>	102
Anexo 6: <i>Diagrama de Pareto de tiempos de paro de la línea 01</i>	103
Anexo 7: <i>Demanda proyectada 2022</i>	104
Anexo 8: <i>Tiempo de paro por naturaleza</i>	105
Anexo 9: <i>Detalle de ahorro por costo de mano de obra</i>	106
Anexo 10: <i>Detalle de costo por tiempos improductivos</i>	107

RESUMEN

En el presente estudio de diseño experimental se tuvo como objetivo el aumento de la productividad de la línea de envasado con la propuesta de implementación de herramientas de lean Manufacturing de una empresa de envasado de bebidas carbonatadas, donde la productividad se vio afectada por áreas críticas según el árbol de problemas, las cuales fueron el proceso de paletizado de paquetes, despaletizado de botellas vacías y el empacado de botellas, así mismo se usaron documentos de tiempos de paro, registros de cierres de órdenes de fabricación, tablas y diagramas como instrumentos de recolección de datos.

Como resultados se obtuvo una mejora en la productividad del 150.5%, se observó un incremento de 99 Paq/Hr-Ho a 247 Paq/Hr-Ho, con esto se llega al objetivo del estudio y se valida la hipótesis general, la eficiencia incrementa en razón de 5.10%, así mismo la tasa de retorno del proyecto fue del 13.80% en comparación a la tasa de oportunidad estimada del proyecto del 10% y el beneficio costo del proyecto es de 1.098, haciendo al proyecto viable, el periodo de retorno es de 4.45 años, esto indica que la ganancia luego de la inversión se verá luego de este periodo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas de manufactura se dedican a buscar las mejores prácticas para la reducción de costos de fabricación y así poder competir con el mercado competitivo, para poder tener una ventaja y ser más rentables.

La aplicación de Lean Manufacturing ha demostrado históricamente que mejora la productividad y eficiencia de las empresas donde se haya aplicado.

El trabajo en estudio se realiza debido a mejorar la productividad de la línea más afectada de la planta, implementando la metodología de lean en sus procesos, para mejorar su calidad, productividad, eficiencia y aprovechar mejor sus recursos.

Como objetivo de estudio se busca realizar una propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad del proceso de envasado en una empresa de bebidas carbonatadas.

En el capítulo I se determina el planteamiento del problema donde se busca implementar lean a los procesos más influyentes como el paletizado, despaletizado de botellas vacías y empacado de botellas, así mismo se determinan los objetivos específicos, la importancia del estudio, el alcance y sus limitaciones.

En el capítulo II se describe los antecedentes nacionales e internacionales, se recolecta información de las herramientas de lean Manufacturing, breve detalle del método DMAIC, diagrama de Gantt, método 5W2H y otras definiciones de términos importantes para el estudio.

En el capítulo III detallamos la hipótesis general, secundaria del estudio, así mismo las variables y su operatividad.

En el capítulo IV se describe el área de estudio, el tipo y diseño de la investigación, la población y muestreo, los procedimientos y técnicas de recolección de datos, así como el tipo de análisis estadístico que se desarrollara.

En el capítulo V se desarrolla la propuesta de implementaciones de las herramientas de Lean Manufacturing, los métodos de cada herramienta, así mismo se presenta la interpretación de los resultados y la contrastación con las hipótesis general y específicas.

En el capítulo VI se realiza la discusión de los resultados con estudios de referencia, se comparan los objetivos e influencia de variables.

En el capítulo VII se realiza las conclusiones del estudio y algunas recomendaciones importantes para la aplicación de las herramientas de lean Manufacturing.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Determinación del problema

En el mundo empresarial actual la gestión de la productividad es importante para empresas con planes estratégicos de crecimiento, y competitivas, las aplicaciones o herramientas modernas de gestión contribuyen a la mejora de las empresas, (Muñoz, 2021).

Gestionar la productividad es importante para realizar un buen consumo de los recursos o materias primas de las empresas, así mismo este indicador compara a las empresas competitivas a nivel nacional e internacional, (Fuentes, 2018).

Las bases del Lean Manufacturing están definidas por la eliminación de desperdicios, el respeto al colaborador, la mejora de la calidad y la productividad, no todas las herramientas de lean son aplicables aun siendo del mismo sector o rubro, así mismo este tipo de herramientas se ven más aplicables en industrias de manufactura haciendo que estas empresas sean más productivas y competitivas, (Apaza, 2021).

Actualmente las empresas en el Perú, luego de la pandemia del COVID19 donde pasaron por etapas de resiliencia a nuevas medidas de operación, restricciones, tuvieron que adaptarse para mejorar ser competitivas, en este camino se observó que tienen una brecha muy amplia en temas de productividad con respecto a países desarrollados, y esta brecha se puede observar en la infraestructura misma del país, que es muy deficiente ya sea en empresas públicas como privadas, otro factor conocimiento humano, que tiene que ver mucho con la educación y capacitación de los recursos humanos, deficientes en el país, (Gutiérrez J, Amado J, Palomino M, Arias J, 2022).

En estos últimos años el coronavirus contrajo que las entidades estatales así como las empresas privadas pongan en carpeta de implementación los métodos de trabajo que minimice los contagios de personas, ante esto la mejora de

procesos ha sido un reto para las empresas que continuaron operando luego de esta pandemia, (Sánchez N, De la Cruz Y, Infante L, 2021).

En la empresa de embotellado de bebidas carbonatadas ubicado en Lima, donde se cuenta con 3 líneas de fabricación, siendo la línea 01 caso de estudio, debido a que es la que mejor se proyectó en crecimiento con respecto al 2021 (9 %), ver anexo 7.

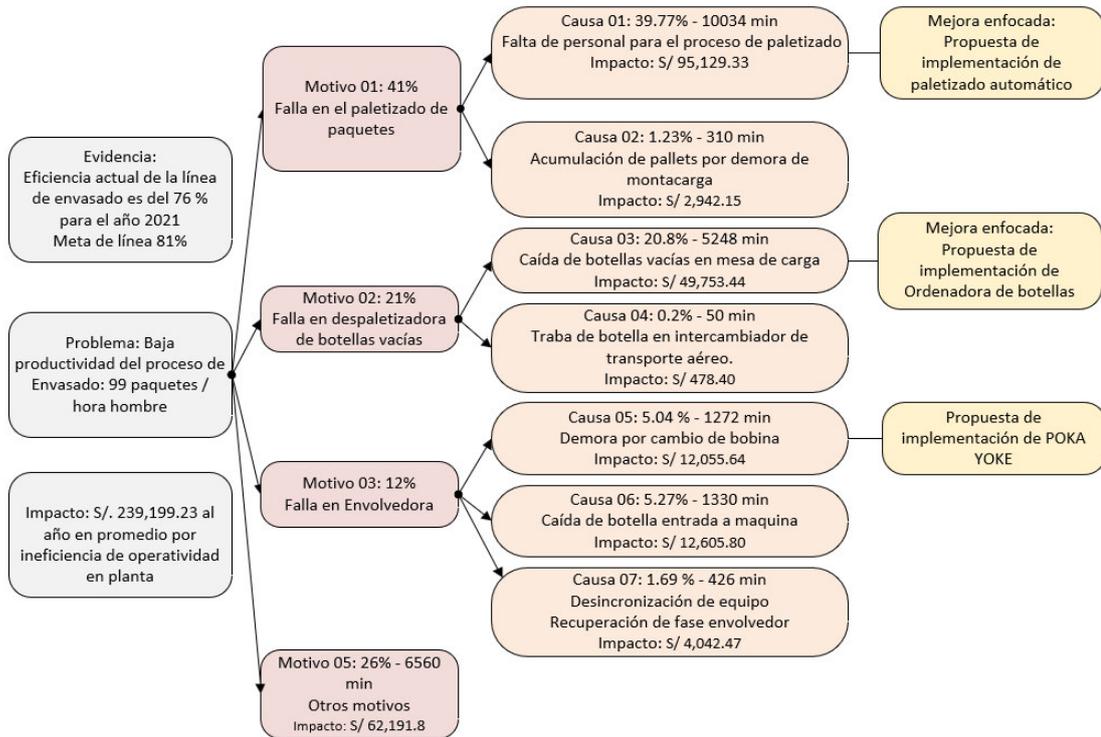
Se observó que en el año 2021 la línea 01 no cumplió con la meta de eficiencia (76%, meta 81%) y productividad (99 paquetes por hora hombre, meta 105 paquetes por hora hombre, ver tabla 1), esto debido a problemas mecánicos, operacionales, externos y paradas programadas, donde las paradas operacionales son el 30% del total de tiempos de paro, ver anexo 8.

Para los problemas operacionales en la línea 01, se observa (figura 01) que los procesos que afectaron en mayor impacto la eficiencia y productividad son: paletizado manual (41% del total del tiempo de paro), el proceso de despaletizado de botellas vacías (21% respectivamente), el de empacado de botellas con producto (12% respectivamente) y otras paradas operacionales que conforman el 26%.

Esta baja productividad y eficiencia ha ocasionado pérdidas de S/. 239,199.23, revisar figura 01, al año en promedio por ineficiencia de operatividad en planta.

En este estudio se propone la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en los procesos críticos de la línea de envasado, para cumplir con la meta de eficiencia del 81% de línea y aumentar de la productividad a 105 paquetes por hora hombre.

Figura 1: Árbol de problemas



Nota: Elaboración propia

Tabla 1: Cumplimiento y productividad de las líneas de producción 2021

DATOS 2021	PAQUETES REAL MES	PAQUETES PLAN MES	% CUMPLIMIENTO	HR - HO (MES)	PRODUCTIVIDAD (MES)
LINEA 01	1106560	1179360	94%	11232	99
LINEA 02	960960	985920	97%	8528	113
LINEA 03	902117	936374	96%	4160	217

Nota: Elaboración propia

1.1.1 Formulación del problema

¿La propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing mejora la productividad en el proceso de envasado de bebidas carbonatadas?

1.1.2 Problemas secundarios:

¿El diagnóstico de la situación inicial determina los problemas críticos que afectan la productividad de la línea de envasado de bebidas carbonatadas?

¿Al incrementar la eficiencia de la línea de envasado de bebidas carbonatadas mejorara la productividad?

¿El análisis de beneficio costo sustenta la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

Proponer herramientas de lean Manufacturing para mejorar la productividad en el proceso de envasado de bebidas carbonatadas.

1.2.2 Objetivos secundarios

Realizar un diagnóstico de la situación inicial para conocer los problemas críticos que afectan la productividad de la línea de envasado.

Aumentar la eficiencia de la línea para mejorar la productividad del proceso envasado de bebidas carbonatadas.

Realizar un análisis de beneficio costo que sustente la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una línea de envasado de bebidas carbonatadas.

1.3 Importancia y alcance de la investigación

1.3.1 Importancia de la investigación

Esta investigación se realiza debido a la coyuntura actual de las empresas, donde la competitividad luego del periodo de COVID 19 ha incrementado, haciendo que las empresas se preocupen más en mejorar la gestión de la productividad. Para la empresa de estudio es importante la propuesta de herramientas de lean Manufacturing para el proceso de envasado de la línea 01 que ayudará a resolver los problemas de baja productividad y metas de la empresa.

1.3.2 Alcance de la investigación

Presenta como alcance ser adaptado en otros sectores para industrias manufactureras, tanto para procesos de formen parte de la línea de envasado de diversos productos que sean empacados.

1.4 Limitaciones de la investigación

Se considera mejorar la productividad y eficiencia de línea de embotellado de bebidas carbonatadas, centrándonos en la aplicación de herramientas de lean Manufacturing en la línea de envasado de bebidas carbonatadas.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

Para la investigación en estudio, se estudiaron las variables como conceptos para conocer de forma teórica y práctica como las herramientas de Lean Manufacturing impactaran en mejora de la productividad de la empresa y en empresas del mismo sector.

2.2. Antecedentes del estudio

2.2.1. Antecedentes nacionales

Pajuelo (2020) realizó un estudio titulado: “Propuesta de implementación de herramientas de manufactura esbelta para mejorar el proceso crítico de una empresa manufacturera de neumáticos” ubicada en la ciudad de Lima del país de Perú. Su objetivo general fue mejorar el proceso de ensamblado de neumáticos mediante la correcta aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta, incrementando la productividad de la línea de producción. La muestra estuvo constituida por 15 mediciones de toma de tiempos del proceso de ensamblado. El diseño que se utilizó fue descriptivo, los instrumentos que se usaron fueron la toma de tiempos, encuestas y el resultado que se obtuvo fue aumento de producción en 49 llantas radiales por día, eso permitió producir, en promedio, 18940 llantas, lo cual estuvo por encima de lo requerido en el plan de producción. Asimismo, se verificó que el tiempo de ciclo del que era el proceso cuello de botella, bajo de 1.27 a 1.19 min/llanta, y este fue inferior al Takt time de 1.20 min/llanta, cumpliendo con el plan de producción.

Gargurevich (2019) realizó un estudio titulado: “Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la empresa Molicentro Chepén SAC” esta empresa ubicada en la ciudad de Chepén del país de Perú. El objetivo general del estudio fue utilizar herramientas de Lean Manufacturing ajustada para acrecentar la producción de la empresa Molicentro Chepén S.A.C. en el año 2019. La muestra para el estudio estuvo constituida por datos de producción de cada proceso de la etapa de molienda del arroz. El diseño que se

utilizó fue experimental y los instrumentos que se usaron fueron 5 S, SMED y toma de tiempos.

Los resultados obtenidos fueron que incrementó en un 21% la productividad de consumo de las materias prima de la empresa.

Vicuña y Zamora (2019) realizaron un estudio titulado: “Reducción de tiempos de preparación del área de prensa para la mejora de producción en empresa de calzado” ubicado en la ciudad de Lima del país de Perú. Su objetivo general del estudio fue determinar en cuánto se podría aumentar la producción del área de prensa si se reducen los tiempos de preparación. El diseño que se utilizó fue experimental y los instrumentos que se usaron fueron: SMED, 5 S. Los resultados obtenidos fueron la reducción de tiempos de preparación hasta en un 62%, aumento en la capacidad del 33% y un rendimiento de 23 %.

Diaz (2018) realizó un estudio titulado: “Aplicación de metodología SMED para reducir tiempos de cambio en formato de la línea de embotellado grupo bebidas refrigerantes S.A.” Está ubicado en la ciudad de Lima del país de Perú. Su objetivo general fue reducir los tiempos en cambio de formato en la llenadora modelo H&K VF 72/14, de la línea de embotellado L-822. La muestra estuvo constituida por datos de producción de la envasadora y el diseño del estudio fue experimental. Los instrumentos que se uso fue la metodología SMED, así mismo los resultados obtenidos fueron: Incremento de la productividad de la llenadora en un promedio de 97.47%, comparando con la productividad antes de la implementación del SMED.

Llontop, Viacava y Málaga (2018) realizaron un estudio titulado: “Propuesta de mejora del proceso de producción en una planta embotelladora de productos de consumo masivo mediante técnicas Lean”, empresa ubicada en la ciudad de Lima del país de Perú. Su objetivo general fue lograr una mejora en la eficiencia. La muestra estuvo constituida por 18 observaciones de las actividades del proceso de cambios de válvulas en la llenadora de la Línea 2, los instrumentos que se usaron fue el SMED. El resultado que se obtuvo fue una mejora en la

eficiencia a 75.29% y se redujo el costo unitario en 6.3%. El gasto de implementación fue alrededor de S/.40,000 y se recuperó el mismo en tres meses.

2.2.2. Antecedentes internacionales

Gonzales (2020) realizó un estudio titulado: “Aplicación del Lean Manufacturing por medio de la herramienta SMED en una prensa”, estudio realizado en Barcelona País de España. Su objetivo general fue reducir los tiempos de preparación en un 20% para la actividad más habitual y la más compleja del proceso de prensa. Su muestra se tuvo datos de tiempos de preparación de 8 días para la máquina prensadora semiautomática, el tipo de estudio fue experimental y la herramienta utilizada fue el SMED, Los resultados fueron que teóricamente se han conseguido reducir los tiempos de preparación de la prensa en las 2 preparaciones marcadas concretamente en un 27,85% y 22,37% en los casos de preparación más compleja y más habitual respectivamente, por lo que se ha cumplido este objetivo, que era el más importante de todo el proyecto.

Lluglla (2021) realizaron un estudio titulado “Manufactura esbelta para la optimización de la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración”. Estudio realizado en Ecuador, su objetivo fue incrementar la productividad de la línea, el diseño que usó fue experimental y el instrumento usado fue la toma de tiempos y estandarización de procesos, teniendo como resultados una reducción del tiempo de cuello de botella en un 18.2% y mejorando el Throughput de 66 puertas ensambladas en 470 minutos de tiempo de operación efectiva a 76 puertas, lo que representa una optimización del 15.2%

Valles (2022) “Mejora de la productividad en el área de inyección de piezas de plástico de la empresa Multiaccesorios M.G. mediante herramientas de manufactura esbelta” del país de Ecuador, teniendo como objetivo un aumento en la productividad del proceso, el diseño utilizado fue experimental, la muestra de partida fueron la demanda y ventas de los primeros 6 meses del año 2020, el instrumento utilizado fueron las 5 S, SMED, estandarización de procesos,

teniendo como resultados un incremento de 5,84% en la productividad de la planta.

Quinto (2022) realizaron un estudio titulado “Propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la eficiencia y productividad en el área de mantenimiento de vehículos de la Empresa Coransa S.A.” del país del Ecuador, teniendo como objetivo definir un plan de mejoras en el área de mantenimiento, teniendo como muestra un análisis de 5S de los procesos, los instrumentos del estudio fueron las 5S y, análisis de 5 por qué, teniendo como resultado de la implementación 5 S un coeficiente de beneficio/costo de 3,58.

Chapuel (2021) realizado un estudio titulado “Propuesta de mejoramiento de la productividad en el proceso Mixer mediante la utilización de la filosofía Lean Manufacturing, y sus herramientas TPM y 5's” del país de Colombia, teniendo como objetivo principal mejorar la productividad del mixer, los instrumentos utilizados en el estudio fueron la 5 S y metodología TPM (mantenimiento total de la producción), como conclusión se identificó que la propuesta de mejoramiento TPM en el proceso mixer de la fabricación de placa de yeso cartón, traerá ahorros significativos y mejoras visibles, así mismo aplicar el estudio de la metodología 5S en el área mixer, permitió comprender el despliegue e inversión que debe desarrollar la empresa para la ejecución de la metodología.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Lean Manufacturing

Socconini (2008) refiere que:

Se define como un proceso continuo y sistemático donde se identifica y procura la eliminación de actividades que no agregan valor (pág. 11)

Infantes (2018) cita a Padilla (2010) quien refiere que la herramienta de manufactura esbelta, “Es una mezcla de las funciones que emplearon para abrir la empresa de automóviles Toyota que mejoran en gran medida y llegan a optimizar el proceso operativo de la industria o empresa a que se aplique. Al final lo importante es mejorar el producto disminuyendo los desechos” (pág.27)

Infantes (2018) cita a Cruelles (2013), quien sostiene que la filosofía de Lean Manufacturing es una de las formas más eficientes de poder llegar a la competitividad y de esa manera asegurar un buen futuro a una empresa, elevando sus niveles de productividad y ventas (pág.28).

2.3.2. Desperdicios o mudas

Socconini (2008) nos indica que:

Desperdicio o muda es cualquier esfuerzo en la empresa que no agrega valor al producto o servicio de entrega al cliente, así mismo estos esfuerzos que no agregan valor aumentan en los costos y disminuyen de servicio, afectando los resultados obtenidos en el negocio (pág.29).

Clasificación de 7 desperdicios:

Sobreproducción:

Producir más de lo que se necesita

Características:

Inventario acumulado.

Más mano de obra de lo que se necesita.

Administración compleja de inventarios.

Sensación de ambientes inseguros.

Lotes de fabricación de un tamaño excesivo.

Causas:

Falta de comunicación entre departamentos y/o con el cliente.

Cambios y reajuste muy lentos.

Insuficiente mantenimiento preventivo.

Falta de consistencia en la programación de la producción.

Enfoque en las expectativas optimistas del pronóstico de ventas.

Características:

Espacios grandes en el andén de recepción de materias primas.

Permanencias constantes de las materias de primera entrada.

Grandes cantidades de producto en espera de ser procesadas

Baja rotación de inventarios

Necesidad de recursos adicionales para el manejo de los materiales.

Causas:

Escaso conocimiento de la velocidad que se presenta la demanda real.

Cuellos de botella sin control.

Capacidad insuficiente de los proveedores.

Programación excesiva de tiempo extra.

Productos defectuosos

Referencia a la pérdida de recursos que se utilizó para productos o servicios defectuosos, está incluido los retrabajos pues en esta actividad se utilizan recursos, incurriendo así en gastos innecesarios.

Características:

Inventario acumulado de retrabajos.

Causas:

Procesos ineficientes

Falta de control de los errores de los operarios

Capacitación inadecuada

Distribución inadecuada de la planta o manejo excesivo de los materiales

Falta de cultura de calidad

Falta de liderazgo en el tema de calidad

Transporte de materiales y herramientas

Son todos los traslados de materiales que no ayudan al sistema de producción, mover los productos de un lado a otro de la planta no genera un cambio significativo para el cliente, sin embargo, implica un costo incluso pone en riesgo la integridad del producto.

Características:

Demasiados sitios de almacenamiento

Mala administración de los inventarios

Distancias largas entre procesos y almacenes.

Exceso de bandas transportadoras, rampas o tuberías.

Causas:

Fabricación de lotes de producción muy grandes.

Programas de producción inconsistentes.

Distribución inadecuada de las instalaciones

Inventario excesivo de productos en proceso.

Procesos innecesarios

Procesos innecesarios que no agregan valor para el cliente, el manejo de este desperdicio va desde su eliminación, combinación con otro proceso que agregue valor, reducción.

Características:

Presencia de cuellos de botella en el proceso

Falta de especificaciones por parte del cliente.

Exceso de inspecciones o verificaciones.

Falta de equipos con dispositivos a prueba de errores.

Causas:

Mala comprensión de los procesos.

Tecnología nueva mal utilizada.

Políticas y procedimientos inadecuados.

Espera del operador

Refiere al tiempo que se pierde cuando un operador espera a que su máquina termine su trabajo, cuando las máquinas se detienen en espera de que el operador haga algún ajuste, incluso operador y máquina en espera de materiales, herramientas o instrucciones.

Características:

Tiempos de cambio de un producto o preparación de una máquina.

Espera de un operario a otro para poder empezar o terminar su trabajo.

Espera instrucciones, cambio de programa o materiales.

Paros inesperados de los equipos.

Causas:

Mala programación de producción.

Falta de programación de los cambios de producto.

Falta de programas de capacitación de multihabilidades, operadores.

No se cuenta con la maquinaria adecuada.

Movimientos innecesarios del trabajador

Referencia a traslado de personas de un punto a otro en su lugar de trabajo o en toda la empresa, traslados que no agregan valor al producto, ejemplos como búsqueda de herramientas, materiales, información.

Características:

Se emplea tiempo para localizar materiales, personas e instrucciones.

Movimientos innecesarios al agacharse o caminar.

Esfuerzos para alcanzar herramientas, materiales en su área de trabajo.

2.3.3. Herramientas de Lean Manufacturing

2.3.3.1. 5S

Madariaga (2017) refiere que es una metodología enfocada en mejorar las condiciones de trabajo, propiciando:

Mejorar la seguridad y calidad.

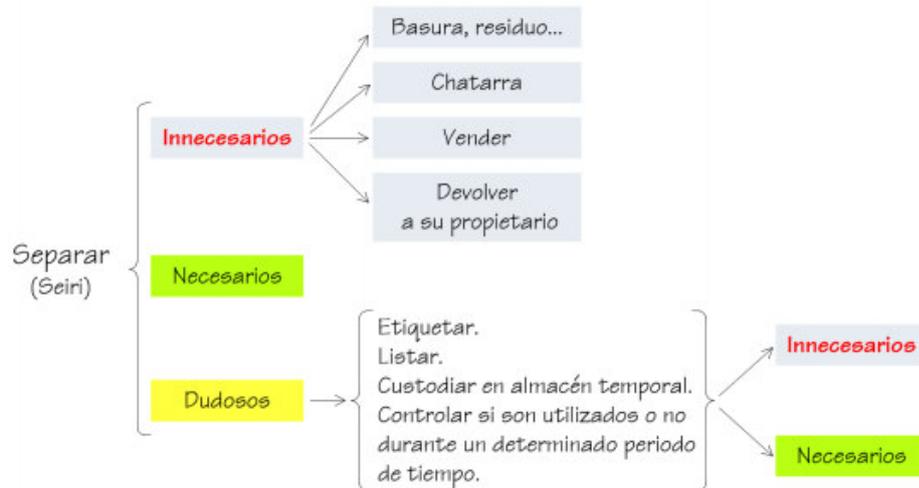
Reducción de averías.

Reducción de tiempos de cambio (muda) y su variación (mura) eliminando las búsquedas y minimizando los desplazamientos innecesarios.

Reducir el tiempo de ciclo del operario y su variación (mura) al disponer de forma adecuada las herramientas y útiles necesarios para realizar el ciclo de trabajo (pág.35-40).

Seiri (separar): separar los elementos de trabajo en dos categorías, necesarios e innecesarios, son innecesarios aquellos que no se usan a corto o mediano plazo, una vez realizada la separación, retiramos del puesto de trabajo los elementos innecesarios.

Figura 2: Ejemplo de etapa separar de las 5'S



Nota: Tomado de Lean Manufacturing (Pág. 37), por Madariaga, 2017, Bubok

Seiton (ordenar): al eliminar los elementos innecesarios, ubicamos los artículos necesarios que sean de fácil acceso a los trabajadores.

Definiremos una ubicación para cada elemento necesario.

Identificamos mediante símbolos las ubicaciones de los objetos necesarios, siluetas pintadas, colores, nombres, rótulos.

El orden contribuye directamente a la eliminación de las búsquedas y la reducción de los desplazamientos del operario.

Seiso (limpiar): eliminar la suciedad y evitar ensuciar el lugar de trabajo.

Eliminando los focos de suciedad: fugas de aceite, agua.

Evitar dispersión de la suciedad, bandejas de recogida.

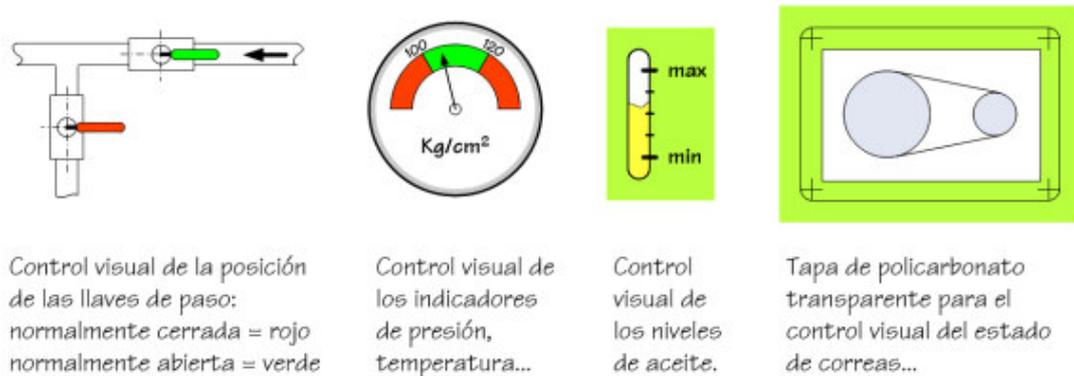
Facilitar el acceso a lugares de difícil limpieza.

Definir e implantar un procedimiento de limpieza.

Seiketsu (control visual): lograr que los procedimientos establecidos en la separación, organización y limpieza del área de trabajo se ejecuten constantemente, definiendo estándares claros y simples para el control visual del puesto de trabajo.

Remarcar colores de ser necesarios, indicadores visuales de parámetros de temperatura, volumen, temperatura, presión u otra característica que sea necesario en el proceso.

Figura 3: Ejemplo de etapa estandarizar de las 5'S



Nota: Tomado de Lean Manufacturing (Pág. 39), por Madariaga, 2017, Bubok

Shitsuke (disciplina): convertir las actividades de 5S en hábitos.

La disciplina consiste en mantener los estándares establecidos en los cuatro pasos anteriores. Realizar auditorías o inspecciones periódicas para mantener la cultura 5 S en la planta o área de trabajo.

2.3.3.2. TPM (Mantenimiento productivo total)

Kunio Shirose (1994) refiere que:

TPM se define por 5 estrategias:

Maximizar la eficacia del tiempo de vida de los equipos.

Fundar un sistema de mantenimiento que cubra la vida del equipo.

Involucrar a departamentos en planificar, uso y mantenimiento de equipos.

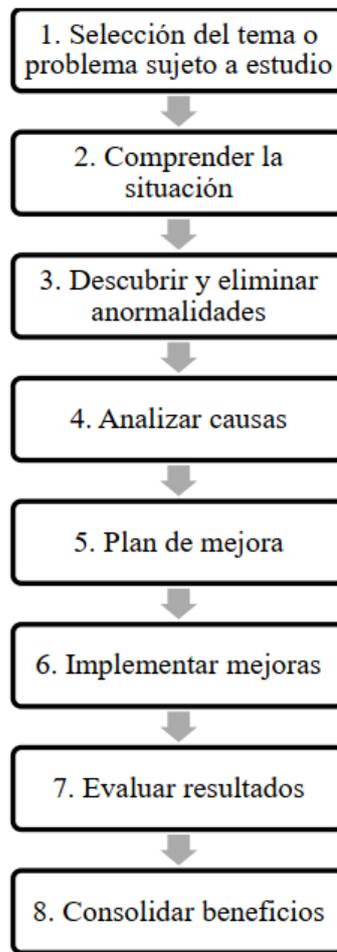
Involucrar desde la alta dirección a los operarios directos.

Promover el mantenimiento motivando a todo el personal, sembrando actividades en grupos autónomos. (pág.16-18).

Pilares del TPM

- Mejora enfocada: incluye actividades que maximizan la eficacia de procesos, equipo a través de la eliminación de las 6 grandes pérdidas.
- Mantenimiento autónomo: Determinar un sistema donde los operarios luego de capacitaciones son capaces de identificar y reparar los problemas de sus equipos.
- Mantenimiento planificado: Determinar un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo llevado a cabo por el área de mantenimiento.
- Entrenamiento: Adiestramiento constante de los operarios y técnicos de mantenimiento para el aumento de su nivel técnico.
- Determinar un sistema de gestión temprana de equipos y productos: esto ayuda que un nuevo equipo instalado comience a desarrollarse prósperamente en menos tiempo de lo establecido, teniendo en cuenta la importancia del diseño de instalación ya que este incurre durante todo su ciclo de vida de los equipos.

Figura 4: *Pasos de metodología TPM – Mejora enfocada*



Nota: Tomado de TPM en industrias de proceso (Pág. 53), por Tokutaro, 1996, Productivity Press

2.3.3.3. POKA YOKE

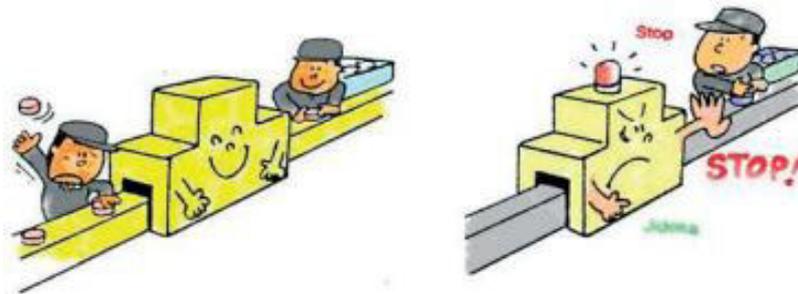
Peter van Rooij (2017) indica que Poka Yoke es un sistema donde al implementarlo ayuda a evitar los errores o equivocaciones, ya sean humanos o de máquina, así mismo colabora a que los productos defectuosos no pasen por el proceso de producción. (pág.80).

Tipos de Poka Yoke:

Advertencia: Avisa al operador antes de que ocurra la falla.

Prevención: Busca que la falla o error no se presenten, usando mecanismos que hagan imposible el error.

Figura 5: Referencia grafica de un Poka Yoke



Nota: Lean Manufacturing Techniques (Pág. 80), Peter van Rooij, 2017, International Labour Organization

Procedimiento:

Antes de realizar el evento:

- Utilización del AMEF (análisis de modos de falla)
- Identificar el RPN (risk priority number) más importante.
- Establecer el alcance del proyecto.
- Establecer fecha y equipo de trabajo.

Durante el evento:

- Identificar las etapas del proceso
- Determinar el tipo de Poka Yoke que se va a utilizar.

Después del evento:

- Seguimiento a la efectividad de la implementación, análisis del AMEF.

2.3.4 DIAGRAMA DE PARETO

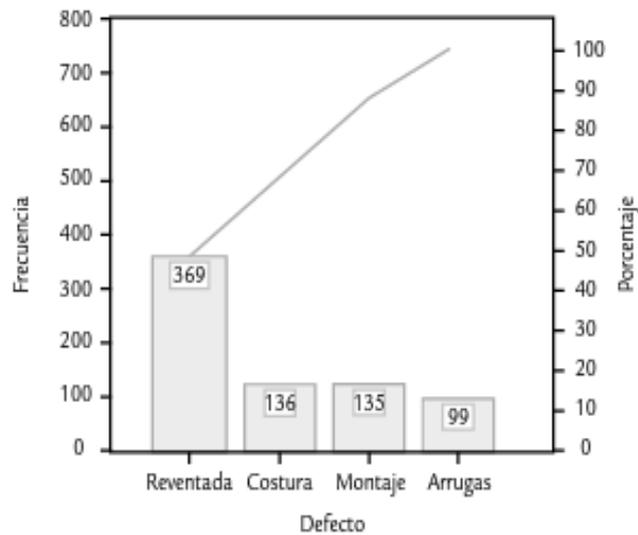
Gutiérrez (2009) refiere que:

Es un gráfico de barras que nos ayuda a identificar las causas principales que afectan en mayor medida, su principio está en que el 20% de los eventos generan el 80% de las consecuencias o efecto de un proceso. (pág. 140)

Pasos de aplicación:

1. Delimitar el problema o área de mejora que se piensa analizar,
2. Definir el tipo de datos a analizar según los factores del problema, se construye una hoja de recolección de datos necesarios.
3. Determinar si los datos se recolectaran en base a un histórico o datos futuros, periodicidad y responsable de su recolección.
4. Construir la tabla de recolección de datos donde se cuantifica la frecuencia, el porcentaje y otra información necesaria.
5. Se decide el criterio de jerarquía de las categorías, si se decide por la frecuencia o si es costo multiplicarlo por su factor, luego procedemos a la realización del diagrama.
6. Realizar la documentación del diagrama, tener en cuenta el título, periodo, área de trabajo, entre nosotros.
7. Interpretación del diagrama de Pareto, definir si existe alguna categoría o factores que predomina en el problema.

Figura 6: Ejemplo de diagrama de Pareto para problemas en la fabricación de botas



Nota: Control estadístico de calidad y seis sigma (Pág. 141), Gutiérrez, 2009, The McGraw-Hill

2.3.5 ISHIKAWA – DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

Herrera (2009) refiere que:

Es conocido como el diagrama de pescado, es un gráfico que relaciona las potenciales causas de un problema, este diagrama usa el método de las 6M para agrupar estos potenciales, los aspectos que se usan en el método de las 6M son los siguientes:

Mano de obra; factor de entrenamiento, conocimiento, capacidad y motivación del personal que realiza la operación del proceso en evaluación.

Métodos; se revisan si los procedimientos de las operaciones están estandarizados, se cuestiona si están debidamente definidas y establecidas.

Máquinas; se revisan las condiciones de los equipos, capacidades reales de calidad y productividad de los equipos, las herramientas de operación están en buenas condiciones y cumplen su función, los programas de mantenimiento se cumplen y son los adecuados.

Material; se revisan los materiales con los que trabaja la operación, se cuestionan los estándares de calidad, calidad entre materiales y proveedores.

Mediciones; revisar si las mediciones de controles y disponibilidad de estas son cumplidas, el tamaño y muestra escogida es óptima según lo que se busca como objetivo.

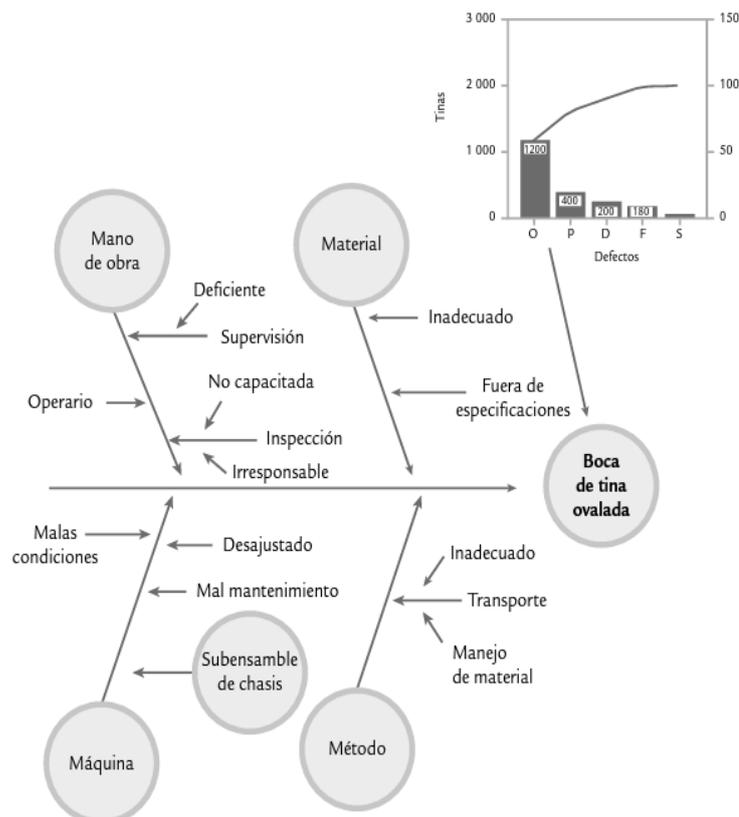
Medio ambiente; se toman en cuenta factores que dependen del entorno que afecta al proceso.

Pasos de aplicación:

Determinar el problema en evaluación y colocarla en un cuadro, así mismo colocar una línea horizontal a su izquierda.

Escribir las causas primarias y secundarias que afectan según la clasificación de las 6M. (pág. 36).

Figura 7: Ejemplo en referencia al diagrama de causa y efecto



Nota: Control estadístico de calidad y seis sigma (Pág. 153), Gutiérrez, 2009, The McGraw-Hill

2.3.6 MÉTODO DMAIC

Escobedo (2021) refiere que:

La metodología consiste en la aplicación de un proyecto en un proceso estructurado, estos se componen de 5 pasos:

Definir; En este punto se selecciona el tema de trabajo considerando los objetivos de la empresa, se determinan los integrantes del proyecto.

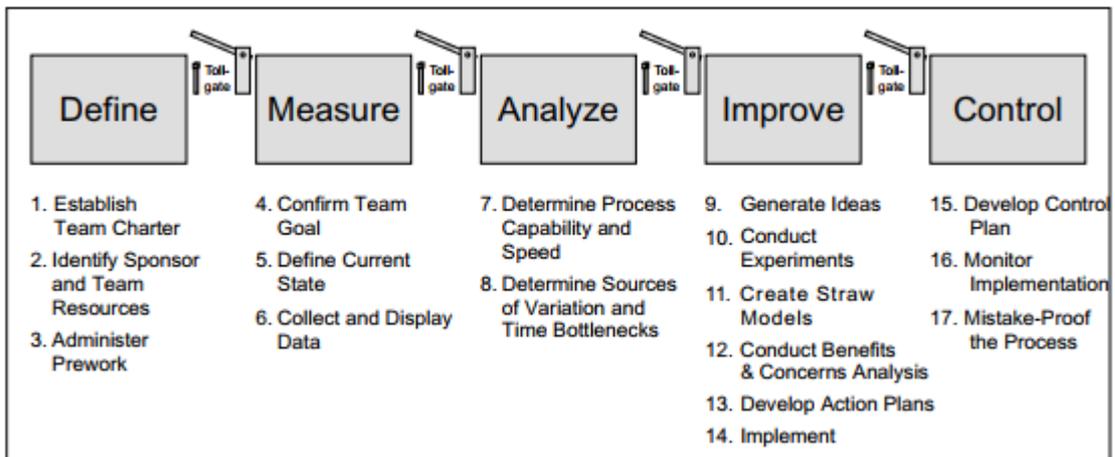
Medir; en esta fase se detalla el proceso en estudio, las variables independientes y dependientes.

Analizar; el equipo de proyecto utiliza los datos históricos para su análisis y determinar causas o factores de mayor incidencia.

Implementar; en esta fase el equipo determina mejoras a implementar, se determinan responsables y fechas de implementación.

Controlar; se terminan estándares de procesos o control que nos harán llegar al objetivo del proyecto. (Pág. 15-16)

Figura 8: *Ejemplo del método DMAIC*



Nota: Lean Six Sigma para servicios (Pág. 243), Michael, 2003, The McGraw-Hill

2.3.7 DIAGRAMA DE GANTT

Socconini (2019) refiere que:

El diagrama de Gantt es un gráfico donde se hace seguimiento al control de proyecto DMAIC, en esta intervienen los integrantes del proyecto, se categoriza según la metodología DMAIC. (pág. 36).

Figura 9: Ejemplo del diagrama de GANTT

	Duración	Inicio	Fin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Definir	13	06/01/2021	19/01/2021																	
Definir el proyecto y desarrollo de la carta de proyecto	7	06/01/2021	13/01/2021																	
Definir el proceso y los criterios de evaluación del problema	3	13/01/2021	16/01/2021																	
Formación del equipo	2	16/01/2021	18/01/2021																	
Aprobación del proyecto	1	18/01/2021	19/01/2021																	
Medir	16	18/01/2021	03/02/2021																	
Mapear el proceso	2	18/01/2021	20/01/2021																	
Analizar los sistemas de medición	2	20/01/2021	22/01/2021																	
Medir el desempeño del proceso	2	22/01/2021	24/01/2021																	
Definir la línea base	10	24/01/2021	03/02/2021																	
Revisar y actualizar estatus del proyecto	0	03/02/2021	03/02/2021																	
Analizar	28	03/02/2021	03/03/2021																	
Analizar los factores que limitan la productividad	8	03/02/2021	11/02/2021																	
Determinar las variables clave del proceso	10	11/02/2021	21/02/2021																	
Determinar los modos y efectos de fallos	10	21/02/2021	03/03/2021																	
Revisar y actualizar el estatus del proyecto	0	03/03/2021	03/03/2021																	
Mejorar	25	03/03/2021	28/03/2021																	
Determinar las mejoras a implementar	10	03/03/2021	13/03/2021																	
Estimar los beneficios para el proceso mejorado	5	13/03/2021	18/03/2021																	
Determinar y ajustar los modos de fallos	5	18/03/2021	23/03/2021																	
Implementar y verificar los cambios al proceso	5	23/03/2021	28/03/2021																	
Revisar y actualizar el estatus del proyecto	0	28/03/2021	28/03/2021																	
Controlar	17	28/03/2021	14/04/2021																	
Implementar acciones de control	9	28/03/2021	06/04/2021																	
Implementar plan control con el dueño del proceso	2	06/04/2021	08/04/2021																	
Implementar plan de análisis mensual de logros	5	08/04/2021	13/04/2021																	
Documentar las lecciones aprendidas	1	13/04/2021	14/04/2021																	
Finalización formal del proyecto	0	14/04/2021	14/04/2021																	

Nota: Lean Six Sigma Green Belt (Pág. 33), Escobedo, 2021, Marge Books

2.3.8 MÉTODO 5W2H

López (2014) refiere que:

La técnica nos ayuda a dar posibles soluciones a los problemas determinados en un análisis previo.

Este método define los problemas en 5W 2 H:

Qué – (What); se describen los problemas considerandos previamente en un análisis de problemas y que es lo que se realizará.

Cuando – (When); se describe cuándo se realizará.

Dónde – (Where); se describe donde sucede el problema u origen.

Quién – (Who); quien intervendrá el problema o causa raíz.

Cómo – (How); cómo se realizará la solución o implementación.

Cuánto – (How Much); cuánto será el costo de implementación.

Por Qué (Why); se describe por qué sucede el problema o causa raíz.

(pág. 25-26)

2.3.9 PRODUCTIVIDAD

Cruelles (2013) menciona que la productividad es un cociente que mide el aprovechamiento que hacemos de los recursos, es por ello por lo que cuanto mayor sea la productividad menor serán nuestros costos de fabricación, y ello da como resultado el aumento de competitividad en el mercado.

En términos matemáticos es la relación que existe entre la producción real y los recursos utilizados,

$$Productividad = \frac{Producción}{Recursos}$$

2.3.10 EFICIENCIA

Cruelles (2013) menciona que la eficiencia es la relación que existe entre los recursos reales utilizados entre los recursos teóricos, busca minimizar el costo de los recursos.

2.4. Definición de términos

Valor añadido (VA): movimientos del operario que modifican la forma o las propiedades del producto para conseguir los requisitos que el cliente valora.

Diagrama de Pareto: referencia gráfica de barras que representa las causas potenciales de un problema.

DMAIC: método para implantar proyectos basado en fases de medición, medición, análisis, implementación y control final.

Cuello de botella: es un factor que impide que el proceso se desarrolle a su máxima capacidad, se conoce como la actividad más lenta de la cadena.

Mejora enfocada: pilar de TPM que busca minimizar o eliminar pérdidas dentro de un proceso.

Mejora continua: proceso que involucra todas las partes de la compañía, desde gerencia hasta operarios y se busca mejorar los procesos continuamente.

Poka Yoke: dispositivo que impide que se cometan errores en un proceso por parte de los operarios.

Grado Brix: es un indicador o medida que muestra el contenido o porcentaje de azúcar en una bebida.

CO₂: dióxido de carbono utilizado en bebidas ocasiona la sensación de efervescencia o gas.

TIR: Tasa de retorno o de rentabilidad.

Costo de oportunidad: Es la tasa que se usa para descontar los flujos proyectados, cada alternativa de inversión cuanta con su costo de oportunidad.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

La propuesta de implementación de herramientas de lean Manufacturing mejorara la productividad en el proceso de envasado de bebidas carbonatadas.

3.1.2. Hipótesis secundarias

Realizar un diagnóstico de la situación inicial nos ayudara en conocer los problemas críticos que afectan la productividad de la línea de envasado.

Aumentando la eficiencia de la línea de envasado mejorara la productividad.

Realizar un análisis de costo beneficio sustentara la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing.

3.2. Variables

Variable Independiente: Herramientas Lean Manufacturing.

Variable dependiente: Productividad de la línea de envasado

3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 2: Dimensiones de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Productividad	Cruelles (2013) menciona que la productividad es un cociente que mide el aprovechamiento que hacemos de los recursos, es por ello por lo que cuanto mayor sea la productividad menor serán nuestros costos de fabricación, y ello da como resultado el aumento de competitividad en el mercado.	Productividad Hora Hombre	$\frac{\text{Paquetes producidos}}{\text{Horas hombre}}$
Eficiencia	Cruelles (2013) menciona que la eficiencia es la relación que existe entre los recursos reales utilizados entre los recursos teóricos, busca minimizar el costo de los recursos.	% Producción real - teórico	$\frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo disponible}}$

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El área de conocimiento de la OCDE adoptadas por CONCYTEC es Otras Ingenierías y Tecnologías en las cuales en ellas se encuentra la carrera de Ingeniería Industrial.

4.2. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada y el diseño experimental, cuantitativo y longitudinal ya que se medirán variables antes y después de la propuesta de implementación de herramientas de lean Manufacturing.

4.3. Población y muestra

Nuestra población será los procesos de la línea 01 de envasado de bebidas carbonatadas,

La muestra viene a ser nuestras áreas críticas según nuestro árbol de problemas, las cuales son el área de paletizado manual, despaletizadora de botellas vacías y empaclado de botellas.

4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que usaremos en el estudio será experimental y los instrumentos serán los documentos de tiempos de paro, registros de cierres de órdenes de fabricación, la cual se procesa por gráficos, tablas y diagramas para su mejor entendimiento.

Partiremos por procesar los registros históricos, y abordaremos los problemas principales dentro de la línea de envasado que afectan en mayor medida a la productividad, luego mediremos un antes y después de la aplicación de herramientas de lean Manufacturing y su posterior análisis de la mejora de variables.

4.5. Análisis estadístico

Para este estudio se utilizará el paquete estadístico de minitab 19 versión 2019, así mismo utilizaremos la herramienta de Excel para el cálculo de diversas fórmulas requeridas de la herramienta de Lean Manufacturing.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Descripción de la situación actual

5.1.1. Descripción de la empresa:

La empresa embotelladora de bebidas carbonatadas se encuentra ubicada en la ciudad de Lima, comienza su proceso de fabricación en la compra y almacenamiento de las materias primas principales, luego está el proceso de elaboración de jarabe concentrado, proceso de envasado el cual está compuesto de 3 líneas, por último, tenemos el proceso de almacenamiento y despacho de producto terminado.

En este estudio se tomará en cuenta el proceso de envasado y la línea 1 en la cual en el año 2021 tuvo la eficiencia más baja (76%), véase tabla 3, y hay una oportunidad debido a su incremento en su demanda del (9%) hacia el 2022 en comparación a las otras líneas, ver anexo 07.

Asimismo, se observa que, según la naturaleza de los problemas, las paradas tipo operacional son el 30% del total, según anexo 08.

El proceso de envasado lo podemos revisar en el anexo 02 del diagrama de operaciones, los cuales abarcan desde en ingreso de botellas, envasado, etiquetado, empacado y paletizado.

Tabla 3: Cuadro de eficiencias de líneas

EFICIENCIA 2021	REAL	PLAN
Línea 01	76%	81%
Línea 02	77%	79%
Línea 03	79%	82%

Nota: Elaboración propia

5.1.2. Proceso productivo:

En este caso se hace conocer el proceso de envasado, el cual abarca los siguientes procedimientos a detalle.

Despaletizado de botellas vacías:

Este paso concierne la entrega de botellas de manera manual hacia la mesa de carga, la cual es un sistema de entrega de botellas vacías hacia la llenadora, este compuesto de faja transportadora y un transporte aéreo de abrazadera en el cuello de la botella.

Figura 10: *Proceso de Despaletizado de botellas vacías*



Nota: Elaboración propia

Envasado de bebida:

Este proceso abarca desde el lavado de la botella que ingresa del transporte aéreo hasta el embotellado y capsulado de la bebida carbonatada, tener en cuenta que el proceso incluye inspecciones de los controles de brix y co2 dependiendo de la bebida.

Figura 11: *Proceso de envasado de bebidas*

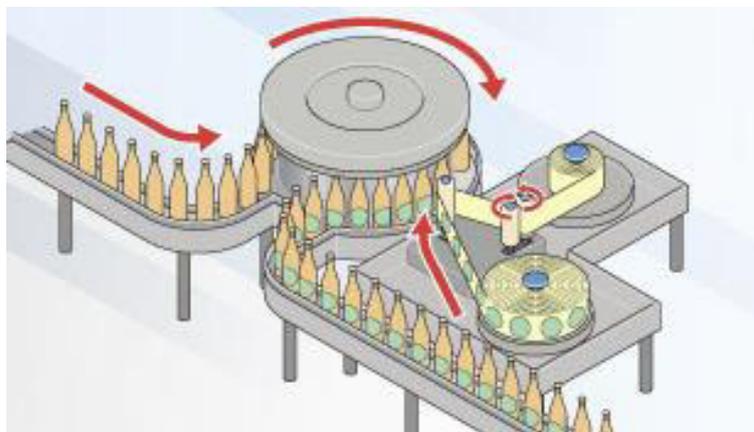


Nota: Acosta, O. (2019)

Etiquetado y codificado:

Coloca etiquetadas previamente sopladas, para quitar la humedad del frío de la botella, para optimizar el proceso, luego de ello se codifica la fecha y lote del producto.

Figura 12: *Proceso de etiquetado y codificado*



Nota: Mitsubishi Electric Automation, Inc.(2023)

Empacado de botellas:

Las botellas etiquetadas y codificadas son transportadas hasta la empacadora de botellas, las cuales dependiendo del formato son envueltas con film termocontraíble y contraído con un horno para compactar el empaquetado.

Figura 13: *Proceso de empackado de botellas*



Nota: García, G. (2022)

Paletizado de paquetes:

Los productos empacados son transportados con fajas hasta la zona de paletizado manual, la cual con 8 personas son armadas las camas en una parihuela, posterior a ello se enfardan con film termocontraíble para compactar el armado de niveles.

Figura 14: *Proceso de Paletizado manual*



Nota: Elaboración propia

Despacho y almacenamiento:

Las parihuelas con producto terminado y enfardados son despachadas al almacén interno de planta, para su almacenamiento y posterior tratamiento.

Tabla 4: *Detalle de tiempos de paro por proceso para el año 2021*

Proceso	Tiempo de paro operacional	% Tiempo de paro operacional	% Equivalente del tiempo total de paro	% Equivalente a solucionar
Paletizado Manual	10345	41%	2.95%	2.86%
Despaletizado	5423	21%	1.55%	1.50%
Empacadora	3077	12%	0.88%	0.74%
Otros	6386	25%	1.82%	
Total	25231	100%	7.20%	5.10%

Nota: Elaboración propia

De estos procesos podemos observar, según la tabla 4, que los procesos críticos según la naturaleza de paradas operacionales son:

- El paletizado manual.
- El despaletizado manual.
- Empacado de botellas.

Ante esto se han propuesto mejoras basados en la metodología de Lean Manufacturing.

Para el problema del paletizado manual se ha propuesto implementar TPM del pilar de mejora enfocada, el cual se tendrá un impacto directo en la eficiencia del 2.86%, ya que se solucionará el 39.77% de 41%, revisar figura 01.

TPM del pilar de mejora enfocada para el proceso de despaletizadora de botellas vacías, mejora de 1.50%, ya que se solucionará el 20.8% de los problemas.

Poka Yoke en el proceso de empacado de botellas, el cual tendrá un impacto positivo del 0.74% directo en la eficiencia.

Estos problemas en conjunto impactan directamente la eficiencia en un 5.1%, ver tabla 4, en este estudio se irán explicando la propuesta de implementación de las mejoras en la presentación de resultados.

5.2. Mejora Enfocada para el proceso de Paletizado manual

Para empezar, clasificaremos por fases la aplicación de mejora enfocada.

5.2.1. Selección del tema de mejora

El tipo de mejora enfocada de estudio será centrada en la búsqueda de beneficios, ya que se quiere buscar la rentabilidad sobre la inversión, y como tema se busca la eliminación máxima de las pérdidas por fallas o paradas en proceso de paletizado, el cual nos afecta un 2.95% en eficiencia anual.

Registramos el tema a trabajar según el análisis de selección de tema, donde los problemas en paletizado manual fue en mayor medida la falta de personal, debido a diversos factores, revisar formato en anexo 03.

5.2.1.1. Formar un equipo de Proyecto

Se forma un equipo multidisciplinario de trabajo que está conformado por responsables de área:

- Coordinador de Proyectos
- Jefe de Planta
- Coordinador de producción
- Coordinador de mantenimiento
- Coordinador de calidad
- Coordinador de Seguridad en el trabajo
- Operador y auxiliar

El equipo se encargará del análisis para las propuestas de mejora.

5.2.2. Comprender la situación

Para comprender mejor la situación, iniciamos con la recopilación de datos de tiempos de paro para el proceso de paletizado manual, teniendo en cuenta que estos tiempos de paro vienen a ser de la producción del año del 2021.

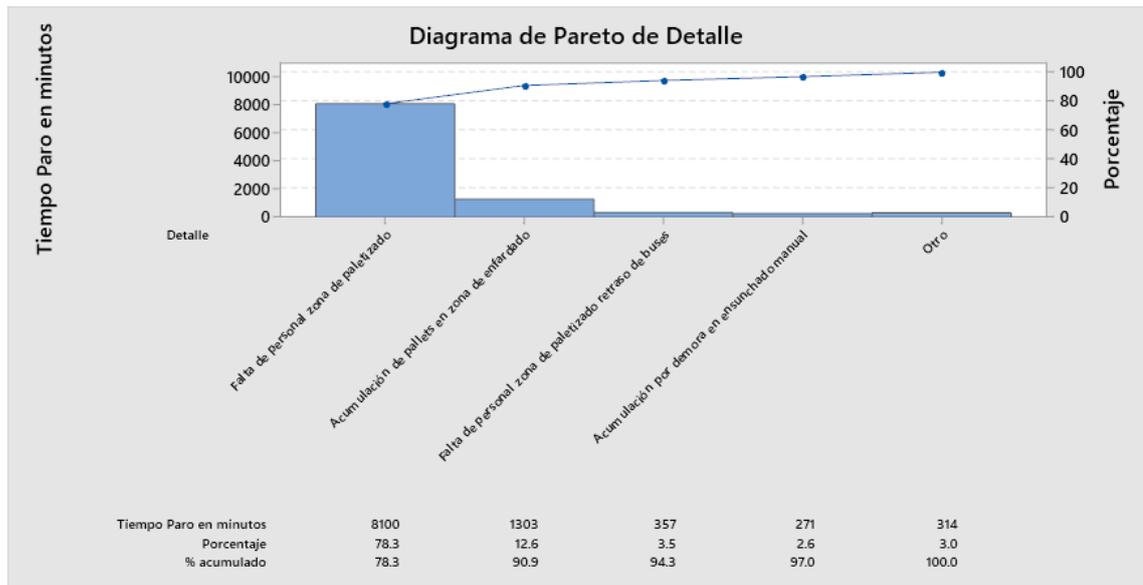
Tabla 5: *Detalle de tiempos de paro por paletizado manual (2021)*

Etiquetas de fila	Suma de Tiempo Paro en minutos
Falta de personal zona de paletizado	8100
Acumulación de pallets en zona de enfardado	1303
Falta de personal zona de paletizado retraso de buses	357
Acumulación por demora en enzunchado manual	271
Acumulación de pallets por demora en enfardado	192
Acumulación de pallets en zona de paletizado por demora de armado	91
Acumulación de pallets por demora de montacarga	31
Total	10345

Nota: Elaboración propia

Para un mejor análisis utilizamos la herramienta de Pareto para observar qué detalle de paro es el que afecta en mayor medida al proceso de paletizado manual, para ello utilizamos la herramienta Minitab y bajamos el detalle con tiempos de paro del proceso en estudio.

Figura 15: Diagrama de Pareto de tiempos de paro en el proceso de paletizado



Nota: Elaboración propia

Según observamos los paros por falta de personal en la zona de paletizado equivalen al 78.3% del total de paros en este proceso, sumando a esto las otras actividades que dependen de la mano de obra asciende a 97% del total de paros en el proceso de paletizado manual. Ante esto se buscarán posibles soluciones que ayuden a eliminarlos, según nuestro tema y tipo de mejora enfocada, para más detalle se describen las actividades críticas:

Paletizado manual: auxiliares de línea colocan los paquetes de bebidas carbonatadas en parihuelas vacías abastecidas por montacarguista, hasta completar los niveles permitidos de apilamiento.

Enfardado de parihuelas: auxiliar de línea coloca flejes manualmente a la parihuela con paquetes trasladadas por montacarga para dar mayor estabilidad, luego con apoyo de montacarga enfila con equipo enfardador y al término de este coloca manualmente rotulación de producto terminado.

5.2.3. Exponer y eliminar anomalías

Dentro de las anomalías encontradas en el proceso de paletizado manual, se observaron las que están colocadas en la tabla 6. donde con apoyo del equipo

de mantenimiento y personal operativo se inicia con la descripción de las anomalías encontradas.

Tabla 6: *Cuadro de anomalías del proceso de paletizado manual*

Nro.	Anormalidades	Responsable
1	Regulación de guías de entrega de paquetes	Producción
2	Desgaste de ruedas de plataformas enfardadoras	Mantenimiento
4	Descarrilamiento de faja transportadoras por desgaste	Mantenimiento
5	Lubricación de motores de transporte	Producción

Nota: Elaboración propia

5.2.4. Analizar causas

En este paso analizamos y describimos las causas de las diversas pérdidas o anomalías del proceso de paletizado manual, asimismo complementamos con el análisis de los 5 Por qué, para esto se hace una reunión con el equipo de proyecto y establecer las causas posibles y medidas o acciones acerca de estos problemas.

Figura 16: Gráfica de Ishikawa de la baja productividad en el proceso de paletizado manual



Nota: Elaboración propia

Tabla 7: Técnica de los 5 Porqué para el proceso de paletizado manual

PROCESO	Paletizado manual				
INDICADOR	Productividad				
PROBLEMA	Paradas en el proceso de paletizado manual				
Grupo Ishikawa	Causa visible Ishikawa	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	Causa Raíz hallada
Mano de obra	Falta de personal en zona de paletizado	Demoras en el relevo de refrigerio e ingreso	Tardanzas y falta de cumplimiento de sus funciones	Actitud poca colaborativa del personal	Actitud poca colaborativa del personal
Medio ambiente	Falta de personal retraso de buses	Demora en ingreso de buses	Trafico de rutas en días festivos		Trafico de rutas en días festivos
Método	Acumulación de pallets por demora en enfardado	Demora en enfardado por personal tercero	Falta de capacitación en el procedimiento de enfardado		Falta de capacitación en el procedimiento de enfardado
Método	Regulación de guías de entrega de paquetes	Mala regulación de guías del transporte de paquetes	Falta de capacitación en el procedimiento de regulación de guías	No hay procedimiento de regulación de guías	No hay procedimiento de regulación de guías
Método	Lubricación de motores de transporte	Falta de lubricación de motores de transporte	Falta de capacitación en el procedimiento de lubricación de motores	No hay procedimiento de lubricación de motores	No hay procedimiento de lubricación de motores
Maquinaria	Acumulación por falla en ensunchado	Falla ensunchadora eléctrica	Mala manipulación de personal tercero en el ensunchado	Falta de capacitación de correcto uso de ensunchadora	Falta de capacitación de correcto uso de ensunchadora
Maquinaria	Desgaste de ruedas de plataformas enfardadoras	Falta de programación del mantenimiento	Falta de coordinación con personal tercero para su mantenimiento	Falta de procedimiento de programación del mantenimiento de enfardadoras	Falta de procedimiento de programación del mantenimiento de enfardadoras
Maquinaria	Descarriamiento de faja transportadoras por desgaste	Falta de programación del mantenimiento			Falta de programación del mantenimiento de transporte de paquetes

Nota: Elaboración propia

5.2.5. Planificar la mejora

Durante la reunión con el equipo de proyecto, se analizan alternativas de mejora considerando la opinión de todos los participantes, llegamos a costo total de la implementación de proyecto de S/ 3,157,000.00.

Tabla 8: Técnica de 5W2H para el proceso de paletizado manual

PROCESO	Paletizado manual						
INDICADOR	Productividad						
PROBLEMA	Paradas en el proceso de paletizado manual						
PRIORIDAD							
WHY? ¿Por qué?	WHAT? ¿Qué?	HOW? ¿Cómo?	WHERE? ¿Dónde?	WHEN? ¿Cuándo?	WHO? ¿Quién?	HOW MUCH? ¿Cuanto?	
N°	Justificación	Actividad	Procedimiento	Alcance	Plazo	Responsable	Inversión
1	Falta de personal en operación por actitud poca colaborativa del personal	Eliminar el proceso de paletizado manual	Implementar paletizado y enfarado automático	Proceso de paletizado	6 meses	Coordinador de Proyectos	S/3,156,000.00
2	Falta de capacitación en el procedimiento de enfarado manual	Eliminar el proceso de enfarado manual	Instructivo y capacitación del mantenimiento autonomo y regulación de equipos de paletizado y enfaradora	Proceso de paletizado	2 meses	Coordinador de mantenimiento - Producción	
3	Falta de capacitación de correcto uso de ensunchadora	Eliminar el proceso de ensunchado manual					
4	Falta de procedimiento de programación del mantenimiento de enfaradoras	Mantenimiento autonomo y regulación de equipos de paletizado y enfaradora	Elaborar plan de rutas para días festivos	Toda la empresa	2 meses	Gerente de RRHH	
5	No hay procedimiento de						
6	No hay procedimiento de lubricación de motores de transporte	Rediseñar horarios de ruta para días festivos					
7	Falta de programación del mantenimiento de transporte de paquetes						
8	Falta de personal en operación por trafico de rutas en días festivos						

Nota: Elaboración propia

5.2.6. Implantar la mejora

En la tabla 9 se describe el plan de trabajo a realizarse para la implantación de mejora.

Tabla 9: Plan de trabajo para implantación de mejoras

PLAN DE TRABAJO	SEMANA																								Observaciones	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
DEFINIR																										
Definir tema y tipo de Mejora enfocada																										
Definir proceso en estudio																										
Formación del equipo de proyecto																										
MEDIR																										
Descripción de pérdidas del proceso de paletizado																										
Investigar tiempos de paro del proceso de paletizado																										
ANALIZAR																										
Mesa de trabajo para análisis de causas: Ishikawa																										
Mesa de trabajo para análisis de causas: 5 Por qué																										
MEJORAR																										
Planificación de mejora																										
Definir implementación de mejora																										
Implementar paletizado y enfardado automatico																										
Instructivo y capacitación del mantenimiento autonomo																										
Capacitación regulación de equipos de paletizado y enfardadora																										
Elaborar plan de rutas para días festivos																										
CONTROLAR																										
Implementar cronograma de mantenimiento de equipos																										
Implementar indicadores de eficiencia de equipos																										
Implementar checks de control de equipos																										
Terminación de proyecto																										

Nota: Elaboración propia

5.2.6.1. Mejora en el proceso de paletizado Manual:

La mejora para este proceso será la de automatización de la actividad del paletizado manual debido a que estos problemas son relacionados a la disponibilidad de personal auxiliar, los cuales en su mayoría tienen bajo rendimiento por dolencias de salud, u otros factores, así mismo la disponibilidad de la velocidad del montacarga para abastecer y trasladar parihuelas vacías y con producto respectivamente, revisar análisis de 5 Por qué de la tabla 7.

Diseño del transporte de paquete:

El transporte debe ser acorde a las dimensiones mínimas y máximas de paquetes en los formatos de 3 litros, se detallan las dimensiones requeridas.

Figura 17: *Faja transportadora de paquetes*



Nota: Halbergman (2021)

Pinzas y empujador neumáticas:

Estas colocarán ordenadamente los paquetes en la canastilla de la paletizadora, mediante un uso final de empujador neumático.

Paletizadora o robot:

La paletizadora consistirá en colocar nivel de paquetes que están en canastilla hacia la parihuela.

Figura 18: *Paletizadora automática*



Nota: Harkonen, E. (2021)

Transporte de parihuelas:

Al término de la colocación de paquetes por niveles estas parihuelas se trasladarán mediante polines de arrastre hasta la enfardadora.

Figura 19: *Transporte de parihuelas con producto*



Nota: Baloncici (2020)

Enfardadora de parihuelas:

Cumple la función de colocar el film a las parihuelas con producto y post etiquetado para trasladarse hacia almacén.

5.2.7. Comprobar los resultados

Para la comprobación de los resultados se crea un formato de seguimiento de resultados, en ella se colocarán los avances en las reuniones semanales, se colocan responsables del proyecto y fechas tentativas de cierre de pendientes.

Tabla 10: Registro de actividades de la mejora en el paletizado

CHEK DE RESULTADOS					
Causa Raíz	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHA CIERRE	STATUS	OBSERVACIONES
Falta de personal en operación por actitud poca colaborativa del personal	Implementar paletizado y enfardado automatico	Coordinador de Proyectos	10 semanas	Pendiente	
Falta de capacitación en el procedimiento de enfardado manual					
Falta de capacitación de correcto uso de ensunchadora					
Falta de procedimiento de programación del mantenimiento de	Instructivo y capacitación del mantenimiento autonomo y regulación de equipos de paletizado y enfardadora	Coordinador de mantenimiento - Producción	16 semanas	Pendiente	
No hay procedimiento de regulación de guías					
No hay procedimiento de lubricación de motores de transporte					
Falta de programación del mantenimiento de transporte de paquetes					
Falta de personal en operación por trafico de rutas en dias festivos	Elaborar plan de rutas para dias festivos	Gerente de RRHH	2 semanas	Pendiente	

Nota: Elaboración propia

5.2.8. Consolidar los resultados

En esta sección se crean manuales de operación e instrucciones de los mantenimientos de los equipos, se colocan responsable y fechas tentativas de cumplimiento, esto con la finalidad de mantener la operación de los equipos y la disminución de fallas.

Tabla 11: *Check de estandarización de la mejora en el paletizado de producto terminado*

CHECK DE ESTANDARIZACIÓN						
Actividad	Nombre del Estándar (Actualizar o Crear)	Responsable	Status	Fecha de Capacitación	Observaciones	
Operación de paletizado	Manual de operación de paletizado	Coordinador de producción	Pendiente	Fecha		
Operación de enfardado	Manual de operación de enfardado	Coordinador de producción	Pendiente	Fecha		
Mantenimiento del robot de paletizado	Instructivo de mantenimiento de Paletizadora	Coordinador de mantenimiento	Pendiente	Fecha		
Mantenimiento de enfardado	Instructivo de mantenimiento de enfardadora	Coordinador de mantenimiento	Pendiente	Fecha		
Mantenimiento de transporte	Instructivo de mantenimiento de transporte	Coordinador de mantenimiento	Pendiente	Fecha		
Limpieza de equipos	Check de limpieza de paletizado	Coordinador de producción	Pendiente	Fecha		

Nota: Elaboración propia

5.3. Mejora Enfocada para el proceso Despaletizado manual de botellas

Comenzamos con los pasos de la aplicación de mejora enfocada.

5.3.1. Selección del tema de mejora

El tema de mejora enfocada está en la búsqueda de beneficios, eliminando al máximo las pérdidas de este proceso, teniendo en cuenta que esto nos afecta aproximadamente un 1.55 % de eficiencia, revisar tabla 4.

Registramos el tema de mejora, se revisa en el anexo 04.

5.3.1.1. Formar un equipo de Proyecto

Se forma un equipo multidisciplinario de trabajo que está conformado por responsables de área:

- Coordinador de Proyectos
- Coordinador de producción
- Coordinador de mantenimiento
- Coordinador de calidad
- Coordinador de Seguridad en el trabajo
- Operador

5.3.2. Comprender la situación

Recopilamos la información de paros para el año 2021 y el proceso de Despaletizado de botellas vacías, según tabla 12.

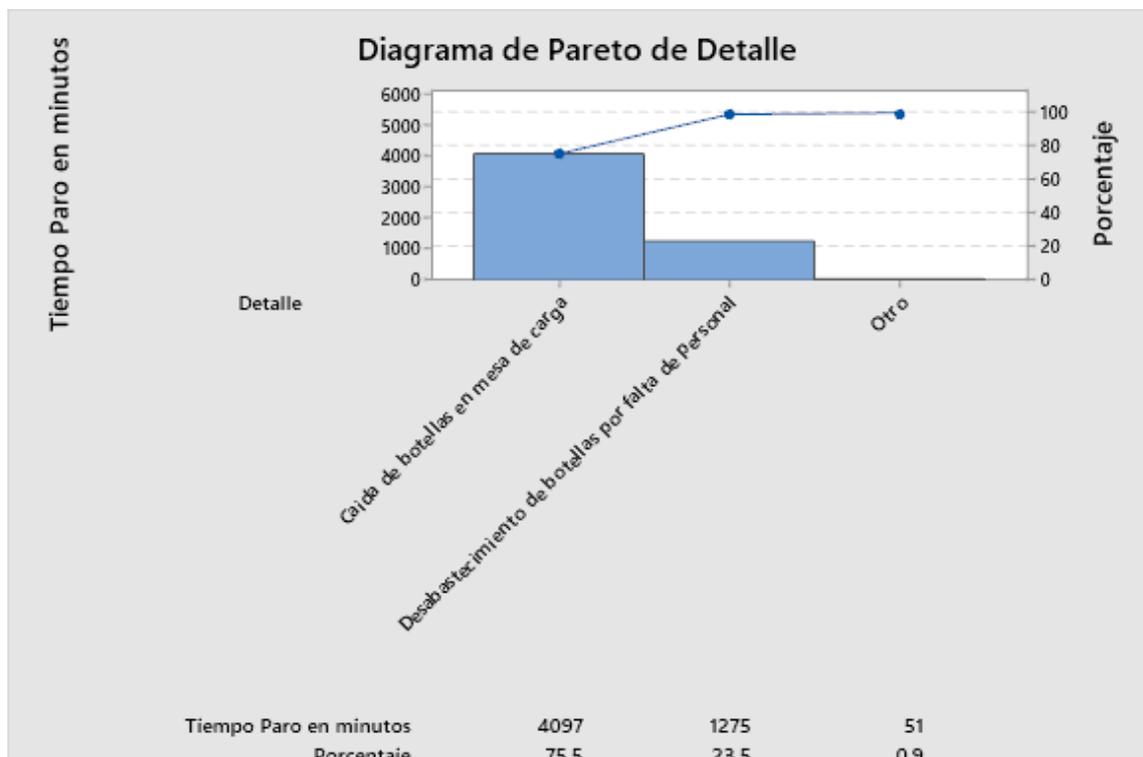
Tabla 12: Detalle de tiempos de paro por Despaletizado manual (2021)

Etiquetas de fila	Suma de tiempo Paro en minutos
Caída de botellas en mesa de carga	3851
Desabastecimiento de botellas por falta de personal	1521
Traba de botella en intercambiador de transporte aéreo.	49
Velocidad reducida por espumoso de bebida	2
Total	5423

Nota: Elaboración propia

Para mayor detalle utilizamos la gráfica de Pareto con minitab para obtener tiempos de paro con mayor incidencia en afectación al proceso.

Figura 20: Detalle de tiempos de paro por Despaletizado manual (2021)



Nota: Elaboración propia

Se observa que la actividad con mayor afectación al proceso en la caída constante de botellas en mesa de carga, resultando un 75.5 %, teniendo en cuenta la actividad por falta de personal en la operación suman un acumulado de 99%, para mayor conocimiento detallamos estas actividades:

Despaletizado manual: esta actividad de ingresar botellas vacías hacia la mesa de carga es realizada por 6 personas por turno, considerando relevo en horas de refrigerio.

Mesa de carga: Conjunto de fajas transportadoras de material termoplástico que cumple la función de transportar las botellas hasta el transporte aéreo la cual se engancha desde el cuello de la botella y su posterior ingreso a la llenadora.

5.3.3. Exponer y eliminar anomalías

En este proceso se describen las anomalías en la tabla 13 donde fue realizado con apoyo del equipo de proyectos y operación.

Tabla 13: Cuadro de anomalías del proceso de Despaletizado manual

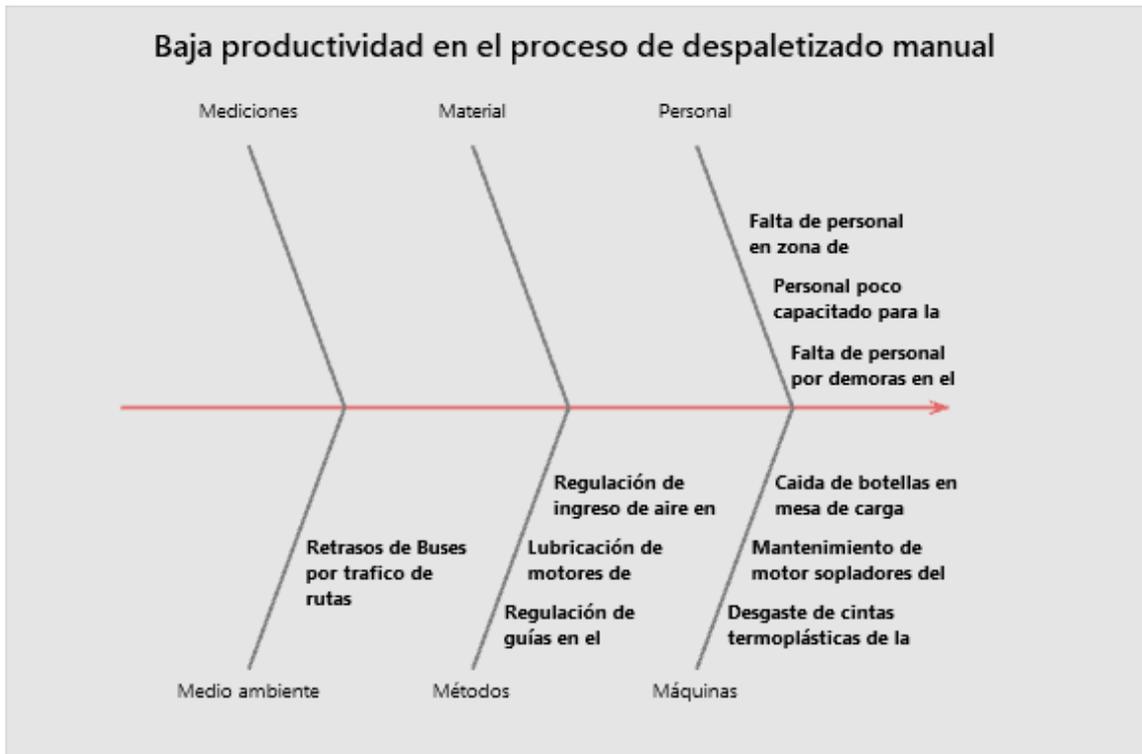
Nro.	Anormalidades	Responsable
1	Regulación de guías en el transporte aéreo	Producción
2	Desgaste de cintas termoplásticas de la mesa de carga ocasiona constante caída de botellas	Mantenimiento
4	Mantenimiento de motor sopladores del transporte aéreo	Mantenimiento
5	Lubricación de motores de transporte	Producción

Nota: Elaboración propia

5.3.4. Analizar causas

En este paso realizamos el análisis de las causas con el equipo del proyecto, se elabora un Ishikawa y el método de los 5 Por Qué, estas descripciones de posibles causas nos darán mayor entendimiento de análisis.

Figura 21: Gráfica de Ishikawa en el proceso de Despaletizado manual



Nota: Elaboración propia

Tabla 14: Técnica de los 5 Porqué para el Despaletizado manual de botellas vacías

PROCESO	INDICADOR	PROBLEMA	Causa visible Ishikawa	¿Por qué?			Causa Raíz hallada
				1	2	3	
	Despaletizado manual de botellas vacías	Productividad					
		Paradas en el proceso de despaletizado manual					
Grupo Ishikawa			Causa visible Ishikawa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa Raíz hallada
Mano de obra		Falta de personal en zona de despaletizado manual	Falta de personal retraso de buses	Demoras en el relevo de refrigerio e ingreso de buses	Tardanzas y falta de cumplimiento de sus funciones	Actitud poca colaborativa del personal	Actitud poca colaborativa del personal
Medio ambiente		Falta de personal retraso de buses	Falta de buses	Demora en ingreso de buses	Trafico de rutas en dias festivos		Trafico de rutas en dias festivos
Método		Traba de botellas guias del transporte aéreo	Traba de botellas guias del transporte aéreo	Mala regulación de guias de transporte aéreo	Falta reforzar capacitación de regulación de guias		Falta reforzar capacitación de regulación de guias
Método		Regulación de ingreso de aire en el transporte aéreo	Regulación de ingreso de aire en el transporte aéreo	Mala regulación de aire en los motores sopladores	Falta reforzar capacitación de regulación de aire en los motores sopladores		Falta reforzar capacitación de regulación de aire en los motores sopladores
Maquinaria		Caida de botellas en mesa de carga	Caida de botellas en mesa de carga	Estatica de botellas en rozamiento ocasionan constante caída	Las botellas vacias ingresan juntas debido al empuje manual con cintas		Las botellas vacias ingresan juntas debido al empuje manual con cintas
Maquinaria		Caida de botellas en mesa de carga	Caida de botellas en mesa de carga	Desgaste de cintas termoplásticas de la mesa de carga ocasiona constante caída de botellas	Falta de mantenimiento a las cintas termoplásticas de la mesa de carga	Falta de programa al mantenimiento de las cintas termoplásticas de la mesa de carga	Falta de programa al mantenimiento de las cintas termoplásticas de la mesa de carga
Maquinaria		Falla en motor sopladores del transporte aéreo	Falla en motor sopladores del transporte aéreo	Falta de mantenimiento en los motores sopladores	Falta de programa al mantenimiento de los motores sopladores		Falta de programa al mantenimiento de los motores sopladores

Nota: Elaboración propia

5.3.5. Planificar la mejora

Teniendo en cuenta los análisis de las causas, en conjunto con el equipo del proyecto se plantean propuestas de mejora, en este paso se aceptan todas las opiniones de los integrantes y se debate las mejores propuestas de solución, se obtuvo un costo de implementación de S/ 892,050.00

Tabla 15: Técnica de 5W2H para el proceso de Despaletizado manual de botellas vacías

PRIORIDAD	WHY? ¿Por qué?		WHAT? ¿Qué?		HOW? ¿Cómo?	WHERE? ¿Dónde?	WHEN? ¿Cuándo?	WHO? ¿Quién?	HOW MUCH? ¿Cuánto?
	Justificación	Actividad	Procedimiento		Alcance	Plazo	Responsable	Inversión	
1	Falta de personal en operación por actitud poca colaborativa del personal	Eliminar el proceso de despaletizado manual	Implementar maquina ordenadora de botellas		Proceso de Despaletizado manual de botellas vacías	4 meses	Coordinador de Proyectos	S/ 892,050.00	
2	Las botellas vacías ingresan juntas debido al empuje manual con cintas	Eliminar empuje manual de botellas vacías	Eliminar mesa de carga						
3	Falta de programa al mantenimiento de las cintas termoplásticas de la mesa de carga		Programar capacitación de regulación de aire en los motores sopladores		Capacitación de regulación de aire y regulación de guías del transporte aéreo	1 mes	Coordinador de mantenimiento - Producción	S/ 1,200.00	
4	Falta reforzar capacitación de regulación de guías		Programar mantenimiento anual de motor		Transporte aéreo	1 mes	Coordinador de mantenimiento	S/ 1,200.00	
6	Falta de programa al mantenimiento de los motor sopladores	Mantener los motor sopladores	Elaborar plan de rutas para días festivos		Transporte aéreo	2 meses	Gerente de RRHH	S/ 1,000.00	
7	Falta de personal en operación por trafico de rutas en días festivos	Rediseñar horarios de ruta para días festivos			Toda la empresa				

Nota: Elaboración propia

5.3.6. Implantar la mejora

En la tabla 16 se describe el plan de trabajo para la implantación de mejora.

Tabla 16: Plan de trabajo para implantación de mejoras en el proceso de Despaletizado

PLAN DE TRABAJO	SEMANA																Obs.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
DEFINIR																	
Definir tema y tipo de Mejora enfocada																	
Formación del equipo de proyecto																	
MEDIR																	
Descripción de pérdidas del proceso de despaletizado manual																	
Investigar tiempos de paro del proceso de despaletizado manual																	
ANALIZAR																	
Mesa de trabajo para análisis de causas: Ishikawa																	
Mesa de trabajo para análisis de causas: 5 Por qué																	
MEJORAR																	
Planificación de mejora																	
Definir implementación de mejora																	
Instalación de equipo ordenador de botellas																	
Instructivo y capacitación del mantenimiento autónomo																	
Capacitación regulación de guías y aire del transporte aéreo																	
Elaborar programa de mantenimiento de motor sopladores																	
Elaborar plan de rutas para días festivos																	
CONTROLAR																	
Implementar cronograma de mantenimiento de equipos																	
Implementar indicadores de eficiencia de equipos																	
Implementar Check de control de equipos																	
Terminación de proyecto																	

Nota: Elaboración propia

5.3.6.1. Mejora en el proceso de Despaletizado manual de botellas vacías

En este paso se explica cómo será el diseño de la implementación de mejoras explicadas en la tabla 15 del 5W2H.

Ordenadora de botellas:

Se implementará la máquina ordenadora de botellas para eliminar el ingreso de botellas manualmente, con esto se eliminan las actividades realizadas por 6 personas, eliminando así mismo las paradas de línea por falta de personal, así mismo la actividad de caída de botellas ya que la máquina ordenadora entregará al transporte aéreo botellas con agarre en el cuello, esto facilitará posteriormente al ingreso de botellas en la llenadora.

Figura 22: *Máquina ordenadora de botellas*



Nota: Traktech (2020)

Transporte aéreo de botellas:

Cumple la función de transportar las botellas vacías enviadas del ordenador de botellas hasta la máquina llenadora de botellas, esta compuestas por motores sopladores de aire que impulsan las botellas, así mismos guías de cuerpo de botella, en esta mejora habrá instructivos y capacitaciones del mantenimiento y regulación de estos equipos, estos se describen en la tabla 16.

Figura 23: *Transporte aéreo de botellas vacías.*



Nota: Sidel (2022)

5.3.7. Comprobar los resultados

Para el cumplimiento de los resultados se hace seguimiento en reuniones en base a un formato, se colocan responsables y fechas de cierre, se pueden cambiar fechas en contrastación a lo planeado.

Tabla 17: Registro de actividades en la mejora de Despaletizado de botellas

CHEK DE RESULTADOS				
Causa Raíz	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHA CIERRE	ESTATUS
Falta de personal en operación por actitud poca colaborativa del personal	Implementar maquina ordenadora de botellas	Coordinador de Proyectos	6 semanas	Pendiente
Las botellas vacías ingresan juntas debido al empuje manual con cintas				
Falta de programa al mantenimiento de las cintas termoplásticas de la mesa de carga				
Falta reforzar capacitación de regulación de aire en los motores sopladores	Programar capacitación de regulación de aire y guías del transporte aéreo	Coordinador de mantenimiento - Producción	6 semanas	Pendiente
Falta reforzar capacitación de regulación de guías				
Falta de programa al mantenimiento de los motores sopladores	Programar mantenimiento anual de motor sopladores	Coordinador de mantenimiento	6 semanas	Pendiente
Falta de personal en operación por tráfico de rutas en días festivos	Elaborar plan de rutas para días festivos	Gerente de RRHH	2 semanas	Pendiente

Nota: Elaboración propia

5.3.8. Consolidar los resultados

En este paso creamos manuales e instructivos, se colocan responsables y fecha de capacitación, esto para el mantenimiento de los equipos, el asegurar que estos no fallan, así mismo disminuir las paradas en este proceso.

Tabla 18: *Check de estandarización en la mejora del Despaletizado de botellas vacías*

CHECK DE ESTANDARIZACIÓN				
Actividad	Nombre del Estándar	Responsable	Estatus	Fecha de Capacitación
Operación de ordenamiento de botella	Manual de operación de equipo ordenador de botella	Coordinador de producción	Pendiente	Fecha
Operación de regulación de transporte aéreo	Manual de operación de transporte aéreo	Coordinador de producción	Pendiente	Fecha
Limpieza de ordenador de botellas	Check de limpieza de ordenadora de botellas	Coordinador de producción	Pendiente	Fecha
Limpieza de transporte aéreo	Check de limpieza de transporte aéreo	Coordinador de producción	Pendiente	Fecha
Mantenimiento del ordenador de botellas	Instructivo de mantenimiento de ordenadora	Coordinador de mantenimiento	Pendiente	Fecha
Mantenimiento de motores sopladores	Instructivo de mantenimiento de motores sopladores	Coordinador de mantenimiento	Pendiente	Fecha
Mantenimiento de transporte aéreo	Instructivo de mantenimiento de transporte aéreo	Coordinador de mantenimiento	Pendiente	Fecha

Nota: Elaboración propia

5.4. Poka Yoke para el proceso empacado de botellas

Para el proceso de mejora continua en el empacado se utiliza la herramienta DMAIC, comenzamos definiendo el problema, luego medir el problema que está afectando la productividad, análisis, plan de implementación y sus controles para su mantenimiento.

5.4.1. Definir:

En este paso definimos el tema y tipo de mejora que se desarrollará, así mismo se forma al equipo multidisciplinario.

Para este problema se tiene en cuenta el 3er proceso que afecta en mayor medida la productividad de planta, 0.88 % anual según la tabla 4, este tema se registra en el anexo 05.

5.4.1.1. Formar un equipo de Proyecto

Se forma un equipo multidisciplinario de trabajo que está conformado por responsables de área:

- Coordinador de Proyectos
- Coordinador de producción
- Coordinador de mantenimiento
- Coordinador de calidad
- Coordinador de Seguridad en el trabajo
- Operador

5.4.2. Medir:

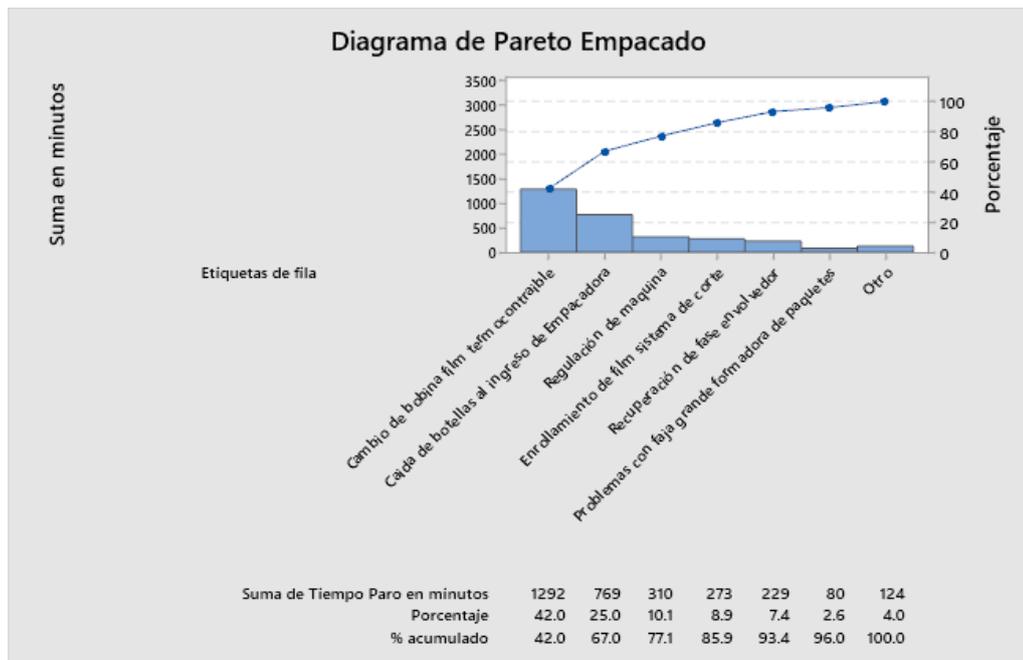
En esta etapa se mide los tiempos de paro del proceso de empacado que afectaron en el año 2021, estos tiempos de paro son visualizados mejor en el diagrama de Pareto, con ello se determina a donde enfocarnos para la solución de problemas.

Tabla 19: Detalle de tiempos de paro por el proceso de empaçado

Etiquetas de fila	Suma de Tiempo Paro en minutos
Cambio de bobina film termocontraíble	1292
Caída de botellas al ingreso de Empacadora	769
Regulación de máquina	310
Enrollamiento de film sistema de corte	273
Recuperación de fase envolvedor	229
Problemas con faja grande formadora de paquetes	80
Desincronización de máquina	52
Limpieza de palos del horno	29
Se apaga transporte salida de horno	18
Rotura de manguera de aire	15
Desincronización de máquina operador en refrigerio	10
Total	3077

Nota: Elaboración propia

Figura 24: Gráfica de Pareto de la baja productividad en el proceso de empaçado

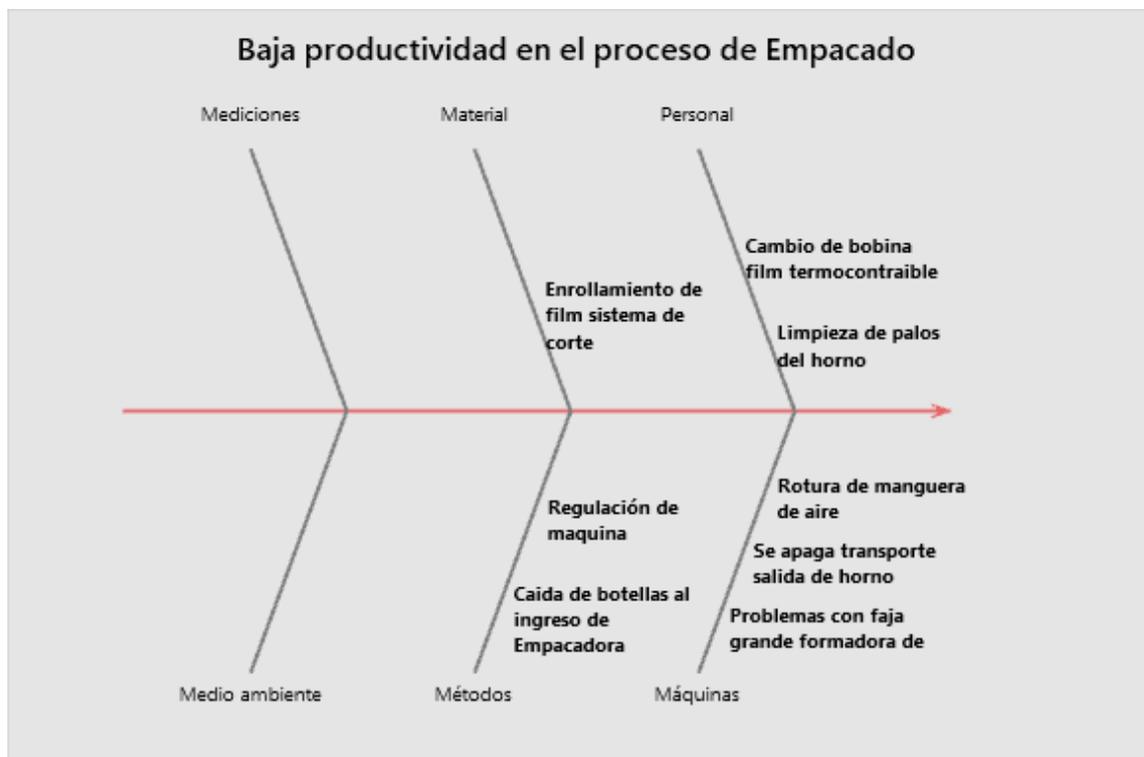


Nota: Elaboración propia

5.4.3. Analizar:

En este paso se analizan las posibles causas de las fallas en el proceso de empaçado, se observa la figura 25, así mismo se analizan con el método de los 5 Porqué de la tabla 20, esto como base para las posibles soluciones de mejora, nos centramos en las fallas de cambio de bobina, caída de botellas al ingreso de empaçadora y regulación de máquina, los cuales en su conjunto nos afectan al 85.9 % del total de paros en general en este proceso.

Figura 25: Gráfica de Ishikawa de la baja productividad en el proceso de empaçado



Nota: elaboración propia

Tabla 20: Técnica de los 5 Porqué para el proceso de empaçado

PROCESO	Empacado de botellas				
INDICADOR	Productividad				
PROBLEMA	Paradas en el proceso de empaçado				
Grupo Ishikawa	Causa visible Ishikawa	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	Causa Raíz hallada
	Mano de obra	Demora en cambio de bobina film termocontráil	Se pasa el film entre cambio	Distracción del operador en el cambio de bobina	Distracción del operador en el cambio de bobina
Método	Caída de botellas al ingreso de Empacadora	Mala regulación de guías al ingreso de empacadora	Falta de seguimiento al cumplimiento de sus funciones de personal nuevo	Falta de seguimiento al cumplimiento de sus funciones de personal nuevo	Falta de seguimiento al cumplimiento de sus funciones de personal nuevo
Método	Demora en regulación de maquina	Demora en regulación por personal nuevo	Falta de seguimiento al cumplimiento de sus funciones de personal nuevo	Falta de seguimiento al cumplimiento de sus funciones de personal nuevo	Falta de seguimiento al cumplimiento de sus funciones de personal nuevo

Nota: Elaboración propia

5.4.4. Mejorar:

En esta etapa se proponen las posibles soluciones de problema en conjunto con el equipo de proyectos, se consideran todos los tipos de ideas y se colocan en el 5W2H, se definen las propuestas y sus responsables, así mismo las fechas tentativas de implementación, costo de implementación de S/ 61,320.00.

Tabla 21: Técnica de 5W2H para el proceso de empackado de botellas

PRIORIDAD	WHY? ¿Por qué?		WHAT? ¿Qué?		HOW? ¿Cómo?		WHERE? ¿Dónde?		WHEN? ¿Cuándo?		WHO? ¿Quién?		HOW MUCH? ¿Cuanto?	
	Justificación	Actividad	Procedimiento	Alcance	Plazo	Responsable	Inversión							
N° 1	Distracción del operador en el cambio de bobina	Avisar al operador antes de que ocurra el error de pasarse el film en el sistema de corte	Sistema detector de ausencia de film, cambio secuencial de porta bobina	Proceso de empackado	4 meses	Coordinador de Proyectos	S/ 56,200.00							
2	Falta de seguimiento al cumplimiento de sus funciones de personal nuevo	Seguimiento a la inducción de personal nuevo	Seguimiento a la matriz de habilidades del operador nuevo	Proceso de empackado	4 meses	Coordinador de Proyectos	S/ 5,120.00							

Nota: Elaboración propia

En la tabla 22 se describen el plan de trabajo según diagrama de Gantt:

Tabla 22: Diagrama de actividades para la mejora en el proceso de empaclado

PLAN DE TRABAJO	SEMANA															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DEFINIR																
Definir tema y tipo de Mejora	■	■														
Formación del equipo de proyecto	■	■														
MEDIR																
Descripción de los tiempos de paro del proceso de empaclado	■															
ANALIZAR																
Reunión para análisis de causas: Ishikawa		■	■													
Reunión para análisis de causas: 5 Por qué			■	■												
MEJORAR																
Planificación de mejora				■	■											
Definir implementación de mejora				■	■											
Implementación del sistema automatizado de sellado de bobinas							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacitación del nuevo sistema cambio de bobina							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Matriz de habilidades de operador de empaclado							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CONTROLAR																
Instructivo del nuevo sistema cambio de bobina												■	■			
Seguimiento a evaluaciones de matriz de habilidades												■	■			
Terminación de proyecto																■

Nota: Elaboración propia

5.4.4.1. Mejora en el proceso de empacado:

En este paso vamos a describir la mejora en el cambio de bobina y el plan de trabajo de la matriz de habilidades de los operadores.

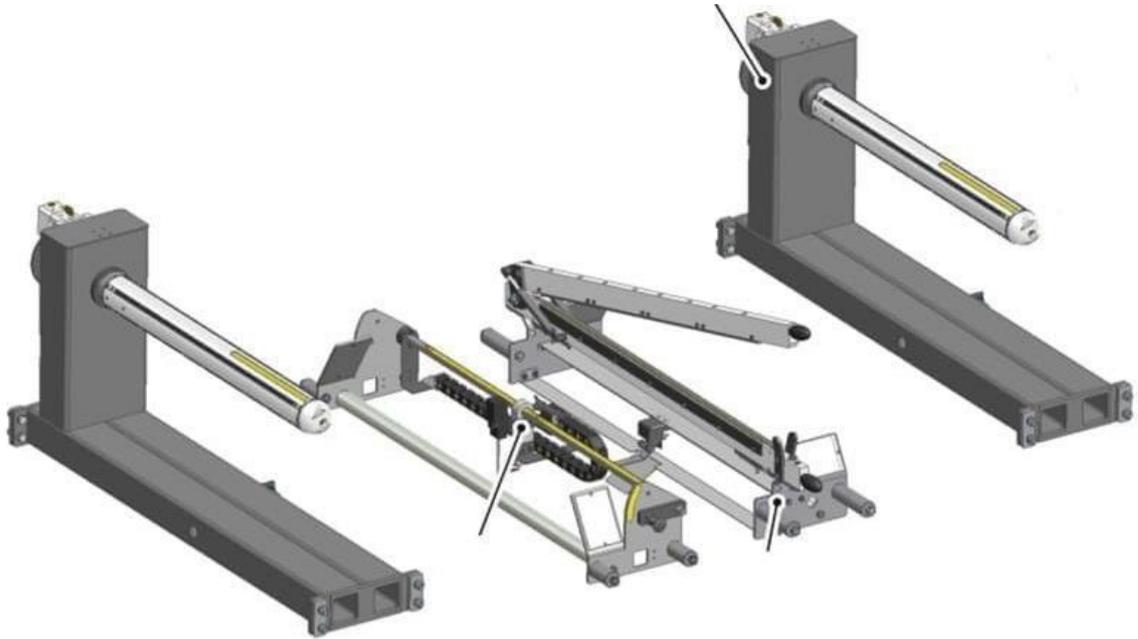
Sistema cambio de bobina automatizado:

Se implementa un sistema de pistones, sensores y un PLC para realizar el cambio de bobina termocontraíble de manera automática, esto evitara los errores de detención de equipos por cambio de bobina debido a las distracciones de los operadores.

Secuencia de trabajo:

- Se acaba film termocontraíble en porta bobina.
- Sensor envía señal al PLC de detención de equipo para evitar que se pase el film por el sistema de rodillos.
- Sensor envía señal de que hay film en la porta bobina número 02.
- Sensor envía señal de activación de pistones para cambio de porta bobina, ingresando nuevo film termocontraíble.
- Pistón de sellador se activa automáticamente para unir o empalmar el film termocontraíble.
- Reinicio de equipo luego de cambio de bobina.

Figura 26: *Imagen referencial de Poka Yoke en el proceso de cambio de bobina*



Nota: Elaboración propia

Matriz de habilidades para operadores de empacadora:

En compañía del equipo de trabajo y los operadores de planta se describen las operaciones principales que debe realizar el operador de empacadora para mejorar su desempeño en las regulaciones de los equipos, se describe en programa de capacitaciones y seguimiento dentro del proyecto, según tabla 22.

Se puntúan según detalle de puntuaciones evaluado por el supervisor inmediato.

Detalle de puntuaciones:

- 0 - El operador no tiene conocimiento de la actividad.
- 1 – El operador cuenta con el conocimiento teórico, pero no ejecuta la actividad.
- 2 – Puede ejecutar actividad con apoyo de supervisión de operador experto.
- 3 – Ejecuta actividad sin supervisión, se considera competente en la ejecución.

Tabla 23: Matriz de habilidades para la operación de empaqueo de bebidas

LINEA 1		ENVOLVEDORA										
		OPERADOR 01		OPERADOR 02		OPERADOR 03		OPERADOR 04		OPERADOR 05		
Nº	EQUIPO	ACTIVIDADES	Nivel Actual	Nivel Esperado								
1	EMPAQUETADORA	Verificación de componentes de máquina antes de arranque (Sistema de transmisión, dedos separadores, sistema de corte de film, barras envolventes, palancas detectores de botellas, etc)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	EMPAQUETADORA	Verificación de la limpieza de los componentes (varillas de la faja transportadora, horno, faja de transporte, mesa de formación del paquetes)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	EMPAQUETADORA	Verificación de sistema de alimentación de energía: Presión de aire óptima, energía eléctrica adecuada	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	EMPAQUETADORA	Verificación de calidad del film termoencogible	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	EMPAQUETADORA	Verificación de calidad de productos en proceso (botellas con contenido hinchadas, alta frecuencia de botellas de bajo nivel, botellas mal capsuladas, botellas mal etiquetadas)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	EMPAQUETADORA	Cambio de formato en un tiempo óptimo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	EMPAQUETADORA	Verificación de Parámetros particulares de trabajo para cada tipo de formato.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	EMPAQUETADORA	Comprensión y dominio de la función de todos los componentes principales de la máquina	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	EMPAQUETADORA	Comprensión del impacto de cada componente en la calidad del empaqueo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	EMPAQUETADORA	Resolución de defectos de paquetes mal empaquetados (botellas desalineadas)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	EMPAQUETADORA	Resolución de defectos de paquetes no compactados (paquetes sueltos)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	EMPAQUETADORA	Resolución de defectos de paquetes mal empaquetados (film con huecos en la base, encogimiento desuniforme del film)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	EMPAQUETADORA	Registro de lote y cantidad de film termoencogible en SAP	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14	EMPAQUETADORA	Cumplimiento parámetros de calidad.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		TOTAL	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3

Nota: Elaboración propia

5.4.5. Controlar

En este paso se crean los instructivos y el plan de capacitación de matriz de habilidades, con esto se estaría asegurando las nuevas mejoras en el proceso de empaclado.

Tabla 24: *Estandarización de mejoras en el proceso de empaclado*

CHECK DE ESTANDARIZACIÓN				
Actividad	Nombre del Estándar	Responsable	Estatus	Fecha de Capacitación
Operación de empacladora	Instructivo de sistema cambio de bobina	Coordinador de producción	Pendiente	Semana 13 - 14
Operación de empacladora	Matriz de habilidades	Coordinador de producción	Pendiente	Semana 13 - 16

Nota: Elaboración propia

5.5. Interpretación de los resultados

Se describe en tabla la situación actual de puestos y cantidad de colaboradores de la línea 1, así mismo la cantidad de horas hombre de esta línea.

Tabla 25: *Tabla actual de horas hombre (mes)*

Puesto	Colaboradores	Hr - Ho (mes)
Auxiliares de paletizado y Despaletizado manual	42	8736
Operador de llenadora	4	832
Operador de etiquetadora	4	832
Operador de empacadora	4	832
Total		11232

Nota: Elaboración propia

Implementación TPM en paletizado manual:

En tabla mostramos la situación de puestos y horas hombre luego de la implementación de TPM en paletizado manual, revisamos una cantidad de horas hombre reducida en 31.48%.

Tabla 26: *Tabla de horas hombre luego de TPM en el proceso de paletizado*

Puesto	Colaboradores	Hr - Ho (mes)
Auxiliares de paletizado y Despaletizado manual	21	4368
Operador de llenadora	4	832
Operador de etiquetadora	4	832
Operador de empacadora	4	832
Operador de paletizadora	4	832
Total		7696

Nota: Elaboración propia

Implementación TPM en Despaletizado manual:

En tabla mostramos la situación de puestos y horas hombre luego de la implementación de TPM en Despaletizado manual, se observa una reducción de horas hombre de 57.4% luego de implementación de propuesta, en comparación a la situación actual.

Tabla 27: *Tabla de horas hombre luego de TPM en el proceso de Despaletizado de botellas vacías*

Puesto	Colaboradores	Hr - Ho (mes)
Auxiliares de paletizado y Despaletizado manual	3	624
Operador de llenadora	4	832
Operador de etiquetadora	4	832
Operador de empacadora	4	832
Operador de paletizadora	4	832
Operador de ordenadora de botellas	4	832
Total		4784

Nota: Elaboración propia

Implementación Poka Yoke en empacadora:

En tabla mostramos la situación de puestos y horas hombre luego de la implementación de Poka Yoke en el proceso de empacadora.

Tabla 28: *Tabla de horas hombre luego de Poka Yoke en el proceso de empacado*

Puesto	Colaboradores	Hr - Ho (mes)
Auxiliares de paletizado y Despaletizado manual	3	624
Operador de llenadora	4	832
Operador de etiquetadora	4	832
Operador de empacadora	4	832
Operador de paletizadora	4	832

Operador de ordenadora de botellas	4	832
Total		4784

Nota: Elaboración propia

Luego de estas implementaciones de mejora se observa, según tabla 29, un aumento de la eficiencia en 5.1 %, así mismo un incremento total de 150.5% en la productividad.

Tabla 29: *Tabla resumen de resultados luego de implementación de propuestas*

Detalle	Eficiencia	Nominal	Producción Paq /Hr	Producción Paq/mes	Hr-Ho mes	Paq/Hr-Ho	%Var
Producción actual	76.0%	2,333	1,773	1,106,402	11232	99	-
TPM en paletizado manual	78.9%	2,333	1,840	1,148,088	7696	149	51.4%
TPM en Despaletizado manual	80.4%	2,333	1,875	1,169,890	4784	245	148.3%
Poka Yoke empacadora	81.1%	2,333	1,892	1,180,696	4784	247	150.5%

Nota: Elaboración propia

Análisis de reducción de costos:

Considerando una inversión de S/ 4,113.777.00, según tabla 30, y una tasa de oportunidad del 10% para propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing se obtuvo una tasa de retorno (TIR) de 13.80%, el cual indica que el proyecto es viable según el análisis de costos y ahorro proyectado, así mismo el periodo de retorno es de 4.45 años.

TIR:13.80%

PR: 4.45 años

VPN: S/. 406,912.00

B/C: 1.098 > 1

Tabla 30: Análisis de Costos

Periodo anual	0	1	2	3	4	5
Ahorro por reducción de personal operativo		S/ 1,023,000	S/ 1,023,000	S/ 1,023,000	S/ 1,023,000	S/ 1,023,000
Ahorro de tiempo productivo		S/ 169,544	S/ 169,544	S/ 169,544	S/ 169,544	S/ 169,544
Flijo proyectado	-S/4,113,770	S/1,192,544	S/1,192,544	S/1,192,544	S/1,192,544	S/1,192,544
Saldo actualizado al 10%	-S/4,113,770	S/1,084,131	S/985,574	S/895,976	S/814,524	S/740,476
Saldo acumulado	-S/4,113,770	-S/3,029,639	-S/2,044,065	-S/1,148,089	-S/333,565	S/406,912

Nota: Elaboración Propia

5.6. Contrastación de hipótesis

Hipótesis General:

“La propuesta de implementación de herramientas de lean Manufacturing mejora la productividad en el proceso de envasado de bebidas carbonatadas”

La implementación de mejora TPM en paletizado manual, Despaletizado manual y Poka Yoke en empaçado incrementan la productividad de la línea 01 de envasado de bebidas carbonatadas, desde 99 Paq/Hr-Ho hasta 247 Paq/Hr-Ho.

Hipótesis específicas:

“Realizar un diagnóstico de la situación inicial nos ayudara en conocer los problemas críticos que afectan la productividad de la línea de envasado.”

Realizar un análisis de la situación inicial determino que los procesos críticos para la línea de envasado de la línea fueron: el paletizado manual, es despaletizado manual de botellas vacías y el empaçado, afectando cada una un 41%, 21% y 12 % respectivamente, según el tiempo de paro operacional.

“Aumentando la eficiencia de la línea de envasado mejorara la productividad.”

La eficiencia de la línea de envasado mejoro un 5.1 %, y en relación incremento en 150.5% en la productividad.

“Realizar un análisis de costo beneficio sustentara la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing.”

El costo beneficio de la propuesta de implementación de herramientas de lean Manufacturing, con una tasa de oportunidad de 10%, fue de 1.098 siendo mayor a 1, el cual nos valida el proyecto desde el punto de vista financiero.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Los resultados que hemos tenido luego de la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en la mejora de la productividad en una empresa de bebida carbonatadas coincide con los resultados obtenido por Gargurevich (2019) en donde su productividad aumento en un 20.94% luego de la implementación de herramientas de Lean, este resultado tambien concuerda con Morales (2021) donde describe que luego de implementar herramientas de Lean su productividad aumento en un 43.55% en una planta de fabricación de puertas de refrigeración, lo mismo sucede en comparación al estudio realizado por Valles (2022) donde se obtiene un aumento de la productividad en 5.84% en una planta de vinchas plásticas.

Asi mismo coincide en la mejora de la eficiencia de línea según Llontop (2018) donde se describe un incremento de la eficiencia del 8.29% en una planta embotelladora de bebidas en comparación a un 5.1% del presente estudio, esto luego de implementar herramientas lean, este resultado concuerda con Valles (2022) donde según su estudio observamos un incremento de la eficiencia en 31.79% para el proceso de inyección de vinchas en el área de inyección de plásticos.

Las herramientas de Lean Manufacturing tambien aumentaron la productividad en el estudio de Pajuelo (2020) donde se planteó una “Propuesta de implementación de herramientas de manufactura esbelta para mejorar el proceso crítico de una empresa manufacturera de neumáticos”, el resultado del estudio fue el aumento de producción en 49 llantas radiales adicionales por día. Diaz (2018) aplico la herramienta de SMED para reducir los tiempos de cambio de formato en una empresa de bebidas, dando como resultado un incremento en la productividad en promedio de 97.47 %.

Con estos estudios mencionados podemos concluir que la implementación o propuesta de herramientas de Lean Manufacturing nos ayudan a mejorar la productividad de distintas plantas de fabricación.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La productividad luego de la implementación de las herramientas de lean Manufacturing, en estudio, incremento en 150.5%, este incremento parte de 99 paquetes por hora hombre hasta 247 paquetes horas hombre.

Incremento de la productividad en 51.4% luego de la implementación de TPM en el paletizado manual, esto considerando que se implementa este método para eliminar los problemas por falta de personal y otras actividades dependientes operativas de los auxiliares de línea.

La eficiencia de la línea 01 incremento un 5.1% luego de implementar la propuesta de mejora de lean Manufacturing.

La aplicación de TPM en el proceso de paletizado manual incremento un 2.86 % de eficiencia global.

La aplicación de TPM en el proceso de Despaletizado de botellas vacías incremento un 1.50% a la eficiencia global de la línea 01.

La propuesta de Poka Yoke en el proceso de empacado incremento 0.74% a la eficiencia de la línea 01.

Analizando el 74% de la improductividad de la línea 01 por naturaleza operacional (proceso de paletizado, Despaletizado y empacado) se llega a superar la meta de eficiencia del 81% hasta 81.1%, luego de las implementaciones de las propuestas en los procesos de estudio.

El costo total de las propuestas asciende a S/ 4,113.777.00 donde el 76.74% de este costo es de la implementación de TPM en el proceso de paletizado, que son instalaciones y capacitaciones de nuevos equipos automatizados, el 21.77% de

la mejora en el proceso de despaletizado de botellas vacías y el 1.49% del costo en la implementación de Poka Yoke en el proceso de empaçado.

Considerando una tasa de costo de oportunidad del 10% para la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing se obtuvo una tasa de retorno (TIR) de 13.80%, el cual indica que el proyecto es viable según el análisis de costos y ahorro proyectado, así mismo el periodo de retorno es de 4.45 años.

7.2. Recomendaciones

Para el inicio del proyecto TPM en el paletizado e ingreso de botellas vacías, tener personal en paralelo durante la implementación y producción de planta.

Capacitar al personal nuevo en paletizado y ordenadora de botellas durante el montaje de equipos y pruebas.

Realizar instructivos estándar de las operaciones críticas durante el inicio de manejo de nuevos equipos en paletizado y ordenadora de botellas.

Apoyarse en salud ocupacional para poder levantar los problemas médicos por lumbalgia o mala postura del personal ocasionada por actividades de paletizado y Despaletizado manual.

Realizar la matriz de habilidades de las nuevas funciones realizadas por personal nuevo en la implementación de TPM, así mismo en la nueva operación de Poka Yoke en el empaçado, finalizar con su capacitación in situ.

Tener como punto de partida la implementación de las 5 S en planta para poder desarrollar otras metodologías de herramientas de lean Manufacturing.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Muñoz, A. (2021). *Estudio de tiempos y su relación con la productividad*. Revista de Investigación en Ciencias de la Administración, 5, 40-54.
<https://www.mendeley.com/reference-manager/reader/706b86af-be3a-39ae-a53c-afeef7000991/6e2e3a56-12cb-528b-713e-36d133d9c8fa/>
- Fuentes, F. (2018). *Productividad*. Observatorio Económico, 4-5.
<https://www.mendeley.com/reference-manager/reader/4c69f758-1775-33df-9be7-4820ab9cd719/70ff8082-5538-bbe7-761e-75f8bf57b29a/>
- Canahua, N. (2021). *Implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia general de los equipos en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica*. Revista Industrial Data, 4, 49-76.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/18402>
- Gutiérrez J, Amado J, Palomino M, Arias J, (2022). *Resiliencia empresarial en la gestión de procesos y productividad*. Revista Dilemas Contemporáneos, 2, 1-18.
<https://dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/3159>
- Sánchez N, De la Cruz Y, (2020). *COVID 19 como factor en la aceleración de la automatización de los procesos de la Logística Portuaria en el Puerto del Callao – Perú*. Tesis de Pregrado en Administración de empresas de la Universidad Continental. Repositorio Institucional Continental.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9964/1/IV_FCE_315_TI_De_la_Cruz_Sanchez_2020.pdf
- Pajuelo, K. (2020). *Propuesta de implementación de herramientas de manufactura esbelta para mejorar el proceso crítico de una empresa manufacturera de neumáticos*. Tesis de Pregrado en Ingeniería Industrial de la UPC. Alicia concytec.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPC_b2db8e656abcf2580c8b57895f4e193d

- Gargurevich, A. (2020). *Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la empresa Molicentro Chepén S.A.C.* Tesis de Pregrado en Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo. Repositorio de la UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50185>
- Vicuña C, Zamora A, (2019). *Reducción de tiempos de preparación del área de prensa para la mejora de Producción en empresa de calzado.* Tesis de Pregrado en Ingeniería Industrial y Comercial de la Universidad San Ignacio de Loyola. Repositorio Institucional de la USIL. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/5da4c74c-9f9c-4a98-87ff-8272ad5fc7da>
- Díaz, C. (2018). *Aplicación de metodología SMED para reducir tiempos de cambio en formato de la línea de embotellado grupo bebidas refrigerantes S.A.* Tesis de Pregrado en Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15256#:~:text=Esta%20metodolog%C3%ADa%20cuenta%20con%20una,de%2022%20a%2020%20%C3%ADtems>.
- Llontop J, Viacava G, Málaga M, (2018). *Propuesta de mejora del proceso de producción en una planta embotelladora de productos de consumo masivo mediante técnicas Lean.* Tesis de Maestría en Dirección de Operaciones y Logística de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Repositorio académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624509?locale-attribute=es>
- Gonzales, E. (2020). *Aplicación del Lean Manufacturing por medio de la herramienta SMED en una prensa.* Tesis de Pregrado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Escuela Técnica Superior

de Ingeniería Industrial de Barcelona. Repositorio de la Universidad Politécnica de Catalunya.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/187456>

Lluglla, S. (2021). *Manufactura esbelta para la optimización de la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración*. Tesis de Maestría en Producción y Operaciones Industriales de la Universidad Técnica de Ambato de Ecuador. Repositorio digital de la UTA.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33295>

Vallés, J. (2022). *Mejora de la productividad en el área de inyección de piezas de plástico de la empresa Multiaccesorios M.G. mediante herramientas de manufactura esbelta*. Tesis de Pregrado en Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización de la Universidad Técnica de Ambato de Ecuador. Repositorio digital de la UTA.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34400>

Quinto, L. (2022). *Propuesta de implementación de herramientas lean Manufacturing para la mejora de la eficiencia y productividad en el área de mantenimiento de vehículos de la empresa Coransa S.A.* Tesis de Pregrado en ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil. Repositorio de la Universidad de Guayaquil.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/61113>

Chapuel, A. (2020). *Propuesta de mejoramiento de la productividad en el proceso mixer mediante la utilización de la filosofía lean Manufacturing, y sus herramientas TPM y 5'S*. Tesis de Pregrado en Ingeniero Industrial de la Universidad Antonio Nariño. Repositorio UAN.

<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/4687>

Infantes, S. (2018). *Implementación de las herramientas lean Manufacturing para mejorar la productividad en el proceso de polos deportivos de la empresa SOVIACORP S.A.C, Comas*, Tesis de Pregrado en Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35036>

- López, M. (2018). *Los procesos y la relación con el incremento de ventas en la empresa DISTRIFREDY*, Tesis de Pregrado en Ingeniería de Empresas de la Universidad Técnica De Ambato de Ecuador. *Repositorio digital de la UTA*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8055>
- Acosta O. (2019). *¿Cómo asegurar el control de calidad de bebidas en la industria alimentaria?*
<https://thefoodtech.com/columnistas/como-asegurar-el-control-de-calidad-de-bebidas-en-la-industria-alimentaria/>
- Mitsubishi Electric Automation, Inc.(2023). *Etiquetado*.
<https://mitsubishipackaging.es/soluciones-de-automatizacion/etiquetado/>
- García, G. (2022). *Innovan solución en empaque que reduce la huella de carbono*.
<https://thefoodtech.com/disenio-e-innovacion-para-empaque/innovan-solucion-en-empaque-que-reduce-la-huella-de-carbono/>
- Halbergman (2021). *Larga exposición de paquetes en cinta transportadora*.
https://www.istockphoto.com/es/foto/larga-exposici%C3%B3n-de-paquetes-en-cinta-transportadora-gm1351437617-427193765?utm_campaign=srp_photos_limitedresults&utm_content=http%3A%2F%2Fwww.pexels.com%2Fbuscar%2Fconveyor%2F&utm_medium=affiliate&utm_source=pexels&utm_term=conveyor
- Harkonen, E. (2021). *Concepto robótico de paletización y embalaje. Antecedentes industriales*.
<https://www.istockphoto.com/es/foto/concepto-rob%C3%B3tico-de-paletizaci%C3%B3n-y-embalaje-antecedentes-industriales-gm1313997119-402344854?phrase=palletizer>
- Baloncici (2020). *Cajas de paletizador*.
<https://www.istockphoto.com/es/foto/cajas-de-paletizador-gm1220337120-357290047?phrase=palletizer>
- Traktech (2020). *¿Cómo funciona un posicionador de botellas PET?*
<https://www.traktechsl.com/2020/07/16/como-funciona-posicionador-de-botellas-pet/>

Sidel (2022). Transporte de aire de envases vacíos.

<https://www.sidel.com/es/transporte/transporte-de-contenedor-lleno/transporte-de-aire-de-envases-vac%C3%ADos-pd-470#feature2>

Socconini, L. (2008). Lean Manufacturing Paso a Paso. Norma.

Madariaga, L. (2013). Lean Manufacturing. Bubok Publishing.

Kunio, S. (1992). TPM para mandos intermedios de fábrica. Productivity Press.

Tokutaro, S. (1996) TPM en industrias de proceso. Productivity Press.

Van Rooij, P. (2017) Lean Manufacturing Techniques. International Labour Organization.

Gutiérrez, H. (2009) Control estadístico de calidad y seis sigma. The McGraw Hill

Michael, G. (2003) Lean Six Sigma para servicios. The McGraw Hill.

Escobedo, E. (2021) Lean Six Sigma Green Belt. Marge Books.

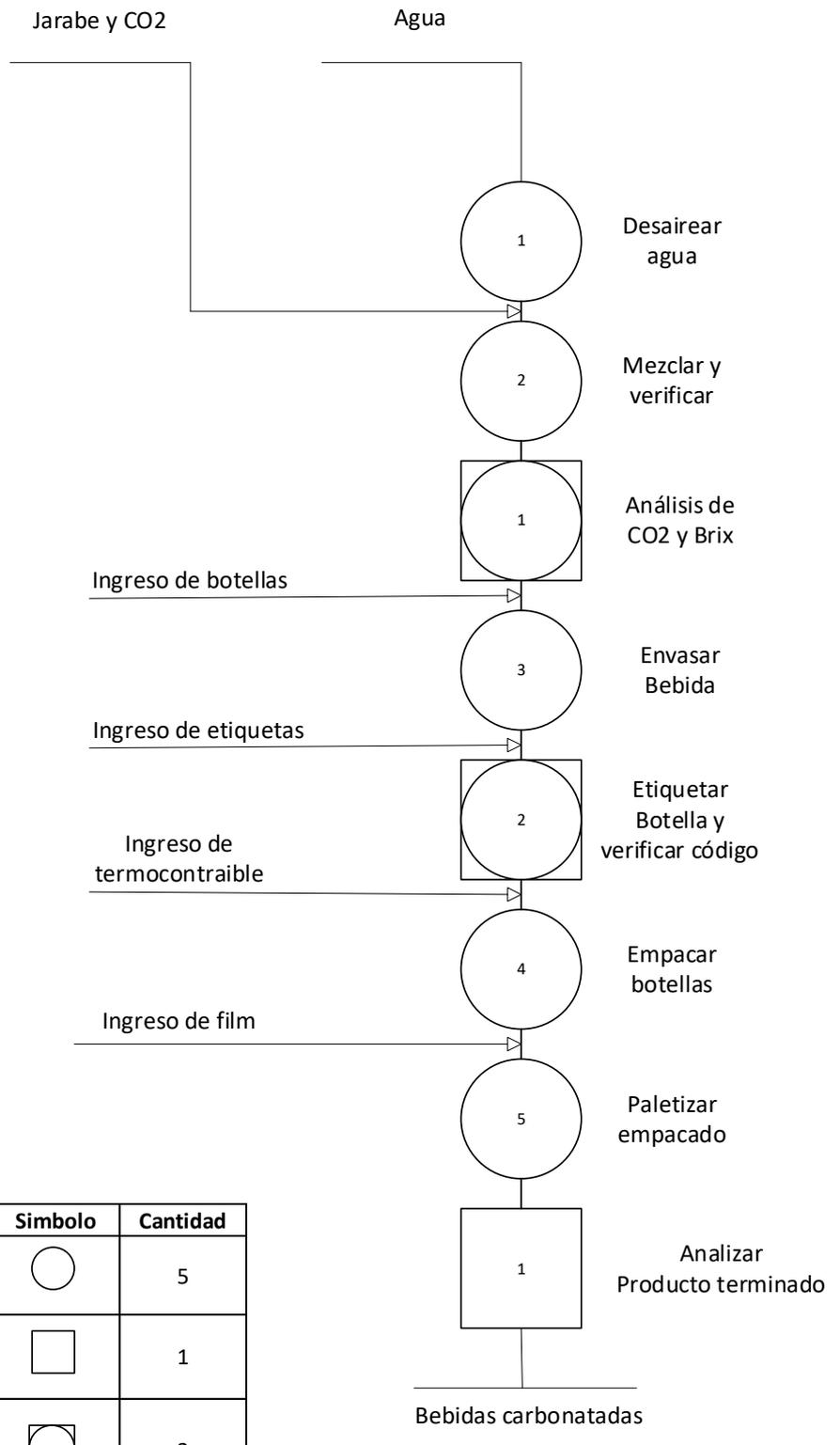
Cruelles, J. (2013) Productividad e incentivos. Alfaomega

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable
Problema general	Objetivo general	hipótesis general	Variable independiente
¿La propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing mejorara la productividad en el proceso de envasado de bebidas carbonatadas?	Proponer herramientas de lean Manufacturing para mejorar la productividad en el proceso de envasado de bebidas carbonatadas.	La propuesta de implementación de herramientas de lean Manufacturing mejorara la productividad en el proceso de envasado de bebidas carbonatadas.	Lean Manufacturing
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente
1. ¿El diagnóstico de la situación inicial determina los problemas críticos que afectan la productividad de la línea de envasado de bebidas carbonatadas?	1. Realizar un diagnóstico de la situación inicial para conocer los problemas críticos que afectan la productividad de la línea de envasado.	1. Realizar un diagnóstico de la situación inicial nos ayudara en conocer los problemas críticos que afectan la productividad de la línea de envasado.	Productividad
2. ¿Al incrementar la eficiencia de la línea de envasado de bebidas carbonatadas mejorara la productividad?	2. Aumentar la eficiencia de la línea para mejorar la productividad del proceso envasado de bebidas carbonatadas.	2. Aumentando la eficiencia de la línea de envasado mejorara la productividad.	
3. ¿El análisis de beneficio costo sustenta la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing?	3. Realizar un análisis de beneficio costo que sustente la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una línea de envasado de bebidas carbonatadas.	3. Realizar un análisis de costo beneficio sustentara la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing.	

Anexo 2: Diagrama de operaciones del proceso de envasado de bebidas carbonatadas



Resumen:

Eventos	Símbolo	Cantidad
Operación	○	5
Inspección	□	1
Operación / Inspección	◻	2

Anexo 3: Formato de registro de tema de mejora enfocada para el proceso de paletizado manual

Registro de tema de Mejora enfocada

Para: Gerencia de Planta
De: Grupo de Mejora enfocada

Fecha: 1-Jun
Tema: Propuesta de mejora ante la baja productividad por fallas en el paletizado manual

Tipo de pérdida: Perdidas por falla en proceso de paletizado
Duración: Junio a Diciembre 2023
Lider: Coordinador de Proyecto

Reuniones: 15:00 a 17:00 cada viernes

Lider: Coordinador de proyectos
Miembros: Coordinador de Proyectos
Jefe de Planta
Coordinador de producción
Coordinador de mantenimiento
Coordinador de calidad
Coordinador de Seguridad en el trabajo
Operador y auxiliar

Anexo 4: Formato de registro de tema de mejora enfocada para el proceso de Despaletizado manual de botellas vacías

Registro de tema de Mejora enfocada

Para:	Gerencia de Planta
De:	Grupo de Mejora enfocada
Fecha:	1-Ene
Tema:	Propuesta de mejora de productividad por eliminación de fallas en el despaletizado de botellas vacías
Tipo de pérdida:	Perdidas por falla en proceso de despaletizado de botellas vacías
Duración:	Enero a Mayo 2024
Lider:	Coordinador de Proyecto
Reuniones:	15:00 a 17:00 cada viernes
Lider:	Coordinador de proyectos
Miembros:	Coordinador de Proyectos Coordinador de producción Coordinador de mantenimiento Coordinador de calidad Operador

Anexo 5: Formato de registro de tema de mejora Poka Yoke para el proceso de empackado de botellas.

Registro de tema de Mejora Poka Yoke

Para: Gerencia de Planta
De: Grupo de Mejora continua

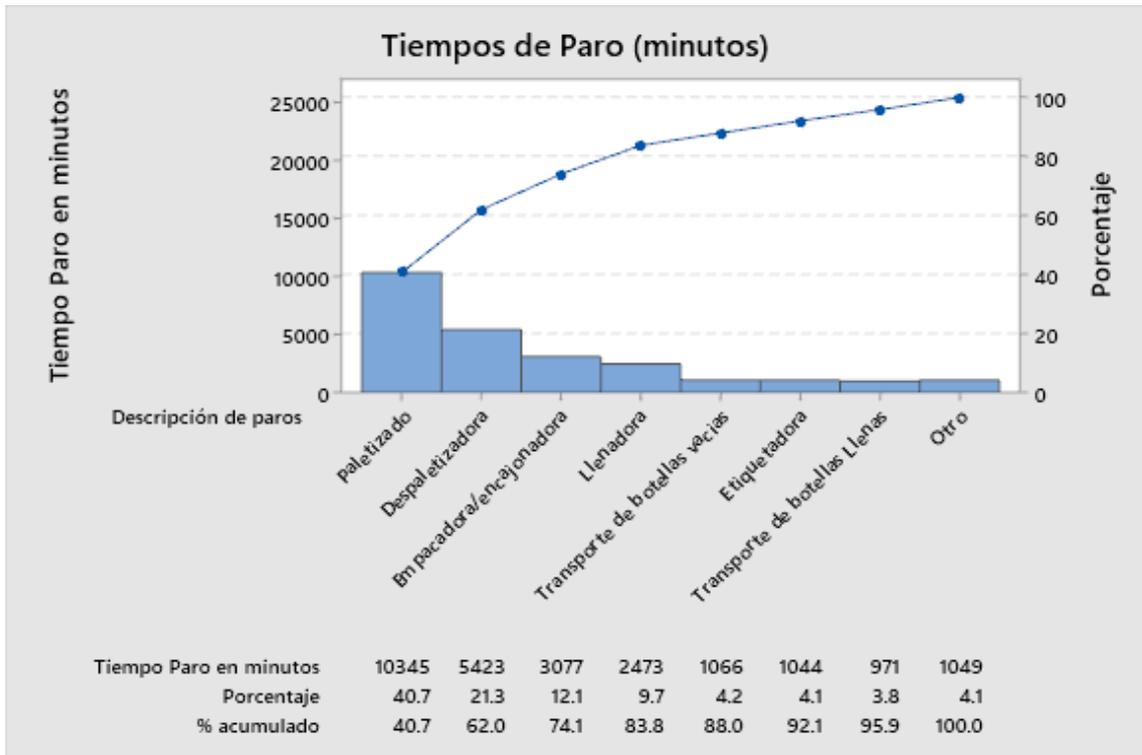
Fecha: 1-Jun
Tema: Propuesta de mejora por fallas en el proceso de empackado de botellas

Tipo de pérdida: Perdidas por falla en proceso de empackado
Duración: Junio a Setiembre 2024
Lider: Coordinador de Proyecto

Reuniones: 15:00 a 17:00 cada viernes

Lider: Coordinador de Proyectos
Miembros: Coordinador de Proyectos
Coordinador de producción
Coordinador de mantenimiento
Coordinador de calidad
Coordinador de Seguridad en el trabajo
Operador

Anexo 6: Diagrama de Pareto de tiempos de paro de la línea 01



Anexo 7: Demanda proyectada 2022

Linea	Demanda proyectada (paquetes)				
	2020	2021	2022	2020 - 2021	2021 - 2022
1	11330741	14152320	15368879	25%	9%
2	7320030	11831040	12532012	62%	6%
3	7445283	11236493	11391953	51%	1%
Total	26098074	37221874	39294866	43%	6%

Anexo 8: *Tiempo de paro por naturaleza*

Naturaleza de tiempo de paro	Tiempo total de paro	%
EXTERNA	6700	8%
MECANICOS	10611	13%
OPERACIONALES	25231	30%
PROGRAMADOS	41210	49%
Total general	83752	100%

Anexo 9: Detalle de ahorro por costo de mano de obra

Detalle	Colaboradores	Sueldo promedio mes	Costo anual de mano de obra
Situación actual	54	2200	S/ 1,782,000
TPM en paletizado manual	37	2200	S/ 1,221,000
TPM en Despaletizado manual	23	2200	S/ 759,000
Poka Yoke empacadora	23	2200	S/ 759,000

Anexo 10: Detalle de costo por tiempos improductivos

Puesto	Colaboradores	Sueldo promedio / Hr	Horas improductivas año	Costo improductivo Hr Ho/ año
Auxiliares de paletizado y despaletizado manual	42	10.6	1396	S/ 620,146
Operador de llenadora	4	10.6	1396	S/ 59,062
Operador de etiquetadora	4	10.6	1396	S/ 59,062
Operador de empacadora	4	10.6	1396	S/ 59,062
Total				S/ 797,331