

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA
PRODUCTORA DE ENVASES METÁLICOS –
TRUJILLO 2020”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Santos Andres Dioses Quinde
Susana Edelis Marquina Araujo

Asesor:

Mg. Enrique Martin Avendaño Delgado

<https://orcid.org/0000-0003-4403-0044>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Miguel Enrique Alcala Adrianzen	17904461
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Teodoro Alberto Geldres Marchena	18887273
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Carlos Enrique Mendoza Ocaña	17806063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ENVASES METÁLICOS – TRUJILLO 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	Patiño Calcaneo Daniel Demócrates. "Aplicación de metodología Lean manufacturing para una línea de producción en el sector automotriz", TESIUNAM, 2017 Publicación	1%

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre presente en nuestras vidas; por darnos la fortaleza para sobrellevar todas las dificultades y no dejarnos caer en el arduo camino hacia el logro de nuestros objetivos.

A nuestras familias, por ser el principal soporte en nuestro desarrollo profesional; su apoyo incondicional fue siempre fundamental en el cumplimiento de nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por brindarnos durante los años de formación profesional las herramientas necesarias para nuestro desarrollo personal y profesional.

A los docentes por compartir siempre sus conocimientos y su experiencia en cada materia de estudio desarrollada.

A nuestro asesor por ser nuestro principal guía en el desarrollo de esta investigación; gracias a su tiempo y dedicación lo que nos permitió concluir de forma satisfactoria.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	12
RESUMEN	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Antecedentes	20
1.3. Bases Teóricas:	23
1.3.1. Lean Manufacturing:	23
1.3.2. Productividad:	37
1.4. Definición de Términos:	40
1.5. Formulación del problema	41
1.6. Objetivos	41
1.6.1. Objetivo general	41
1.6.2. Objetivos específicos	41
1.7. Hipótesis	42
1.8. Variables:	42
1.8.1. Variable independiente:	42

1.8.2. Variable dependiente:	43
1.9. Operacionalización de Variables	44
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	45
2.1. Tipo de investigación	45
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	46
2.2.1. Población:	46
2.2.2. Muestra:	46
2.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos:	47
2.3. Procedimiento	50
2.3.1. Generalidades de la Empresa:	51
2.3.2. Misión:	52
2.3.3. Visión:	52
2.3.4. Organigrama:	52
2.3.5. Descripción del proceso de producción:	53
2.3.6. Tipo de producto que se fabrica:	60
2.3.7. Productividad antes de la implementación:	61
2.3.7.4. Productividad antes de la implementación:	75
2.4. Diagnóstico de problemáticas principales:	75
2.4.1. Diagrama de Ishikawa:	76
2.4.2. Matriz de Priorización de las Causas Raíz:	77
2.4.3. Diagrama de Pareto	78
2.4.4. Matriz de Indicadores	79
2.5. Aspectos éticos	81
CAPÍTULO III: RESULTADOS	82
3.1. Descripción de Causas Raíz:	82
3.2. Monetización de pérdidas:	83

3.2.1. Monetización de pérdidas por paradas no programadas:	84
3.2.2. Monetización de pérdidas por productos no conformes:	86
3.3. Propuesta de Mejora:	86
3.3.1. Implementación de 5'S:	86
3.3.2. Implementación de Mantenimiento Productivo Total:	97
3.3.3. Implementación de Matriz de Autocalidad (MAQ):	119
3.3.4. Estandarización de procesos:	123
3.3.5. Plan de Capacitación:	126
3.4. Productividad después de la implementación:	130
3.4.1. Causas Críticas relacionadas a las paradas no programadas después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing:	134
3.4.2. Eficiencia:	136
3.4.3. Eficacia:	137
3.4.4. Productividad ´después de la implementación	137
3.4.5. Comparación de productividad antes y después de la implementación:	138
3.5. Evaluación Económica de la Implementación:	139
3.5.1. Ahorro por reducción de desperdicio:	139
3.5.2. Inversión	141
3.5.3. Flujo de Caja:	145
3.5.4. Cálculo de Costo Oportunidad de Capital (COK)	146
3.5.5. VAN:	148
3.5.6. TIR:	149
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	150
4.1. Discusión de resultados:	150
4.2. Conclusiones:	162
REFERENCIAS	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Pérdidas económicas por desperdicios en la producción de envases metálicos Enero – Diciembre (2019)	19
Tabla 2 Estándares de Producción	29
Tabla 3 Seis grandes pérdidas de los equipos	31
Tabla 4 Total de envases metálicos producidos según línea de producción en el año 2019	46
Tabla 5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	49
Tabla 6 Ficha de registro de datos para cálculo de productividad	62
Tabla 7 Paradas no Programadas según causa crítica	67
Tabla 8 Eficiencia antes de la implementación de las herramientas Lean en la empresa.....	71
Tabla 9 Eficacia antes de la implementación de herramientas lean en la empresa.....	74
Tabla 10 Productividad antes de la implementación	75
Tabla 11 Priorización de Causas Raíz	77
Tabla 12 Matriz de indicadores	79
Tabla 13 Descripción de causas raíz	82
Tabla 14 Total de pérdidas económicas por causa raíz	84
Tabla 15 Envases que se dejan de producir por paradas no programadas.....	85
Tabla 16 Pérdidas económicas por paradas no programadas	85
Tabla 17 Pérdidas económicas por productos no conformes	86
Tabla 18 Asignación de responsabilidades de limpieza	90
Tabla 19 Plan de Capacitación metodología 5'S	93
Tabla 20 Cronograma para la implementación de Metodología 5'S	94
Tabla 21 Criterios para medición en las auditorías	96
Tabla 22 Inversión por implementación de 5'S.....	96

Tabla 23	Plan de limpieza y lubricación de máquina cortadora	100
Tabla 24	Identificación de fuentes de contaminación de máquina cortadora	101
Tabla 25	Plan de limpieza y lubricación de máquina soldadora.....	103
Tabla 26	Identificación de fuentes de contaminación de máquina soldadora.....	104
Tabla 27	Plan de limpieza y lubricación de máquina pestañadora	106
Tabla 28	Identificación de fuentes de contaminación de máquina pestañadora	107
Tabla 29	Plan de limpieza y lubricación de máquina anilladora	109
Tabla 30	Identificación de fuentes de contaminación de máquina anilladora	109
Tabla 31	Plan de limpieza y lubricación de máquina cerradora	112
Tabla 32	Identificación de fuentes de contaminación de máquina cerradora	112
Tabla 33	Plan de limpieza y lubricación de máquina téster	115
Tabla 34	Plan de limpieza y lubricación de máquina de paletizado.....	117
Tabla 35	Identificación de fuentes de contaminación de máquina de paletizado.....	117
Tabla 36	Inversión única por TPM	118
Tabla 37	Inversión anual por TPM	119
Tabla 39	Inversión generada por el plan de capacitaciones	129
Tabla 40	Registro de datos después de la implementación.....	130
Tabla 41	Paradas no programadas por causa crítica	134
Tabla 42	Paradas no programadas después de la implementación.....	136
Tabla 43	Eficiencia después de la implementación	136
Tabla 44	Eficacia después de la implementación.....	137
Tabla 45	Productividad luego de la implementación.....	137
Tabla 46	Comparación de productividad antes y después de la implementación	138
Tabla 47	Proyección de Paradas no programadas sin implementación	139
Tabla 48	Ahorro en reducción de paradas no programadas	140
Tabla 49	Proyección de productos no conformes sin la implementación	140
Tabla 50	Ahorro en productos no conformes	141
Tabla 51	Ahorro por implementación de Herramientas Lean Manufacturing	141
Tabla 52	Inversión por Plan de Capacitación	142

Tabla 53	Inversión única por implementación de TPM	142
Tabla 54	Inversión anual por implementación de TPM	143
Tabla 55	Inversión por implementación de 5'S.....	143
Tabla 56	Resumen de Inversión por implementación de herramientas Lean Manufacturingg	144
Tabla 57	Flujo de Caja	145
Tabla 58	Valores para el cálculo de COK.....	147
Tabla 59	Valores para COK (S/.)	148
Tabla 60	Valor Actual Neto	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principios Lean Manufacturing	24
Figura 2 Desperdicios Lean	26
Figura 3 Metodología 5'S	28
Figura 4 Esquema de componentes del OEE.....	34
Figura 5 Matriz de Autocalidad.....	36
Figura 6 Productividad y sus componentes	38
Figura 7 Producción de envases metálicos por línea de producción en el año 2019	47
Figura 8 Organigrama de la empresa en estudio	53
Figura 9 Estaciones de trabajo en la línea 07	54
Figura 10 Diagrama de producción de la línea 07.....	57
Figura 11 Diagrama SIPOC.....	59
Figura 12 Esquema de producción de envases metálicos.....	60
Figura 13 Esquema de envase metálico.....	61
Figura 14 Tiempo total disponible para la producción de la línea 07	72
Figura 15 Tiempo total disponible para la producción de la línea 07	73
Figura 16 Envases producidos por la línea 07	74
Figura 17 Diagrama de Ishikawa de la baja productividad de la empresa	76
Figura 18 Diagrama de Pareto para la priorización de las causas.....	78
Figura 19 Limpieza estación de corte.....	87
Figura 20 Orden en pared de máquinas	87
Figura 21 Ordenamiento en pasillo de producción.....	88
Figura 22 Implementación de panel de siluetas para herramientas.....	89
Figura 23 Implementación de módulos de limpieza	90

Figura 24	Estructura del equipo TPM	98
Figura 25	Identificación de anomalías máquina cortadora	99
Figura 26	Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de cortadora	100
Figura 27	Mejora de accesos de punto de inspección de máquina cortadora	101
Figura 28	Estándares de limpieza e inspección de máquina cortadora.....	102
Figura 29	Identificación de anomalías máquina soldadora	102
Figura 30	Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de soldadora.....	103
Figura 31	Mejora de accesos de punto de inspección de máquina soldadora.....	104
Figura 32	Estándares de limpieza e inspección de máquina soldadora	105
Figura 33	Identificación de anomalías máquina pestañadora	105
Figura 34	Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de pestañadora	106
Figura 35	Estándares de limpieza e inspección de máquina pestañadora	107
Figura 36	Identificación de anomalías máquina anilladora	108
Figura 37	Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de anilladora	108
Figura 38	Mejora de accesos de punto de inspección de máquina anilladora	110
Figura 39	Estándares de limpieza e inspección de máquina anilladora.....	110
Figura 40	Identificación de anomalías máquina cerradora.....	111
Figura 41	Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de cerradora.....	111
Figura 42	Mejora de accesos de punto de inspección de máquina cerradora	113
Figura 43	Estándares de limpieza e inspección de máquina cerradora.....	113
Figura 44	Identificación de anomalías máquina téster.....	114
Figura 45	Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de téster.....	114
Figura 46	Estándares de limpieza e inspección de máquina téster	115
Figura 47	Identificación de anomalías máquina de paletizado	116
Figura 48	Mapa visual de puntos de limpieza de máquina de paletizado	116
Figura 49	Estándares de limpieza e inspección de máquina de paletizado	118
Figura 50	Matriz de Autocalidad.....	120
Figura 51	Hoja de Registro de Defectos	121
Figura 51	Guía Visual de Defectos	122

Figura 53 Procedimiento para la alimentación manual a la soldadora	124
Figura 54 Procedimiento para la alimentación manual a la cerradora.....	125
Figura 55 Plan de capacitación dirigido a superintendente, y supervisores	127
Figura 56 Plan de capacitación dirigido a operadores	128
Figura 57 Productividad antes y después de la implementación	138
Figura 58 Personal Capacitado Antes y Después de la implementación	154
Figura 59 Productos No Conformes antes y después de la implementación	155
Figura 60 Paradas no programadas por descalibración de téster por exceso de productos no conformes	156
Figura 61 Paradas no programadas por fallas en las máquinas	157
Figura 62 Paradas No Programadas antes y después de la implementación	158
Figura 63 Mantenimientos Preventivos Ejecutados antes y después de la implementación.....	159
Figura 64 Área Ordenada y Limpia antes y después de la implementación.....	160
Figura 65 Errores del operario que generan paradas no programadas antes y después de la implementación	161

RESUMEN

En el año 2019 en la empresa en estudio se dejaron de producir y/o vender un total de 6837575 envases metálicos, lo que representa para la empresa una pérdida económica de \$ 1, 709,393.75; es por esto que la presente investigación tiene por objetivo la implementación de lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa. Para el diagnóstico de la problemática; se realizó una entrevista al jefe de operaciones y una encuesta a los colaboradores de la línea 07 de producción; encontrando que la baja productividad de la empresa se debía a una falta de capacitación al personal, a un exceso de productos no conformes, a paradas no programadas por averías en las máquinas, a una falta de limpieza y orden y a errores cometidos por los operarios. Por otro lado; a través de la revisión documental se encontró un eficiencia de 68.25% y una eficacia de 99.28%; haciendo una productividad inicial de 67.76%. Se determinó la implementación de la metodología 5'S, el Mantenimiento Productivo Total, Estandarización de Procesos, Matriz de Autocalidad y Plan de capacitaciones; obteniendo con las mejoras una eficiencia de 90.92% y una eficacia de 99.87% con un incremento de la productividad de 23.04 puntos porcentuales.

PALABRAS CLAVES: Lean Manufacturing, Manufactura Esbelta, Productividad, Envases Metálicos

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, la tendencia del uso de envases metálicos es ascendente; ya que a pesar de que muchos tipos y materiales de empaques han incursionado en el mercado, los empacadores han volteado sus ojos a la importancia de mantener seguro el producto por más tiempo en diversas circunstancias, además de transmitir al consumidor una imagen favorable con el medio ambiente debido a la reciclabilidad del envase. (Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos. [CANAFEM], 2017)

De acuerdo con el artículo “El Futuro de los Envases y Revestimientos Metálicos al 2023” (The Future of Metal Packaging and Coatings to 2023), el mercado global de envases y recubrimientos de metal estuvo valorado en casi \$ 105.5 mil millones en el año 2018. Se prevé que el valor total aumente en 1.6% año a año hasta 2023, elevando el valor general a \$ 114.4 mil millones; gran parte de esta cifra puede atribuirse a las latas de bebidas que continúan dominando el mercado, con una participación de casi el 45%. (Smithers 2019, citado por Tecnobebidas, 2019)

El sector de envases y embalajes en el Perú representa el 2% del Producto Bruto Interno (PBI), según un cálculo hecho hasta el año 2018, por el presidente del Instituto Peruano de Envases y Embajales. (Carrasco, 2019). Así mismo, la producción de estos bienes creció entre 5% y 6% en el año 2018. Este crecimiento viene sosteniéndose en los últimos años, debido a que cada vez más productos alimentarios son comercializados con envases o embalajes, mientras antes la venta se hacía a granel. (Rosales, 2019)

Por otro lado, el Centro de Comercio Exterior (CCEX) de la Cámara de Comercio de Lima (CCL) informó que, en el primer trimestre del año 2018, la industria peruana del sector envases y embalajes exportó por un valor de US\$ 97 millones, registrando un crecimiento de 21% respecto al mismo período del 2017; el principal destino fue Bolivia, cuyo valor de envíos superó los US\$ 58 millones en el 2017, seguido de Colombia (US\$ 55 millones), Chile (US\$ 52 millones) y Estados Unidos (US\$ 42 millones). (MAXIMIXE, 2018)

Por este crecimiento sostenido de esta industria a lo largo de los años, las empresas enfrentan el desafío de identificar e implantar nuevas técnicas organizacionales y de producción que les permitan competir en un mercado globalizado. (Favela et al, 2019, p. 115). El modelo de fabricación esbelta constituye una alternativa consolidada y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración por toda empresa que pretenda ser competitiva. (Lopes de Sousa et al., 2012, citado por Favela et al, 2019, p. 120).

El Lean Manufacturing es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción que busca la mejora continua a través de minimizar el desperdicio considerado este último como toda actividad que no agrega valor al proceso. (Pérez Rave et al., 2011 citado por Sarria et al., 2017, p. 53). Estos desperdicios, tales como, errores que requieren retrabajo, artículos para producción no requeridos que se acumulan en inventarios, etapas dentro del proceso que no son necesarias, movimiento de empleados y transportes de materia prima de un lugar a otro sin propósito, paradas no programadas por falta de mantenimiento, entre otros, representan el mal de todo proceso; ya que absorben recursos pero no crean valor; representando pérdidas económicas para la empresa. (Tapia et al., 2017, p. 171)

De acuerdo con Delgado et al. (2010) citado por Favela et al. (2019), muchas compañías han incrementado su rendimiento a través del desarrollo de la metodología Lean Manufacturing debido a que se muestra un fuerte apoyo para aumentar el desempeño de la compañía en términos de mejor calidad y productividad. (p. 117)

En términos organizacionales, la productividad es entendida como la relación existente de entregables, sean estos tangibles o intangibles, frente a la cantidad y calidad de los insumos utilizados en el proceso productivo en un tiempo determinado. (Tamayo y García 2014, p.73). Podríamos decir entonces que la única forma en que una empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad.

En el caso de la evaluación de la productividad de las organizaciones, el propósito es gestionar más eficiente y eficazmente sus procesos; en este sentido, las empresas implementan diferentes técnicas y metodologías, entre ellas, la manufactura esbelta. En un estudio realizado por Favela et al (2019); se determinó que las herramientas lean mayormente utilizadas en el sector industrial para incrementar la productividad fueron 5'S, TPM, JIT, Kaizen, SMED, KANBAN y VSM. (p. 128)

La empresa en estudio, dedicada al rubro de producción y comercialización de envases metálicos, evidencia la presencia de grandes cantidades de desperdicios en su proceso productivo, sobre todo en la línea 07 de producción. Estos desperdicios se ven reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 1

*Pérdidas económicas por desperdicios en la producción de envases metálicos Enero –
 Diciembre (2019)*

Producción Real (und)	Producción Programada (und)	Desperdicios (und)	Precio Venta/und	Pérdidas (\$)
10769665	17607240	6837575	\$ 0.25	\$ 1,709,393.75

La producción programada es la cantidad de envases programados para su producción, considerando las horas máquina disponibles y la velocidad de producción; mientras que la producción real representa la cantidad producida sin contar los productos defectuosos y los productos que se dejaron de producir por paradas no programadas en las máquinas. Este análisis revela que en el periodo 2019, se dejaron de producir y/o vender un total de 6837575 envases, lo que representa para la empresa una pérdida económica de \$ 1,709,393.75 (el precio de venta unitario por envase es de 0.25 dólares).

Se ha podido observar, que las principales causas que generan estos desperdicios están relacionadas a la presencia de productos no conformes, las paradas no programadas de las máquinas por averías y la falta de estandarización de algunos procesos; por tanto, la presente investigación busca mediante la implementación de las herramientas de lean manufacturing, incrementar la productividad de la organización, optimizando sus procesos productivos y por tanto maximizando su rentabilidad.

1.2. Antecedentes

En el trabajo de investigación para optar el grado de Magíster en Administración y Dirección de empresas titulado “*Incremento de la productividad, motivación y capacidad de planta en Apex Tool Group, utilizando metodología lean manufacturing*”, publicada por la Universidad Autónoma de Occidente en el año 2014 en Colombia, los autores Ruiz C & Ruiz J, tuvieron como objetivo aumentar la productividad y reducir los desperdicios en la empresa fabricante de herramientas mediante lean manufacturing. Dentro de la problemática se identificó la falta de procesos estandarizados, elevado tiempo de paradas no programadas, así como falta de orden y limpieza en las áreas de producción. Las herramientas lean que se implementaron fueron 5’S, Mantenimiento Productivo Total (TPM), Kanban y Estandarización de procesos. Con esto, se logró reducir el tiempo de paradas de máquinas en un 38%, se redujo el inventario en un 33% y se obtuvo un incremento de la eficiencia en 10%

En la tesis para optar por el título profesional de ingeniero industrial y de procesos, titulada *Diseño e implementación de un sistema de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) para la empresa NIKOS S.C., en el periodo 2012*, publicada por la Universidad Tecnológica Equinoccial en Ecuador en el año 2013; el autor Jaramillo D, plantea como objetivo, implementar las herramientas de Lean Manufacturing más idóneas a la realidad de la empresa del sector metalmecánico para mejorar los procesos de producción. La investigación mediante la implementación de las 5’S, TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Control visual; permitió un incremento en la utilidad total al mes de 4.396,80 dólares, un incremento en la productividad del 12% mientras que el OEE se incrementó en 26,86%; aumentando el rendimiento en un 15.44%, la disponibilidad en un 3.43% y la calidad en un 19.18%

En la tesis para optar por el título profesional de ingeniero industrial, titulada *Propuesta de mejora en el proceso de producción de latas de 1 y 1/4 gal de capacidad para aumentar la productividad de una empresa de la industria metalmecánica*, publicada por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en el año 2011; el autor Nestares R, tuvo como objetivo disminuir el número de productos no conformes mediante la aplicación de herramientas lean manufacturing en el proceso de producción de envases de hojalata en la empresa Enmetal S.A.C. Dentro del análisis del proceso productivo, se identificó como principal problema un elevado número de productos defectuosos (21% de productos no conformes en el formato de 1 gal y 10.58% en el formato 1/4 gal); adicionalmente se observó una sobreproducción en la fabricación de orejas y tapas y un elevado tiempo de paradas no programadas por traslados y movimientos innecesarios. Se aplicó la herramienta de VSM para realizar un diagnóstico del proceso productivo; mientras que para la propuesta de mejora se desarrollaron las herramientas Kaizen con la finalidad de reducir los tiempos en el traslado de materiales en un 50%; además de mejorar la metodología de trabajo a través de la implementación de un dosificador de unguento y de un instructivo con el objetivo de estandarizar los procesos. Finalmente se implementó la herramienta 5'S como herramienta de control y la metodología JIT. Con esto se logró reducir el número de productos defectuosos en un 30%, incrementando la productividad de la empresa en un 33%.

En la tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial, titulada *Modelo Lean Manufacturing de la gestión de la producción bajo un enfoque de gestión del cambio para la mejora de la productividad en una empresa dedicada a la manufactura*, publicada por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en el año 2020; los autores Gonzales, H & Rocha, B., tuvieron como objetivo implementar herramientas lean en una empresa fabricante de envases metálicos con la finalidad de incrementar la productividad. La

problemática identificada fue que el tiempo de paradas en el área de litografía excedía al tiempo de producción; además de ser el área de menor productividad. Dentro de las mejoras implementadas se encuentra el SMED, logrando disminuir el tiempo de set-up de la prensa offset en 43 minutos, es decir, en un 25.40 %; así mismo la herramienta 5'S logró obtener un porcentaje de área organizada de 80%. Aumentando en un 37% el valor del indicador con el que se encontró la empresa. En conclusión se logró aumentar la productividad en 23%.

En la tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial titulada "*Aplicación de herramientas del Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el proceso de corte de acero de la empresa metalmecánica Fiansa S.A., Lurigancho, 2017*", publicada por la Universidad César Vallejo en Perú en el año 2017. El autor Cárdenas S, tuvo como objetivo implementar las herramientas lean con la finalidad de disminuir los desperdicios generados en el proceso de corte de acero de la empresa en estudio. Dentro de las causas que generaba la problemática, se lograron identificar la cantidad de horas improductivas, la entrega de lotes incompletos y la cantidad de paradas no programadas, todo ello impactando en la eficacia y la eficiencia del proceso. La implementación de herramientas lean como el SMED, el Kanban y el control del desperdicio de la materia prima lograron incrementar la eficacia en un 18%; mientras que la eficiencia mejoró en un 15.6%. En conclusión, la productividad mejoró en un 28.5%.

En la tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial titulada "*Aplicación de herramientas de lean manufacturing para mejorar la productividad de la línea de producción de envasados de lubricantes de la empresa Vistony, Ancón, 2017*", publicada por la Universidad César Vallejo en el año 2017. El autor Sotelo L, tuvo como objetivo principal implementar las herramientas lean para incrementar la productividad de la empresa del sector industrial. Dentro de la problemática encontrada se identificaron la falta de

estandarización de tiempos de los procesos, pérdida de material por derrames, falta de capacitación del personal, parada de máquinas por derrames, presencia de polvo, ruido y olores fuertes, métodos de trabajo no adecuados y falta de procedimiento de las operaciones. Las herramientas Lean que se implementaron en la investigación fueron la metodología 5'S y la Estandarización, logrando incrementar la eficiencia del proceso de producción en un 14%; mientras que la eficacia mejoró en un 11%.

1.3. Bases Teóricas:

1.3.1. Lean Manufacturing:

La manufactura esbelta es una filosofía de gestión que ha tenido un alto impacto en muchas organizaciones líderes en el mundo porque se ha enfocado a eliminar las actividades que no agregan valor al producto y a evidenciar lo valioso que es el hecho de que el trabajo fluya. (Gutiérrez, 2013, p. 96)

Para Hernández y Vizán (2013), esta filosofía de trabajo está basada en las personas y define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación. (p. 10)

1.3.1.1.Principios de Lean Manufacturing

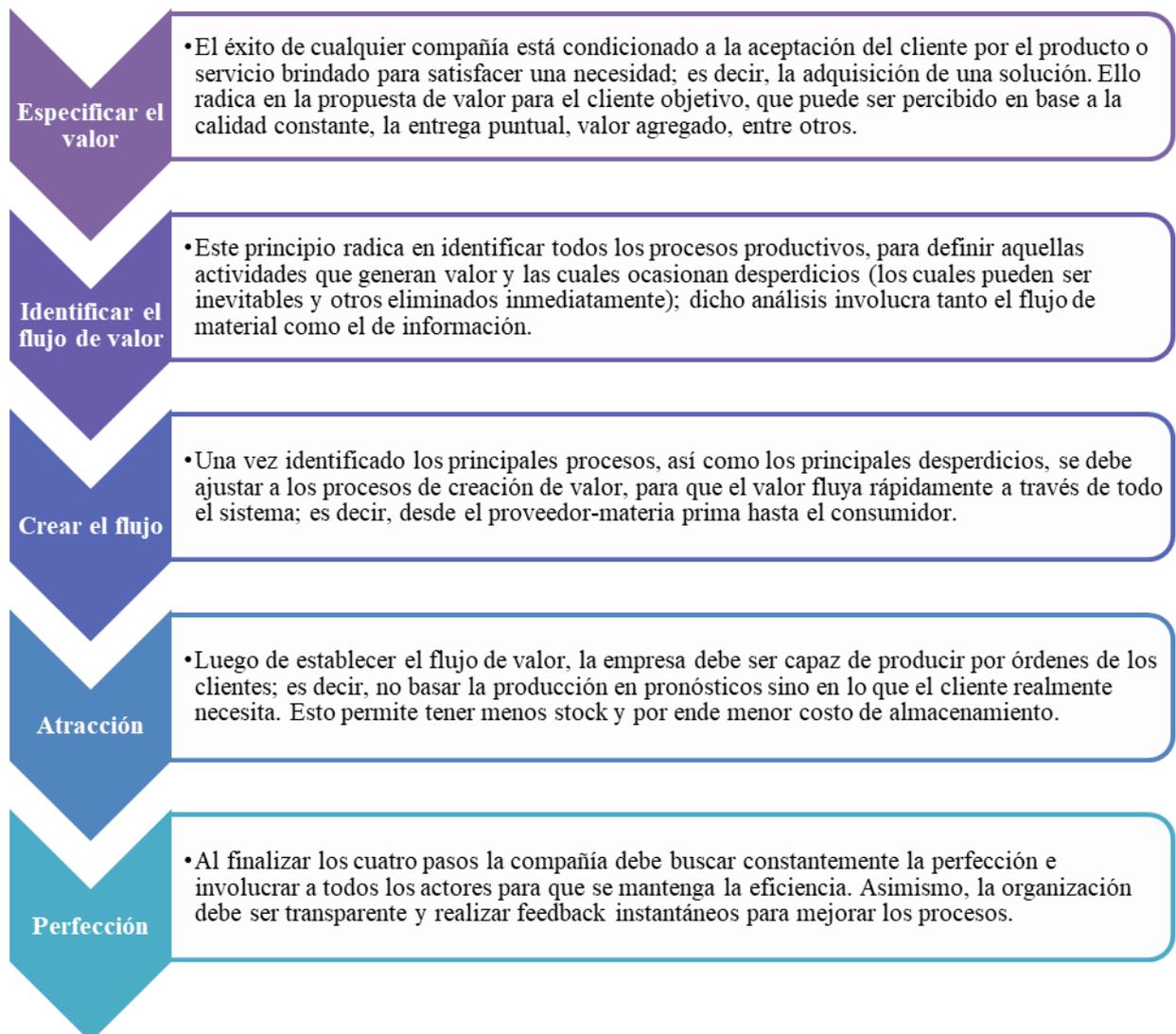
El principal objetivo de la Manufactura Esbelta es crear flujo de valor, ello implica implantar un sistema que opere bajo los pedidos de clientes y a su nivel de demanda, de

forma ágil, flexible y económica, eliminando aquellas operaciones que no generen valor.

Este pensamiento, según los autores Womack y Jones (2005), se sustenta en cinco principios fundamentales (pp. 19)

Figura 1

Principios Lean Manufacturing



Nota: Adaptado de principios Lean Manufacturing por Womack y Jones, 2005. Lean Thinking. Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa https://www.academia.edu/34563325/James_P_Womack_Lean_Thinking

1.3.1.2. Desperdicios o despilfarro

Womack y Jones (2005) definen al despilfarro o muda como toda actividad que consume recursos sin crear ningún valor; tales como errores que necesitan rectificación, producción de ítems que nadie desea y se mantienen apilados en los inventarios, pasos en los procesos que no son necesarios, movimiento de personal o de transporte de materiales sin ningún objetivo, grupos de personas esperando en una estación de trabajo debido a que la estación anterior no terminó a tiempo. Estas actividades pueden ser fallos que necesiten rectificación, fabricación de piezas no deseados, lo que conlleva al acumulo de inventario y piezas sobrantes, pasos en el proceso no necesarios, movimientos de trabajadores, transporte de productos sin ningún propósito; y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades de los clientes. (p. 25)

El despilfarro o desperdicio es todo aquello que no es absolutamente esencial para fabricar un producto. El reconocimiento de los desperdicios de cada empresa debe ser el primer paso para la selección de las técnicas más adecuadas. El firme convencimiento de la existencia de multitud de desperdicios en la empresa ayudará a la hora de diagnosticar el sistema y aplicar las medidas más eficientes. (Hernández y Vizán, 2013, p. 22)

Toyota clasifica en 7 grandes grupos los desperdicios o mudas (Socconini, 2019) como se observa en la siguiente figura. (pp. 33 – 41)

Figura 2

Desperdicios Lean

Desperdicio por Sobreproducción:

- Conocido también como Overproduction, el cual es ocasionado por procesar artículos en gran cantidad en un tiempo temprano; es decir, producir cantidades mayores a la demandada por el cliente. En algunas ocasiones se realiza esto con la finalidad de conseguir economías de escala, pero a la vez se crea un falso incremento de la productividad, ya que ello no genera valor al producto; lo que trae como consecuencia incremento en costos por exceso de personal, almacenamiento, transporte debido al exceso de inventarios.

Desperdicio por Tiempo de espera:

- Ocurre cuando los operarios y máquinas se mantienen inactivas, debido a la espera por información, averías en las máquinas, materiales errados, entre otros.

Desperdicio por Sobre – procesamiento o Procesos inapropiados:

- Se ocasiona cuando la empresa consume más recursos de los necesarios en un tiempo mayor. Esto puede ser ocasionado por el uso inadecuado de métodos de trabajo, lo que genera que las tareas se dupliquen o que sean innecesarias; también, cuando se utilizan más recursos de los necesarios; es decir, se imponen niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente.

Desperdicio por Transporte:

- Son los movimientos innecesarios tanto de personas como de componentes, como materiales, partes y productos terminados, entre las diferentes etapas del proceso productivo.

Desperdicio por inventarios innecesarios:

- Ocurre cuando la compañía mantiene bienes materiales en exceso, ya sea que almacena materia prima, productos en proceso o productos terminados. En muchas ocasiones las ventas caóticas permiten que se incremente los inventarios para protección; sin embargo, tener en almacén a esto productos puede generar que los tiempos de reposición largos (por parte del proveedor), deterioro de bienes, incremento de los costos de almacenamiento y mantenimiento, no creando valor alguno al producto.

Desperdicio por defectos:

- Ocasionado por la repetición y corrección de procesos, o reproceso de productos. Esto es ocasionado, por no realizar correctamente las operaciones a la primera, generando costos adicionales tanto de tiempo como la eliminación de residuos.

Desperdicio por movimientos innecesarios:

- Son todos los movimientos que realizan los operarios para generar valor al producto o servicio. Lo primordial en este punto, radica en disminuir los movimientos del operario fuera de su área de trabajo, manteniendo a su alcance todas las herramientas y piezas.

Nota: Adaptado de Desperdicios Lena por Socconini, 2019. Lean Manufacturing. Paso a paso. https://www.academia.edu/40610819/Lean_Manufacturing_Paso_A_Paso_Luis_Socconini_pdf

1.3.1.3. Herramientas Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños.

Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. Su aplicación debe ser objeto de un diagnóstico previo que establezca la hoja de ruta idónea. (Hernández y Vizán, 2013, p. 34)

El número de técnicas es muy elevado; por tanto, en este trabajo, desarrollaremos las técnicas que se ajustan a esta investigación.

- **Las 5 S:**

La herramienta 5S corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. (Hernández y Vizán, 2013, p. 36)

Para Hernández y Vizán (2013), su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma (pp. 36-37).

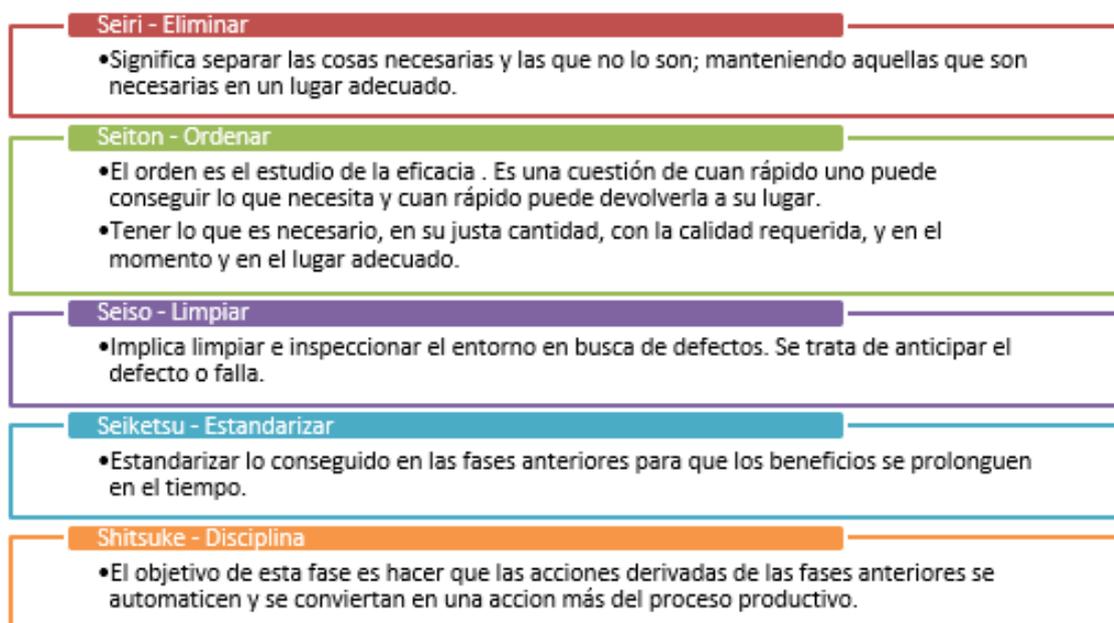
- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.

- Falta de espacio en general.

Esta herramienta se resume en la implementación de cinco fases descritas en la figura 03 (Rajadell M & Sánchez J, 2010, pp. 50-64)

Figura 3

Metodología 5'S



- **Estandarización:**

La estandarización en el entorno de fabricación japonés, se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta del éxito de su sistema. Partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas; a continuación se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: “Un estándar se crea para mejorarlo”. (Hernández y Vizán, 2013. pp 45-46)

Los estándares afectan a todos los procesos de la empresa, de manera que donde exista el uso de personas, materiales, máquinas, métodos, mediciones e información (5M +1I) debe existir un estándar. Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes:

- Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.
- Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
- Garantizar su cumplimiento.
- Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.

Hernández y Vizán (2013), expone una aproximación a los estándares de producción más importantes detallados en la siguiente tabla: (p. 45).

Tabla 2

Estándares de Producción

ESTANDARIZACIÓN LEAN

Estandarización para el control de calidad:

- Inspección de proceso.
- Comprobación de herramientas de corte.
- Análisis de problemas.
- Operaciones estándares.
- Estándares de seguimiento y análisis de defectos mediante herramientas de control de calidad.

Estandarización para la gestión de equipos

- Procedimientos de inspección de equipo.
- Análisis de averías.
- Gestión visual de mantenimiento.
- Procedimientos de intervención de mantenimiento.
- Programas de mantenimiento general.

Estandarización para la gestión de operaciones y oficina técnica

- Análisis de operaciones para establecimiento de análisis de tiempos.
- Procedimientos de detección de despilfarros.
- Acciones de mejora continua.

- Procedimientos de definición de operaciones y procesos (hojas, gráficos, diagramas, etc.).
- Especificaciones de equipos con datos de capacidad.
- Preparación de utillaje y herramientas.
- Tiempos estándares.

Estandarización para la gestión de control de la producción

- Seguimiento de trabajo y órdenes de producción (programas diarios de producción).
- Seguimiento de averías e interrupciones de máquina.
- Paneles de información visual de planificación.
- Progreso de los procesos y estado de la planta.

Nota: Adaptado de Estandarización Lean por Hernández y Vizán, 2013. Lean Manufacturing:

Conceptos, Técnicas e Implementación. Hernández J & Vizán A. (2013). Lean Manufacturing:

Conceptos, Técnicas e Implantación.

https://www.academia.edu/51040853/_Lean_manufacturing_Conceptos_t%C3%A9cnicas_e_implantaci%C3%B3n_autor_Juan_Carlos_Hern%C3%A1ndez_Mat%C3%ADas_y_Antonio_Viz%C3%A1n_Idoipe

- **Mantenimiento Productivo Total (TPM):**

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. (Hernández y Vizán, 2013, p. 48)

EL objetivo de esta herramienta es asegurar que las maquinarias del proceso se encuentren en perfectas condiciones con la finalidad de que la producción sea de forma continua; generando productos dentro de los estándares de calidad de la organización en un tiempo de ciclo adecuado. (Rajadell M & Sánchez J, 2010, pp. 139-140).

Hernández y Vizán (2013) proponen cuatro objetivos del TPM, los que son descritos a continuación (p. 48)

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo que se inicie en el mismo momento de diseño de la máquina (diseño libre de mantenimiento) y que incluirá a lo largo de toda su vida acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

La eficacia de los equipos se maximiza por medio del esfuerzo realizado en el conjunto de la empresa para eliminar las “seis grandes pérdidas” que restan eficacia a los equipos. (Hernández y Vizán, 2013, p. 48). Estas se describen en la siguiente tabla.

Tabla 3

Seis grandes pérdidas de los equipos

PÉRDIDAS EN EQUIPOS	
Tipo	Pérdida
Tiempo muerto	1. Averías debidas a fallos en equipos.
	2. Preparación y ajustes. Ejemplos, cambios de utillajes, moldes, ajustes herramientas.

- | | |
|-----------------------|--|
| Pérdidas de velocidad | <ol style="list-style-type: none"> 3. Tiempo en vacío y paradas cortas (operación anormal de sensores, bloqueo de trabajo en rampas, etc.). 4. Velocidad reducida (diferencia entre la velocidad nominal y la real). 5. Defectos en proceso y repetición de trabajos (desperdicios y defectos de calidad que requieren reparación). |
| Defectos | <ol style="list-style-type: none"> 6. Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable. |

Nota: Adaptado de Seis grandes pérdidas de los equipos por Hernández y Vizán, 2013. Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implementación. Hernández J & Vizán A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación. https://www.academia.edu/51040853/_Lean_manufacturing_Conceptos_t%C3%A9cnicas_e_implantaci%C3%B3n_autor_Juan_Carlos_Hern%C3%A1ndez_Mat%C3%ADas_y_Antonio_Viz%C3%A1n_Idoipe

Hernández y Vizán (2013) describen el Índice de Eficiencia Global del Equipo, conocido como OEE (Overall Equipment Efficiency) como un indicador que se calcula diariamente para un equipo o grupos de máquinas y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido, si todo hubiera ido perfectamente, y las unidades sin defectos que realmente se han producido. (p. 50) Para la utilización de este indicador, se utilizan los índices de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. OEE es el producto de estos tres índices, de manera que:

$$OEE = D \times E \times C \dots\dots\dots (1)$$

- El coeficiente de disponibilidad (D) es la fracción de tiempo que el equipo está operando realmente reflejando las pérdidas por averías y paradas. Para su cálculo se parte del tiempo disponible, también llamado tiempo de carga, que es el tiempo total de operación menos el tiempo muerto, planificado o necesario, tal como la interrupción del programa de producción, tiempos de descanso y reuniones diarias de taller. El tiempo operativo es el tiempo de carga menos el tiempo que la máquina está parada debido a averías, preparaciones, ajustes, cambio de técnicas y otras paradas.
- El coeficiente de eficiencia (E) mide el nivel de funcionamiento del equipo contemplando las pérdidas por tiempos muertos, paradas menores y perdidas por una velocidad operativa más baja que la de diseño.
- Por último, el coeficiente de calidad (C) mide la fracción de la producción obtenida que cumple los estándares de calidad reflejando aquella parte del tiempo empleada en la producción de piezas defectuosas o con errores.

Figura 4

Esquema de componentes del OEE



Nota: Tomado de Esquema de componentes del OEE por Hernández y Vizán, 2013. Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implementación. Hernández J & Vizán A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implatación. https://www.academia.edu/51040853/_Lean_manufacturing_Conceptos_t%C3%A9cnicas_e_implantaci%C3%B3n_autor_Juan_Carlos_Hern%C3%A1ndez_Mat%C3%ADas_y_Antonio_Viz%C3%A1n_Idoipe

- **Matriz de Autocalidad (MAQ):**

Hernández y Vizán (2013) la definen como una herramienta de soporte a la calidad cuyo objetivo es visualizar en qué etapa o estación se producen los defectos en un proceso dado y hasta quien llega ya sea estación de trabajo o cliente. (p. 59)

En esta matriz se muestran cada una de las estaciones de un proceso de producción en filas y columnas. Se incluyen dos columnas destinadas a proveedores: la primera para los externos (donde se reflejan las compras) y la segunda para los internos (que son las distintas secciones que aprovisionan la línea de montaje). Así mismo, se incluyen dos filas para clientes finales: una para los de carácter externo y otra para los de carácter interno. (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 166).

Figura 5

Matriz de Autocalidad

		FASE DONDE SE PRODUCE EL DEFECTO							Total ppm
		Proveedor Externo	Proveedor Interno	Fase 1	Fase 2	Fase 3	–	Fase n	
FASE DONDE SE DETECTA EL DEFECTO	Fase 1								
	Fase 2								
	Fase 3								
	–								
	Fase n								
	Cliente interno								
	Cliente externo								
	Total ppm								
TOTAL DE PIEZAS PRODUCIDAS EN UN PERIODO						TOTAL PPM			

Objetivo: Diagonalizar la matriz aquí. Los defectos se detectan donde se producen

Nota: Tomado de Matriz de Autocalidad por Hernández y Vizán, 2013. Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implementación. Hernández J & Vizán A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación. https://www.academia.edu/51040853/_Lean_manufacturing_Conceptos_t%C3%A9cnicas_e_implantaci%C3%B3n_autor_Juan_Carlos_Hern%C3%A1ndez_Mat%C3%ADas_y_Antonio_Viz%C3%A1n_Idoipe

1.3.2. Productividad:

Cruelles (2012) define la productividad como un ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto. Cuanto mayor es la productividad de la empresa, menor serán los costos de producción y, por consecuencia, aumentará la competitividad de la organización en el mercado. (p. 25)

La productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados; donde los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas o utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, materia prima utilizada, costos, etc. Es decir, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados. (Gutiérrez, 2013, p. 21)

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{resultados\ logrados}}{\mathbf{recursos\ empleados}} \dots\dots\dots (2)$$

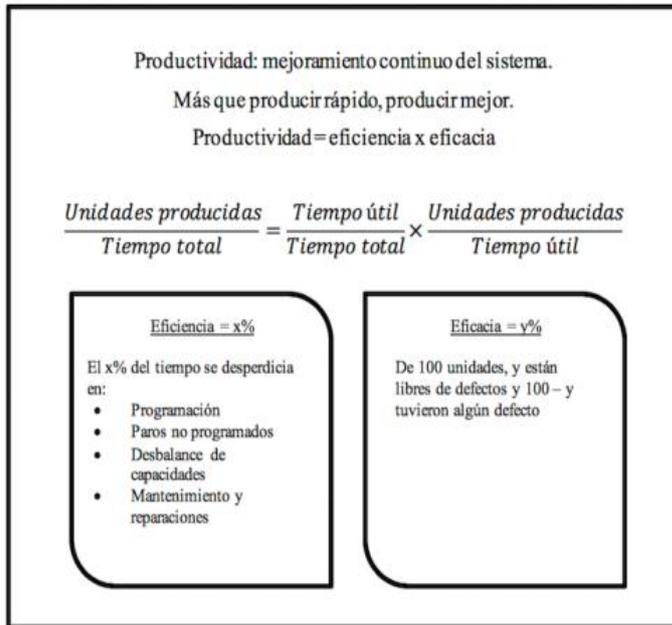
Según Chiavenato (2009) la productividad se define como una disposición del cargo que concierne a la eficiencia y eficacia donde miden el uso de recursos y el cumplimiento de metas logrando el objetivo con un resultado muy por encima de lo esperado.

1.3.2.1. Dimensiones de la productividad:

La productividad suele dividirse en dos componentes: la eficiencia y la eficacia, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 6

Productividad y sus componentes



Nota: Tomado de Productividad y sus componentes por Gutiérrez, 2013. Calidad Total y Productividad.

https://www.academia.edu/38931538/Calidad_Total_y_Productividad_Humberto_Gutierrez_z_Pulido_MC_Graw_Hill_Ed

- **Eficiencia:**

La eficiencia mide la relación entre insumos y producción, busca minimizar el costo de los recursos. En términos numéricos, es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada". (Cruelles, 2012, p. 26).

Así mismo, Gutiérrez (2013) la define como la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados; es decir, buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicios. (p. 21)

$$Eficiencia = \frac{\text{recursos utilizados o tiempo útil}}{\text{recursos planificados o tiempo total}} \dots\dots\dots (3)$$

- **Eficacia:**

Gutiérrez (2013) define la eficacia como el grado en el que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados. Es decir, implica utilizar los recursos para el cumplimiento de los objetivos trazados. (p. 21). Se identifica con el logro de las metas (hacer cosas correctas)". (Cruelles, 2012, p. 27)

$$Eficacia = \frac{\text{resultados alcanzados o unidades producidas}}{\text{resultados esperados o tiempo útil}} \dots\dots\dots(4)$$

1.3.2.2. Formulación de la productividad:

La productividad se puede formular de tres maneras diferentes:

- **Productividad total:** Cruelles (2012) la define como el cociente entre la producción total y todos los recursos usados (pp. 26-27)
- **Productividad parcial:** Es la relación entre la producción total y un recurso empleado. (Cruelles, 2012, p. 27)

- **Productividad multifactorial:** para Cruelles (2012), relaciona la producción total con varios recursos empleados que generalmente suelen ser capital y trabajo (p. 27)

1.4. Definición de Términos:

- **Alimentación manual:** proceso realizado manualmente por los operadores de la línea de producción.
- **Anilladora:** máquina que realiza el bordonado o profundidad de bit.
- **Barniz:** protector interior de los envases metálicos.
- **Cortadora:** máquina que realiza el corte en tiras de la lámina de hojalata.
- **Doble cierre:** resultado de unir el extremo del cuerpo de un envase con su fondo o tapa; esta unión emplea una técnica de engatillado o agrafado doble generando una doble pared de seguridad.
- **Envases metálicos:** los envases metálicos para alimentos son aquellos que tienen la función de ser la barrera protectora entre el alimento y el exterior; protegiendo el contenido de posibles agresiones.
- **Fondo tapa:** elemento propio de los envases de tres piezas que garantizan el cierre del envase.
- **Hermeticidad:** característica del envase, el que está provisto de un cierre de manera que aísla al producto del medio exterior para evitar su contaminación
- **Hojalata:** acero recubierto de estaño.
- **Pestañadora:** máquina que se usa para formar el borde de ambos extremos del cuerpo del envase metálico.

- **Profundidad bit:** Profundidad generada por los anillos o bordonados en el cuerpo del envase.
- **Soldadora:** máquina utilizada para succionar y enrollar los espacios en blanco del cuerpo del envase; asimismo, está conectada a una barnizadora en su extremo inferior.
- **Téster:** máquina encargada de verificar la hermeticidad del envase a través de la presión de aire.

1.5. Formulación del problema

¿En qué medida la implementación de herramientas Lean Manufacturing incrementa la productividad en la empresa productora de envases metálicos - Trujillo 2020?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la implementación de herramientas Lean Manufacturing incrementa la productividad en la empresa productora de envases metálicos - Trujillo 2020.

1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del proceso de producción actual en la empresa fabricadora de envases metálicos.
- Determinar e implementar las herramientas lean para la mejora de la productividad de los procesos de producción.
- Comparar la productividad antes y después de la implementación de las herramientas lean.

- Evaluar económicamente la implementación de las herramientas lean en el proceso de producción de envases metálicos.

1.7. Hipótesis

La implementación de herramientas Lean Manufacturing incrementa significativamente la productividad en la empresa productora de envases metálicos – Trujillo 2020.

1.8. Variables:

1.8.1. Variable independiente:

Herramientas Lean Manufacturing:

- **Definición conceptual:**

Técnicas que pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. Su aplicación debe ser objeto de un diagnóstico previo que establezca la hoja de ruta idónea (Hernández y Vizán, 2013).

- **Definición operacional:**

Herramientas sistemáticas en el proceso productivo de envases con la finalidad de eliminar los desperdicios generados por tiempos de espera y desperdicios generados por defectos.

1.8.2. Variable dependiente:

Productividad:

- **Definición conceptual:**

Cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados; donde los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas o utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, materia prima utilizada, costos, etc. (Gutiérrez, 2013)

- **Definición operacional:**

Determina la eficiencia y la eficacia del proceso productivo de envases.

1.9. Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente: Herramientas Lean Manufacturing	Técnicas que pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. Su aplicación debe ser objeto de un diagnóstico previo que establezca la hoja de ruta idónea (Hernández y Vizán, 2013)	Herramientas sistemáticas en el proceso productivo de envases con la finalidad de eliminar los desperdicios generados por tiempos de espera y desperdicios generados por defectos	Falta de capacitación del personal	% Personal Capacitado	Razón
			Exceso de productos defectuosos	% Productos no conformes	Razón
			Deficiente verificación de productos durante el proceso	% Productos no conformes detectados durante el proceso	Razón
			Máquinas deterioradas	% Máquinas que presentan fallas	Razón
			Parada de máquina por fallas o averías	% Paradas no programadas	Razón
			Falta de mantenimiento de las máquinas	% Mantenimientos preventivos ejecutados	Razón
			Falta de orden y limpieza	% Orden y limpieza en el área de producción	Razón
Variable Dependiente: Productividad	Cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados; donde los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas o utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, materia prima utilizada, costos, etc. (Gutiérrez, 2013)	Determina la eficiencia y la eficacia del proceso productivo de envases	Errores del operario	% Errores del operario que generen paradas no programadas	Razón
			Eficiencia	(Tiempo de producción ejecutado)/(Tiempo de producción programado) x 100	Razón
			Eficacia	(Envases producidos)/(Envases esperados en la producción)x100	Razón

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación según su propósito es aplicada; ya que es el tipo de investigación en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas en base a teorías ya establecidas (Rodríguez, 2010). Esto quiere decir que se aplicarán las teorías existentes de la metodología lean manufacturing para dar solución a la problemática de baja productividad de la empresa.

Según el diseño, es una investigación pre experimental; ya que aplica una variable independiente para medir sus efectos en una o varias variables dependientes, esto se desarrolla bajo un grado de control mínimo (Hernández, 2014). Esto quiere decir que se aplicará el lean manufacturing en el proceso de producción de envases metálicos, para medir sus efectos en la productividad de la empresa; mediante una comparación entre la medición antes de la implementación y la posterior a esta. Existe un control mínimo de la variable independiente, no hay asignación aleatoria de los sujetos participantes de la investigación ni hay grupo de control.

$$G : O_1 \quad X \quad O_2 \dots \dots \dots (6)$$

G: Grupo de estudio → Empresa productora de envases metálicos

O₁: Pre test → Productividad actual

X: Lean Manufacturing → aplicación de herramientas lean

O₂: Post test → productividad posterior a la implementación: productividad mejorada

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población:

Las 04 líneas de producción según el formato de envase producido.

2.2.2. Muestra:

Actualmente la empresa cuenta con 04 líneas de producción: línea 07, línea 08, línea de embutidos y línea tapa.

Para identificar la línea de producción en la cual se va a desarrollar la investigación; se realizó un análisis de la producción de envases metálicos; para esto, se usó información brindada por el área de producción, donde se muestra el total de unidades producidas por línea de producción tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4

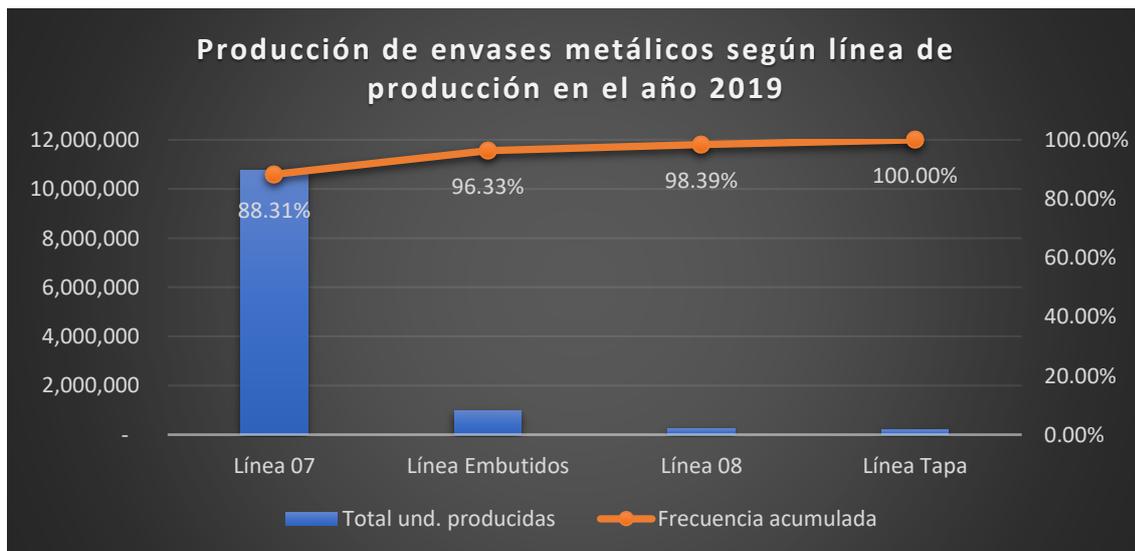
Total de envases metálicos producidos según línea de producción en el año 2019

LÍNEA DE PRODUCCIÓN	TOTAL	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABSOLUTA
Línea 07	10,769,665	0.88	88.31%
Línea Embutidos	977,932	0.08	96.33%
Línea 08	251,407	0.02	98.39%
Línea Tapa	196,312	0.02	100.00%
TOTAL	12,195,316		

De acuerdo a esta información, se realizó un análisis de Pareto para determinar qué línea de producción tiene mayor participación en el proceso productivo con el fin de enfocarse en su producción.

Figura 7

Producción de envases metálicos por línea de producción en el año 2019



Se seleccionó la línea 07 por tener un 88.31% de participación en la producción en el año 2019; por tanto, la muestra está comprendida por todos los procesos de la línea 07 de producción de envases metálicos.

2.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos:

Para la recolección de datos, se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- Observación directa: inicialmente se realizó una observación exhaustiva del proceso productivo de envases de la línea 07 para registrar la información necesaria en el check list previamente validado.

- Entrevista: posteriormente se realizó una entrevista a través de una guía de entrevista de preguntas abiertas al jefe del área de producción para tener un mayor conocimiento de la situación actual del proceso de producción.
- Encuesta: Se realizó un cuestionario a los colaboradores de la línea de producción con la finalidad de obtener su opinión sobre la problemática.
- Análisis documental: finalmente, se evaluó la data de la empresa para extraer información relevante para el cálculo de la productividad actual, esto se realizó en dos etapas diferentes; primero antes de la implementación de las herramientas lean y posteriormente a esta aplicación. La información que se busca registrar comprende, número de envases defectuosos, tiempo de paradas no programadas de las máquinas, causa de esta parada y la máquina averiada.

Estos instrumentos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Objetivo Específico	Fuente	Técnica	Instrumento	Logro
Realizar un diagnóstico del proceso de producción actual en la empresa fabricadora de envases metálicos	Proceso productivo	Observación	Ficha de registro de datos	Identificación de desperdicios
	Data histórica del área de producción	Análisis Documental	Ficha de registro de datos	Productividad antes de la implementación de la empresa
	Superintendente de calidad	Entrevista	Guía de Entrevista	Causas que originan la problemática
Determinar e implementar las herramientas lean para la mejora de la productividad de los procesos de producción	Colaboradores de la línea de producción	Encuesta	Cuestionario	Priorización de las causas críticas de la problemática
Comparar la productividad antes y después de la implementación de las herramientas lean	Data histórica del área de producción	Análisis Documental	Ficha de registro de datos	Impacto de la implementación de las herramientas lean en la productividad de la empresa
Evaluar económicamente la implementación de las herramientas lean en el proceso de producción de envases metálicos	Estados Financieros de la empresa	Análisis Documental	Ficha de registro de datos	Viabilidad de la implementación de las herramientas lean

La validación de contenido de los instrumentos se realizó a través del juicio de expertos; del que participaron tres docentes especialistas en el tema de investigación de la Universidad Privada del Norte; para ello, se realizó un formato de validación con los criterios de aceptación.

Así mismo, los instrumentos registraron datos reales de producción de la empresa fabricante de envases, ya que se cuenta con acceso a esta información; lo que nos garantiza la veracidad de los resultados.

La confiabilidad de los cuestionarios con escala de Likert fue medida a través del coeficiente de alfa Cronbach; es decir, para estimar la congruencia interna del instrumento, el coeficiente deberá estar entre 0.7 y 0.9. (Tavakol y Dennick, 2011, citado por Hernández 2014).

Para el análisis de datos, se utilizó la estadística descriptiva; una vez obtenida la información, se utilizaron tablas de frecuencia y gráficos para el análisis de los indicadores de productividad; así mismo se realizó un diagrama de Ishikawa para detectar las causas raíz de los desperdicios en el proceso productivo; posteriormente, a través del análisis de las encuestas a los colaboradores, se priorizó a través de un análisis de Pareto, las causas más relevantes para ejecutar un plan de acción. De la misma forma, el análisis comparativo del impacto de la implementación de las herramientas lean, se realizó a través de tablas y gráficos.

2.3. Procedimiento

Para el diagnóstico de la empresa productora de envases se hizo una evaluación del nivel de la productividad a través de la revisión de la data histórica del área de producción; asimismo, se realizó un análisis del proceso de producción a través de la observación y la

revisión de data histórica identificando los principales desperdicios del proceso productivo; posteriormente, se realizó una entrevista al superintendente de producción y al superintendente de calidad con la finalidad de identificar las causas que generan la problemática. A través de un diagrama de Ishikawa se identificaron las causas raíces, las que fueron cuantificadas a través de una encuesta realizada a los colaboradores del área de producción para ser procesadas en tablas. Se realizó la priorización de las causas a través de un análisis de Pareto sobre las cuales se desarrolló un plan de implementación de herramientas lean. Finalmente, se implementaron las herramientas de mejora y se realizó una nueva medición del nivel de productividad de la empresa con la finalidad de medir el impacto de la implementación.

2.3.1. Generalidades de la Empresa:

La empresa en estudio se dedica al rubro de producción y comercialización de envases metálicos, ubicada en Virú, La Libertad; cuenta con más de 75 años de experiencia en la fabricación de envases de hojalata y exporta sus productos a más de 70 países; actualmente es el mayor productor a nivel nacional y uno de los más grandes a nivel de Latinoamérica.

Presenta una gran variedad de productos orientados a la industria de conservas de alimentos, que son sometidos a un riguroso control de calidad que le permite satisfacer las necesidades de sus clientes desempeñándose satisfactoriamente en un mercado altamente competitivo.

2.3.2. Misión:

Somos la empresa productora de los mejores envases de hojalata para la industria alimentaria, con procesos de producción e insumos sometidos a estrictos controles de calidad, empleando equipos de última generación que nos permite garantizar la calidad de nuestros productos. Buscamos satisfacer la necesidad de la industria conservera con productos confiables y a precios rentables, dentro del marco de la responsabilidad social empresarial.

2.3.3. Visión:

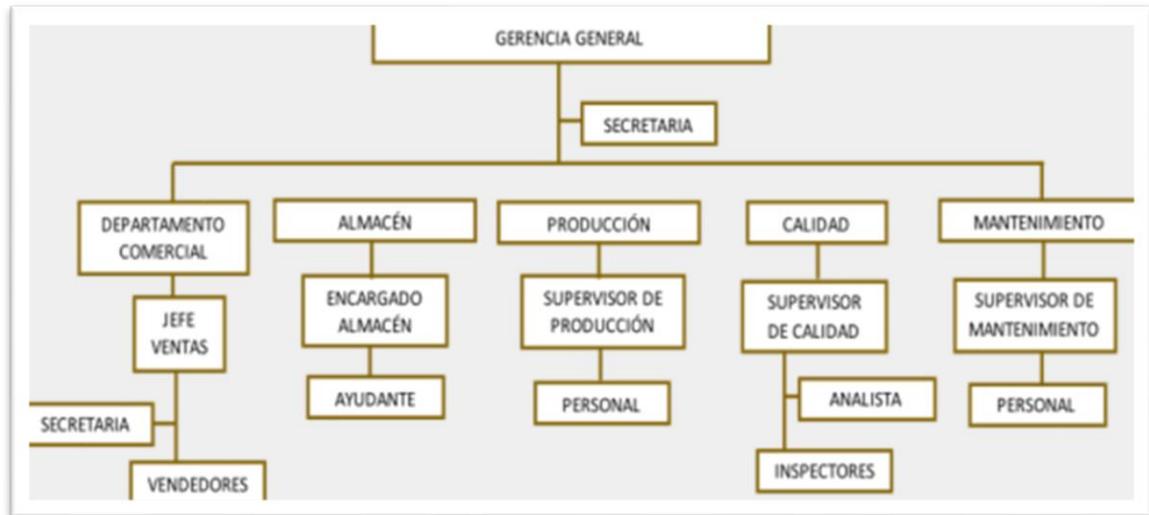
Ser la empresa líder por excelencia en la comercialización de envases metálicos en el país y la principal exportadora a nivel de Latinoamérica, promoviendo un estilo de liderazgo orientado a la mejora continua.

2.3.4. Organigrama:

La estructura organizacional de la empresa en estudio se detalla en la siguiente figura:

Figura 8

Organigrama de la empresa en estudio



2.3.5. Descripción del proceso de producción:

2.3.5.1. Líneas del proceso productivo:

La producción de envases metálicos se da en 04 líneas de producción; cada una produce envases de hojalata de diferente formato y dimensiones según las especificaciones del cliente. Estas se detallan a continuación:

- Línea 7: encargada de la producción de envases picnic jugo y envases Tall.
- Línea 8: encargada de la producción de envases de formato galón.
- Línea de Tapa: encargada de la producción de envases de formato tapa y formato rectangulares.
- Línea de Embutidos: encargada de la producción de envases de formato fiesta.

La línea de producción que será sometida a la investigación es la línea 07; debido a que tiene más del 80% de participación en la producción tal como se demostró en los cálculos de la muestra detallados en la figura 7.

2.3.5.2. Descripción del proceso de producción de la línea 07:

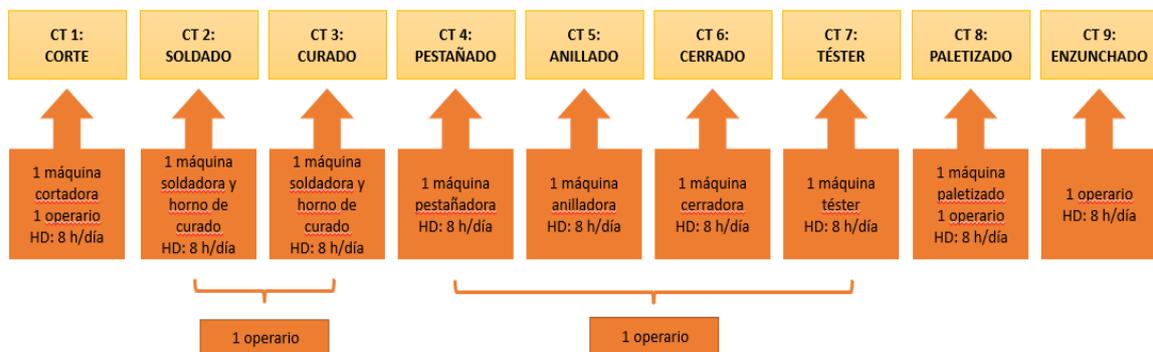
La línea de producción es continua y automatizada, cuenta con una velocidad de producción de 340 envases/min; es decir, en 1 minuto se están produciendo 340 envases terminados.

Cuenta con 9 estaciones de trabajo operada por cinco operadores según la descripción mostrada en la figura N° 9.

Cabe resaltar que para el área de soldado y curado existe una sola máquina soldadora que contiene un horno de curado; hay solo un operador asignado, de igual manera, las operaciones de pestañado, anillado, cerrado y téster, son supervisadas por un operario.

Figura 9

Estaciones de trabajo en la línea 07



Si bien la línea es automatizada, existen 4 actividades que son realizadas manualmente; estas son:

- Alimentación manual de tarjetas o cuerpos a la máquina soldadora.
- Alimentación manual de tapa fondo a la máquina cerradora.

- Accionamiento de la máquina de paletizado e inspección visual de especificaciones del envase terminado.
- Enzunchado y embalado del pallet.

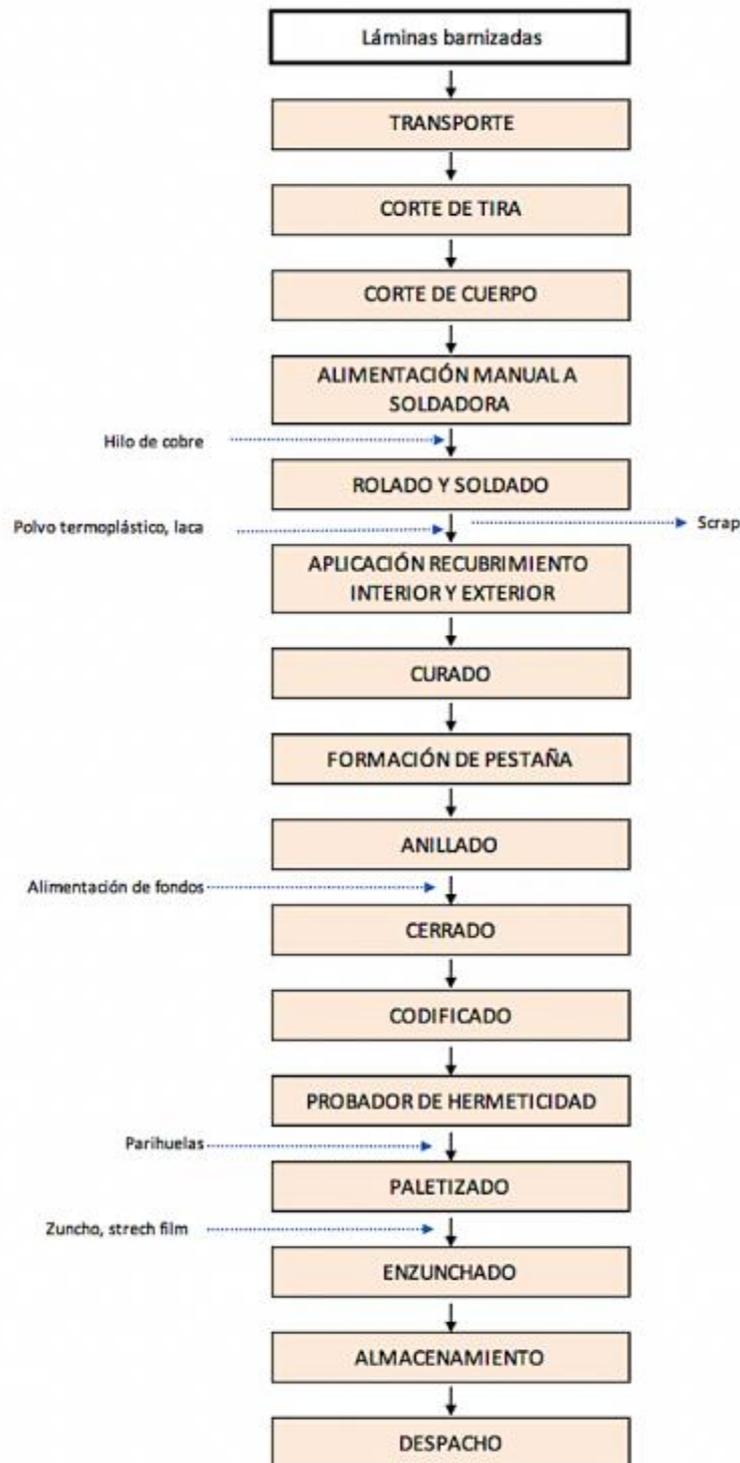
Por otro lado, en la figura 9 se muestra el diagrama del proceso que describiremos a continuación en cada una de sus etapas.

- Corte: El proceso productivo comienza con la alimentación de la máquina cortadora con las láminas barnizadas de hojalata; esta máquina hace un primer corte en tiras y un segundo corte en cuerpos según las especificaciones del formato del envase que se va a producir.
- Soldado: Los cuerpos cortados son transportados de manera manual a la máquina soldadora; esta máquina es la encargada de doblar los cuerpos en cilindros para posteriormente ser soldados originando un traslape; en esta operación se usa el hilo de cobre que funciona como un conducto para la soldadura, éste posteriormente es eliminado del proceso en el denominado scrap; adicionalmente se aplica la laca para el barnizado externo y el polvo termoplástico para el recubrimiento interno.
- Curado: el cilindro es transportado al horno de curado, el que pertenece a la máquina soldadora; donde el calor hace que el barniz se adhiera a la costura del cilindro; esto con el fin de que el producto que se va a envasar no tenga contacto con el metal para evitar una posible oxidación del cilindro.
- Pestañado: los cilindros son transportados a la máquina pestañadora, donde se abren los cilindros formando rebordes en ambos extremos (pestañas), esto con el fin de generar un buen gancho de cierre.

- Anillado o bordonado: los cilindros pestañados pasan a la máquina anilladora, donde se realiza el bordonado o profundidad de bit.
- Cerrado: los cilindros anillados son trasladados a la máquina cerradora, donde se coloca el fondo tapa que es previamente alimentado de forma manual en el rotofile de la máquina; en esta máquina se realiza el doble cierre para mayor hermeticidad. En esta etapa, también se realiza la codificación del envase.
- Verificación de hermeticidad (Téster): después del cerrado se obtiene el envase formado dentro de las especificaciones de su fabricación; este envase es llevado a la máquina téster donde se verifica que no exista ningún tipo de fuga en el envase a través de la aplicación de aire a una presión de 80 psi; si hubiera algún envase con agujero, este sería expulsado automáticamente del proceso.
- Paletizado: posteriormente los envases son trasladados a la máquina paletizadora, la que es accionada de forma manual para la formación de 18 niveles de 399 envases que son colocados en parihuelas y se forman los pallets; en este proceso también se realiza una inspección visual para verificar que el envase cumpla con las especificaciones de fabricación.
- Enzunchado: el pallet es traslado al área de enzunchado, donde de manera manual se coloca el zuncho, luego se pone el stretch film (plástico para envolver) para ser trasladados al almacén de producto terminado.

Figura 10

Diagrama de producción de la línea 07



2.3.5.3. Diagrama SIPOC

Debido a que la presente investigación está orientada a la metodología lean, se decidió resumir las entradas y las salidas del proceso de producción a través de un diagrama SIPOC (Proveedores, Entradas, Procesos, Productos y Clientes). Esta herramienta nos permite tener un mayor entendimiento de la forma en que se desarrollan los procesos con la finalidad de evitar la aparición de posibles errores, siguiendo de forma estricta las normas establecidas en la búsqueda de mejorar la gestión en calidad.

Diagrama SIPOC

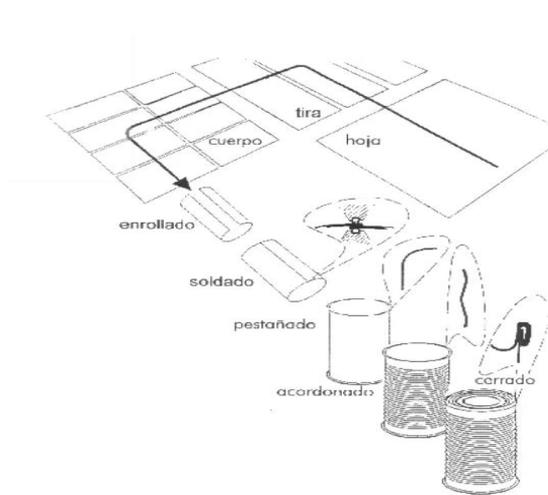


2.3.6. Tipo de producto que se fabrica:

Para mayor entendimiento del producto terminado, en la siguiente figura se muestra un esquema de las diferentes etapas por las que pasa la materia prima para la formación del envase desde el corte de la hoja de hojalata hasta el cerrado.

Figura 12

Esquema de producción de envases metálicos

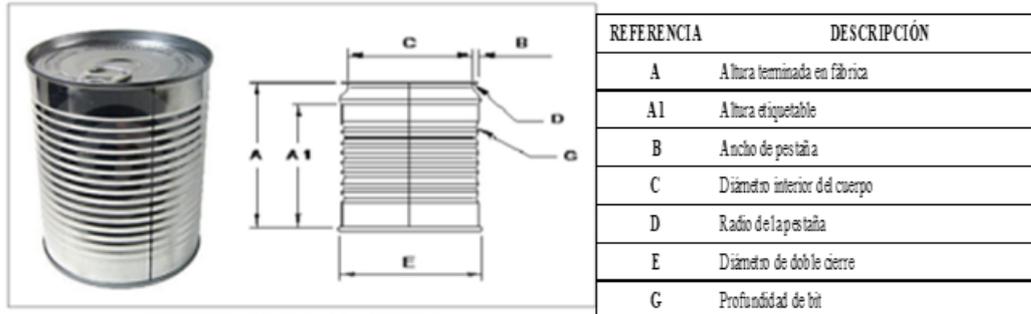


Nota: Mundo Latas. <https://mundolatas.com/envases-metalicos/>

Así mismo, en la siguiente figura se puede observar el esquema del producto terminado, este se realiza bajo las especificaciones del cliente.

Figura 13

Esquema de envase metálico



Nota: Vásquez M, 2014

2.3.7. Productividad antes de la implementación:

Para obtener la productividad actual se calculó la eficiencia y la eficacia del proceso de producción; para esto se realizaron 91 observaciones donde se registró la información relevante para el cálculo de las dimensiones de la productividad. Estas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6

Ficha de registro de datos para cálculo de productividad

N° Registro	Tiempo Disponible (min)	Velocidad de Producción (und/min)	Producción Programada (und)	Producción Esperada (und)	Productos Conformes (und)	Productos No Conformes (und)	Tiempo Paradas Programadas (min)	Tiempo Paradas No Programadas (min)	Tiempo Total Ejecutado (min)	Total Tiempo Programado (min)	Observaciones
1	576	340	195840	61880	60945	935	30	364	182	546	Fallas en la máquina pestañadora, se pierde tiempo buscando herramientas
2	576	340	195840	124780	123987	793	30	179	367	546	Rotura de faja transportadora de envases
3	576	340	195840	123760	122994	766	30	182	364	546	Atasco durante el transporte
4	576	340	195840	167280	166079	1201	30	54	492	546	Avería de máquina cerradora, se pierde tiempo buscando herramientas
5	576	340	195840	71400	71068	332	30	336	210	546	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
6	576	340	195840	138040	136688	1352	30	140	406	546	Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora
7	576	340	195840	44880	44158	722	30	414	132	546	Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre
8	576	340	195840	117640	116791	849	30	200	346	546	Materia prima con defectos en el barniz
9	576	340	195840	165240	164826	414	30	60	486	546	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
10	576	340	195840	137700	137108	592	30	141	405	546	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
11	576	340	195840	99280	98545	735	30	254	292	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
12	576	340	195840	190740	190202	538	15	0	561	561	
13	192	340	65280	55080	54142	938	30	0	162	162	
14	576	340	195840	110500	109644	856	206	45	325	370	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
15	576	340	195840	114580	113602	978	30	209	337	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
16	576	340	195840	82280	80851	1429	90	244	242	486	Rotura de faja transportadora de envases
17	576	340	195840	49640	48949	691	90	340	146	486	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
18	576	340	195840	132260	131254	1006	45	142	389	531	Envases sin código por videojet con baja tinta
19	576	340	195840	161840	160916	924	45	55	476	531	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme

N° Registro	Tiempo Disponible (min)	Velocidad de Producción (und/min)	Producción Programada (und)	Producción Esperada (und)	Productos Conformes (und)	Productos No Conformes (und)	Tiempo Paradas Programadas (min)	Tiempo Paradas No Programadas (min)	Tiempo Total Ejecutado (min)	Total Tiempo Programado (min)	Observaciones
20	576	340	195840	153680	152598	1082	45	79	452	531	Parihuela equivocada; demora en paletizado por error de operario
21	330	340	112200	95880	95304	576	30	18	282	300	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
22	576	340	195840	80920	79932	988	90	248	238	486	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
23	576	340	195840	110160	109145	1015	90	162	324	486	Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas
24	576	340	195840	124440	123658	782	90	120	366	486	Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado
25	576	340	195840	100980	99936	1044	90	189	297	486	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
26	576	340	195840	158780	157796	984	90	19	467	486	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración
27	576	340	195840	95200	94315	885	90	206	280	486	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración
28	576	340	195840	156740	156028	712	90	25	461	486	Polvo bajo con porosidad de 25 Amperios
29	576	340	195840	73100	71999	1101	90	271	215	486	Averías en la soldadora por rodillo aplicador desgastado
30	576	340	195840	123080	121694	1386	90	124	362	486	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
31	576	340	195840	142120	141434	686	35	123	418	541	Materia prima con defectos en el barniz
32	576	340	195840	100640	100156	484	30	250	296	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración
33	576	340	195840	134640	133987	653	30	150	396	546	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
34	576	340	195840	106760	104994	1766	30	232	314	546	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
35	576	340	195840	185640	185079	561	30	0	546	546	
36	576	340	195840	78540	78068	472	30	315	231	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
37	576	340	195840	143140	142488	652	30	125	421	546	Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora
38	576	340	195840	58140	56558	1582	30	375	171	546	Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre
39	576	340	195840	98600	98123	477	30	256	290	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración
40	576	340	195840	185640	184826	814	30	0	546	546	
41	576	340	195840	160140	159308	832	30	75	471	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme

N° Registro	Tiempo Disponible (min)	Velocidad de Producción (und/min)	Producción Programada (und)	Producción Esperada (und)	Productos Conformes (und)	Productos No Conformes (und)	Tiempo Paradas Programadas (min)	Tiempo Paradas No Programadas (min)	Tiempo Total Ejecutado (min)	Total Tiempo Programado (min)	Observaciones
42	576	340	195840	167280	166770	510	30	54	492	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
43	576	340	195840	139740	139123	617	15	150	411	561	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
44	576	340	195840	173740	173126	614	30	35	511	546	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
45	576	340	195840	129540	129136	404	30	165	381	546	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
46	576	340	195840	88740	88256	484	30	285	261	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
47	576	340	195840	109140	108502	638	90	165	321	486	Rotura de faja transportadora de envases
48	576	340	195840	102340	101621	719	90	185	301	486	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
49	576	340	195840	75480	75125	355	90	264	222	486	Envases sin código por videojet con baja tinta
50	576	340	195840	129540	128854	686	90	105	381	486	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
51	576	340	195840	140760	140265	495	30	132	414	546	Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas
52	576	340	195840	185640	184956	684	30	0	546	546	
53	576	340	195840	113560	113126	434	90	152	334	486	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
54	576	340	195840	121040	120154	886	90	130	356	486	Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas
55	576	340	195840	104720	104123	597	90	178	308	486	Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado
56	576	340	195840	131240	130120	1120	45	145	386	531	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
57	576	340	195840	180540	179125	1415	45	0	531	531	
58	576	340	195840	138040	137256	784	45	125	406	531	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración
59	576	340	195840	146540	145830	710	90	55	431	486	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración
60	576	340	195840	109140	108105	1035	90	165	321	486	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
61	576	340	195840	123080	122294	786	90	124	362	486	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
62	576	340	195840	143820	142934	886	30	123	423	546	Atasco durante el transporte
63	576	340	195840	61880	60945	935	30	364	182	546	Atasco durante el transporte

N° Registro	Tiempo Disponible (min)	Velocidad de Producción (und/min)	Producción Programada (und)	Producción Esperada (und)	Productos Conformes (und)	Productos No Conformes (und)	Tiempo Paradas Programadas (min)	Tiempo Paradas No Programadas (min)	Tiempo Total Ejecutado (min)	Total Tiempo Programado (min)	Observaciones
64	576	340	195840	124780	123987	793	30	179	367	546	Rotura de faja transportadora de envases
65	576	340	195840	123760	122994	766	30	182	364	546	Atasco durante el transporte
66	576	340	195840	167280	166079	1201	30	54	492	546	Avería de máquina cerradora, se pierde tiempo buscando herramientas
67	576	340	195840	51000	50154	846	90	336	150	486	Materia prima con defectos en el barniz
68	576	340	195840	117640	116556	1084	90	140	346	486	Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora
69	576	340	195840	24480	23725	755	90	414	72	486	Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre
70	576	340	195840	117640	116691	949	30	200	346	546	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
71	576	340	195840	165240	164126	1114	30	60	486	546	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
72	576	340	195840	137700	136508	1192	30	141	405	546	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
73	576	340	195840	167280	166170	1110	30	54	492	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
74	576	340	195840	128860	128121	739	45	152	379	531	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
75	576	340	195840	151640	150620	1020	45	85	446	531	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
76	576	340	195840	170340	169222	1118	30	45	501	546	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
77	576	340	195840	132600	131825	775	30	156	390	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
78	576	340	195840	68340	67138	1202	90	285	201	486	Rotura de faja transportadora de envases
79	576	340	195840	73440	72625	815	45	315	216	531	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
80	576	340	195840	137700	136624	1076	45	126	405	531	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
81	576	340	195840	151980	150984	996	45	84	447	531	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
82	576	340	195840	158440	157720	720	45	65	466	531	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
83	576	340	195840	165240	164624	616	90	0	486	486	
84	576	340	195840	80920	80168	752	90	248	238	486	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
85	576	340	195840	71740	71124	616	90	275	211	486	Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas

N° Registro	Tiempo Disponible (min)	Velocidad de Producción (und/min)	Producción Programada (und)	Producción Esperada (und)	Productos Conformes (und)	Productos No Conformes (und)	Tiempo Paradas Programadas (min)	Tiempo Paradas No Programadas (min)	Tiempo Total Ejecutado (min)	Total Tiempo Programado (min)	Observaciones
86	576	340	195840	102340	101235	1105	90	185	301	486	Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado
87	576	340	195840	109140	108252	888	90	165	321	486	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
88	576	340	195840	165240	163965	1275	90	0	486	486	
89	576	340	195840	99280	98457	823	30	254	292	546	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración
90	576	340	195840	24480	23525	955	90	414	72	486	Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre
91	576	340	195840	27540	26525	1015	90	405	81	486	Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme
TOTAL	51786		17607240	10847360	10769665	77695	5041	14841	31904	46745	

2.3.7.1. Causas críticas relacionadas a las paradas no programadas:

En la siguiente tabla se muestra las paradas no programadas según causa crítica; se pudo determinar que las paradas no programadas relacionadas con las fallas en máquinas representa el 46.43%; mientras que las relacionadas a la falta de orden y limpieza representan el 11.90%; el exceso de producto defectuoso por falta de verificación, el 9.52% y los errores del operario el 14.29%.

Tabla 7

Paradas no Programadas según causa crítica

Observaciones	Paradas no Programadas	Fallas en máquinas	Falta de orden	Descalibración de téster por producto defectuoso	Errores del operario
Fallas en la máquina pestañadora, se pierde tiempo buscando herramientas	x	x	x		
Rotura de faja transportadora de envases	x				
Atasco durante el transporte	x				
Avería de máquina cerradora, se pierde tiempo buscando herramientas	x	x	x		
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	x	x			
Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora	x				
Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre	x	x			
Materia prima con defectos en el barniz	x				
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	x	x			
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	x				
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	x	x			

Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X				X
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Rotura de faja transportadora de envases	X				
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X			X	
Envases sin código por videojet con baja tinta	X				
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Parihuela equivocada; demora en paletizado por error de operario	X				X
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X			X	
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X				X
Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas	X	X	X		
Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado	X		X		
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	X	X			
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración	X	X			
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración	X	X			
Polvo bajo con porosidad de 25 Amperios	X				
Averías en la soldadora por rodillo aplicador desgastado	X	X			
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X				X
Materia prima con defectos en el barniz	X				
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración	X	X			
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X				X
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X			X	
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora	X				
Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre	X	X			

Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración	X	X		
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X		
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X		
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X			
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X			X
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X			X
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X		
Rotura de faja transportadora de envases	X			
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X		X	
Envases sin código por videojet con baja tinta	X			
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X		
Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas	X	X	X	
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X			X
Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas	X	X	X	
Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado	X		X	
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	X	X		
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración	X	X		
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración	X	X		
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X		X	
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X			X
Atasco durante el transporte	X			
Atasco durante el transporte	X			
Rotura de faja transportadora de envases	X			
Atasco durante el transporte	X			
Avería de máquina cerradora, se pierde tiempo buscando herramientas	X	X	X	

Materia prima con defectos en el barniz	X				
Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora	X				
Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre	X	X			
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	X	X			
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	X	X			
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X				
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X				X
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X			X	
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X				X
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Rotura de faja transportadora de envases	X				
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X			X	
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	X	X			
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X				X
Fallas en la soldadora, se requiere calibración, se pierde tiempo buscando herramientas	X	X	X		
Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado	X		X		
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	X	X			
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme, requiere calibración	X	X			
Averías en la máquina cerradora que originan falso cierre	X	X			
Descalibración de máquina téster por exceso de producto no conforme	X			X	
Total	83	39	10	8	12
Porcentaje	100%	46.43%	11.90%	9.52%	14.29%

2.3.7.2. Eficiencia antes de la implementación:

Para el cálculo de la eficiencia, se relacionó el total de tiempo de producción ejecutado (tiempo útil) y el total de tiempo de producción programado (tiempo total). El tiempo de producción programado es el tiempo disponible de producción menos las paradas programadas; mientras que el tiempo ejecutado es el tiempo de producción programado menos el tiempo de paradas no programadas.

Según la tabla n° 6, se obtuvo un total tiempo ejecutado de 31904 minutos; mientras que el tiempo programado para la producción fue de 46745; esto nos da como resultado una eficiencia de la línea de producción del 68.25%

Tabla 8

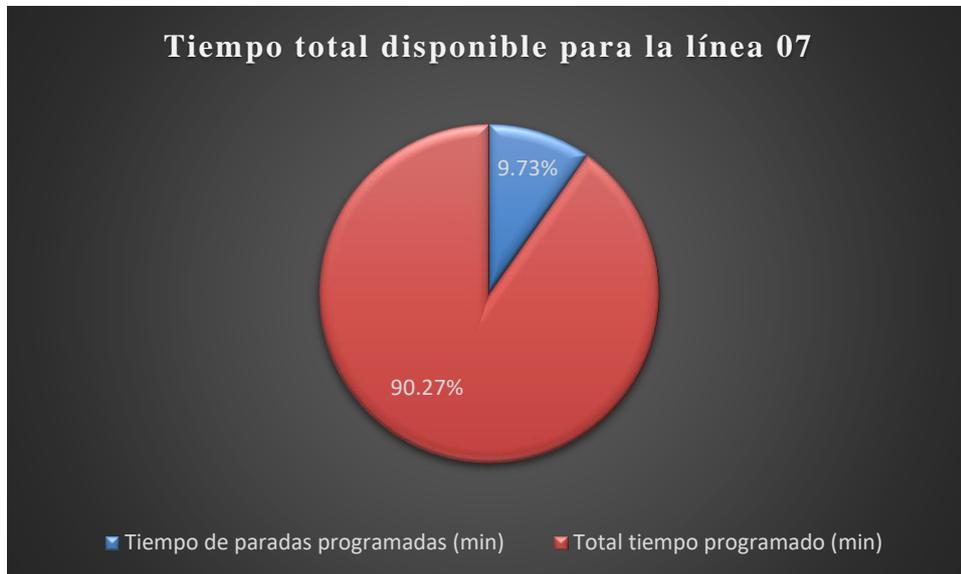
Eficiencia antes de la implementación de las herramientas Lean en la empresa

Tiempo disponible (min)	Tiempo de paradas programadas (min)	Total tiempo programado (min)	Tiempo de paradas no programadas (min)	Total tiempo ejecutado (min)	Eficiencia
51786	5041	46745	14841	31904	68.25%

De los resultados obtenidos podemos concluir que el tiempo total programado representa el 90.27% del tiempo disponible de producción; es decir, el 9.73% restante representa las paradas programadas ya sea por refrigerios o programación de charlas y capacitaciones.

Figura 14

Tiempo total disponible para la producción de la línea 07



Del tiempo programado para la producción, el 31.75% representa a las paradas no programadas; estas según el estudio, se debe principalmente a averías en la máquina soldadora y en la máquina cerradora; además de la aparición de productos defectuosos que necesitan alguna corrección del proceso.

Figura 15

Tiempo total disponible para la producción de la línea 07



2.3.7.3. Eficacia antes de la implementación:

La eficacia se determinó relacionando el número de envases producidos con el número de envases esperados en la producción. Los envases esperados representan la cantidad de envases que se deberían producir según el tiempo total ejecutado (tiempo útil); mientras que los envases producidos son los envases esperados menos los envases enviados a reproceso o desechados por presentar fallas en la calidad.

Según la siguiente tabla se obtuvo un total de producción esperada según el tiempo ejecutado de producción de 10847360 unidades; de estos, 77695 envases presentaron defectos, dejando un total de envases dentro de las especificaciones de 10769665 unidades; esto nos deja un eficacia calculada de 99.28%

Tabla 9

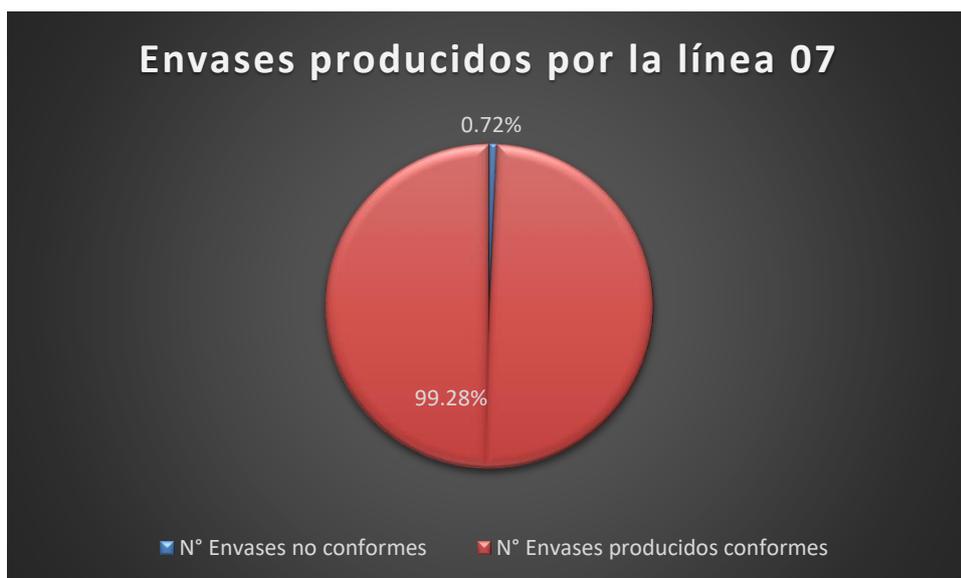
Eficacia antes de la implementación de herramientas lean en la empresa

Total tiempo ejecutado (min)	Velocidad de producción (envases/min)	Producción esperada	Nº Envases no conformes	Nº Envases producidos conformes	Eficacia
31904	340	10847360	77695	10769665	99.28%

El porcentaje de productos no conformes representa solo el 0.72% de la producción; esto se debe principalmente a que en la mayoría de los casos, las máquinas suelen parar cuando se produce un defecto, ya sea porque se genera atasco o por ser detectado por un operador; esto conlleva a la parada de la producción para la corrección de la causa que está originando la falla. De igual manera, este porcentaje representa pérdidas económicas para la empresa que deberían ser minimizadas.

Figura 16

Envases producidos por la línea 07



2.3.7.4. Productividad antes de la implementación:

La productividad antes de la implementación de las mejoras fue de 67.76%

Tabla 10

Productividad antes de la implementación

Eficiencia	Eficacia	Productividad antes de la implementación
68.25%	99.28%	67.76%

2.4. Diagnóstico de problemáticas principales:

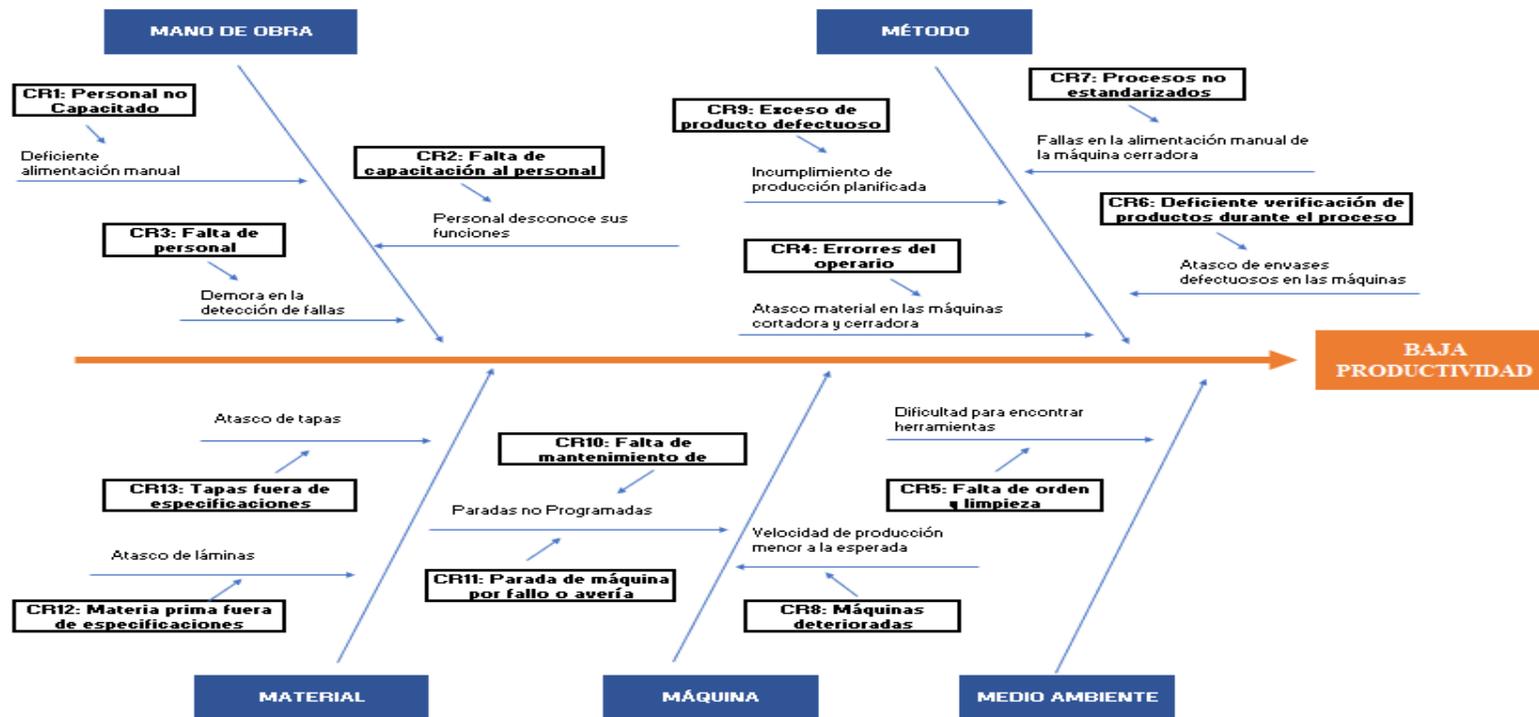
Para el análisis de la problemática que origina la baja productividad de la empresa; nos basamos en la información obtenida de las entrevistas realizadas al supervisor de producción y al supervisor del área de calidad; además, se realizó una lluvia de ideas en base a las observaciones registradas en la ficha de recolección de datos para discriminar las posibles causas del problema. Según la entrevista realizada al supervisor de producción; se determinó que no existe un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas de la línea 07; por tanto; en el año 2019 no se ejecutó mantenimientos preventivos; por otro lado, tampoco existe un plan de capacitación dirigido a los operarios; por lo que en el año 2019 no se llevó a cabo ninguna capacitación al personal. Otro punto importante fue que al momento de la observación de las estaciones de trabajo, se determinó que en todas las estaciones no existía un orden adecuado; esto debido a la falta de implementación de las 5'S

2.4.1. Diagrama de Ishikawa:

Con la construcción del diagrama de Ishikawa de la problemática de la empresa, se determinaron las causas raíces tal como se muestra a continuación:

Figura 17

Diagrama de Ishikawa de la baja productividad de la empresa



2.4.2. Matriz de Priorización de las Causas Raíz:

Para detectar las causas críticas asociadas a la baja productividad de la empresa, se realizó una encuesta a los colaboradores de la línea de producción con la finalidad de cuantificar las causas según su impacto en la baja productividad. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11

Priorización de Causas Raíz

Ítem	Causa	Impacto	Porcentaje de impacto	Frecuencia Acumulada
CR2	Falta de capacitación del personal	31	13%	13%
CR8	Máquinas deterioradas	27	12%	25%
CR9	Exceso de productos defectuosos	27	12%	36%
CR11	Parada de máquina por fallas o averías	27	12%	48%
CR10	Falta de mantenimiento de las máquinas	25	11%	59%
CR6	Deficiente verificación de productos durante el proceso	23	10%	69%
CR5	Falta de orden y limpieza	19	8%	77%
CR4	Errores del operario	13	6%	82%
CR12	Materia prima fuera de especificaciones	13	6%	88%
CR1	Personal no calificado	9	4%	92%
CR3	Falta de personal	9	4%	96%
CR7	Procesos no estandarizados	5	2%	98%
CR13	Tapas fuera de especificaciones	5	2%	100%
		233	100%	

2.4.3. Diagrama de Pareto

Posteriormente, a través de un análisis de Pareto, se pudo determinar las causas críticas que serán objeto de esta investigación:

Figura 18

Diagrama de Pareto para la priorización de las causas



2.4.4. Matriz de Indicadores

Tabla 12

Matriz de indicadores

Nº	Causa	Indicador	Fórmula	Valor actual	Pérdidas	Meta	Herramientas
CR2	Falta de capacitación del personal	% Personal Capacitado	$(\text{Personal capacitado del área de producción})/(\text{total de personal del área de producción}) \times 100$	0%		100%	Plan de capacitación
CR9	Exceso de productos defectuosos	% Productos no conformes	$(\text{Total de productos no conformes})/(\text{total de unidades producidas}) \times 100$	0.72%	\$ 19,423.75	0.13%	Matriz de autocalidad (MAQ)
CR6	Deficiente verificación de productos durante el proceso	% Productos no conformes detectados durante el proceso	$(\text{Total de paradas no programadas por descalibración de téster por exceso de producto defectuoso})/(\text{total de paradas no programadas}) \times 100$	9.52		0%	Matriz de autocalidad (MAQ)
CR8	Máquinas deterioradas	% Paradas no programadas por fallas de máquinas	$(\text{n}^\circ \text{ de paradas no programadas por fallas de máquinas})/(\text{total de paradas no programadas}) \times 100$	46.43%		6.90%	Mantenimiento Productivo Total
CR11	Parada de máquina por fallas o averías	% Paradas no programadas	$(\text{total de tiempo por paradas no programadas})/(\text{total tiempo disponible}) \times 100$	28.66%	\$ 1,261,485.00	8.21%	Mantenimiento Productivo Total
CR10	Falta de mantenimiento de las máquinas	% Mantenimientos preventivos ejecutados	$(\text{Mantenimientos preventivos ejecutados})/(\text{mantenimientos preventivos programados}) \times 100$	0%		100%	Mantenimiento Productivo Total

N°	Causa	Indicador	Fórmula	Valor actual	Meta	Herramientas
CR5	Falta de orden y limpieza	% Orden y limpieza en el área de producción	Paradas no programadas por falta de orden y limpieza)/(Total de paradas no programadas) x 100	11.90%	3.45%	5'S
CR4	Errores del operario	% Errores del operario que generen paradas no programadas	(Paradas no programadas por errores del operario)/(Total de paradas no programadas) x 100	14.29%	6.90%	Estandarización

2.5. Aspectos éticos

La información usada en este estudio, fue proporcionada por la empresa y fue solamente utilizada para el propósito de esta investigación. Por otro lado, se respetó los derechos de autoría de los libros, tesis, entre otros materiales utilizados para el desarrollo de ella de tal forma que están debidamente citados y referenciados según normas APA. Asimismo, se protegió la confidencialidad de la información brindada por los colaboradores.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Descripción de Causas Raíz:

En la siguiente tabla se realiza a detalle la explicación de cada causa raíz

Tabla 13

Descripción de causas raíz

N°	CAUSA	DESCRIPCIÓN
CR2	Falta de capacitación del personal	No existe actualmente un plan de capacitación al personal encargado de la línea de producción, lo que conlleva a una ineficiente ejecución de sus funciones. Esto se ve reflejado principalmente en la alimentación manual de la soldadora, en la alimentación de tapas en la cerradora y en la detección de productos defectuosos durante la producción.
CR8	Máquinas deterioradas	Las máquinas se encuentran en mal estado, debido a su tiempo de vida y a una falta de mantenimiento; se ha podido detectar que mientras la velocidad de producción según fabricación debería de ser de 340 envases por minuto; esta es actualmente 320 envases por minuto.
CR9	Exceso de productos defectuosos	Presencia de productos no conformes a lo largo de la línea de producción; principalmente envases con falso cierre, variación en la pestaña, rebaba en la pestaña, pestaña rota, aplicación defectuosa de polvo termoplástico y de laca.
CR11	Parada de máquinas por fallas o averías	La presencia de porosidad en el rodillo aplicador de barniz, la obstrucción de la tubería que aplica el polvo termoplástico y el desgaste en las roldanas de la máquina soldadora conllevan a la presencia de fallas y de atasco en el equipo. Así mismo, las fallas más frecuentes en la máquina cerradora se dan por la presencia de desgaste o roturas en las rolas (rulinas o rodillos y mandriles).
CR10	Falta de mantenimiento de las máquinas	No existe un plan de mantenimiento de las máquinas, estas solo cuentan con un mantenimiento correctivo al momento en el que se presenta la falla o la avería.
CR6	Deficiente verificación de productos durante el proceso	El pase de un producto defectuoso de una estación a otra ocasiona atascos en las máquinas y por tanto, averías de las mismas; lo que conlleva a paradas no deseadas de la producción. Esto sucede debido a que los operadores no detectan a tiempo estos productos debido a una mala inspección de los mismos.
CR5	Falta de orden y limpieza	Al momento en que las máquinas presentan averías, el encargado de mantenimiento tarda en encontrar las herramientas necesarias para ejecutar su trabajo; esto debido a que no existe un orden o un lugar estandarizado de ubicación tanto para las herramientas como para los materiales de limpieza y de lubricación.

N°	CAUSA	DESCRIPCIÓN
CR4	Errores del operario	La mala colocación de las tarjetas en la máquina soldadora, así como de las tapas en la máquina cerradora, pueden conllevar a un atasco de los equipos. Esto sucede principalmente por una inadecuada manipulación de los materiales por parte del operador encargado debido a la falta de concentración.

3.2. Monetización de pérdidas:

Para la monetización de las pérdidas se agruparon las causas raíz en dos grupos; el primero que contiene las causas raíz 4, 5, 8 10 y 11 tienen en común que originan paradas no programadas en la producción lo que genera una cantidad de envases que se dejan de producir y por tanto incurren en pérdidas para la empresa; por otro lado, el segundo grupo incluye las causas raíz 2, 6 y 9, estas implican en una consecuencia común que es la generación de producto no conforme que llega a fin de proceso generando de igual forma pérdidas para la organización. Las pérdidas económicas totales en el periodo observado fueron de \$ 1, 280,908.75. Esto se ve reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 14

Total de pérdidas económicas por causa raíz

Nº	Causa Raíz	Indicador de pérdida	Pérdidas en el periodo de observación
CR2	Falta de capacitación del personal		
CR9	Exceso de productos defectuosos	Productos no conformes	\$ 19,423.75
CR6	Deficiente verificación de productos durante el proceso		
CR8	Máquinas deterioradas		
CR11	Parada de máquina por fallas o averías		
CR10	Falta de mantenimiento de las máquinas	Paradas no programadas	\$ 1,261,485.00
CR5	Falta de orden y limpieza		
CR4	Errores del operario		
Total de pérdidas			\$ 1,280,908.75

3.2.1. Monetización de pérdidas por paradas no programadas:

El tiempo total programado para la producción en el periodo estudiado fue de 46745 min; lo que representa una producción esperada de 15893300 envases a una velocidad de producción de 340 envases/min. Sin embargo, según información de la empresa, la producción ejecutada incluyendo productos conformes y no conformes se dio en un total de 10847360 unidades, lo que genera una diferencia de envases que se dejaron de producir en

un total de 5045940 unidades. Esta diferencia en la producción se debe a las constantes paradas no programadas durante la producción debido principalmente a errores por el operario (CR4), la falta de orden y limpieza (CR5), las máquinas deterioradas (RC8), la falta de plan de mantenimiento (CR10) y las paradas por averías o fallas (CR11). Esto se ve reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 15

Envases que se dejan de producir por paradas no programadas

Descripción	Tiempo (min)	Velocidad de producción (und/min)	Producción (und)
Tiempo programado	46745	340	15893300
Tiempo ejecutado	31904	340	10847360
Envases que se dejan de producir			5045940

El total de envases que se deja de producir conlleva a la empresa a un total de \$ 1, 261,485.00 en pérdidas económicas; esto se puede visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 16

Pérdidas económicas por paradas no programadas

Descripción	Total	Precio Venta (\$/und)	Pérdidas (\$)
Envases que se dejan de producir	5045940	0.25	\$ 1,261,485.00

3.2.2. Monetización de pérdidas por productos no conformes:

La falta de capacitación al personal (CR2), la deficiente verificación de los productos durante el proceso (CR9) y el exceso de productos defectuosos (CR6) al fin del proceso productivo generan un cúmulo de envases fuera de las especificaciones que tienen que ser desechados; en el periodo de observación, esto generó pérdidas por un monto de \$ 19,423.75. Esto se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 17

Pérdidas económicas por productos no conformes

Descripción	Total	Precio de Venta (\$/und)	Pérdidas (\$)
Productos No Conformes	77695	0.25	\$ 19,423.75

3.3. Propuesta de Mejora:

3.3.1. Implementación de 5’S:

3.3.1.1. Primera “S”: Seleccionar – Seiri:

Se realizó la clasificación de herramientas, instrumentos y materiales según criterio de necesidad; aquellos que fueron clasificados como innecesarios fueron reubicados o desechados.

3.3.1.2. Segunda “S”: Ordenar – Seiton:

- a. Se realizó la limpieza del área; de esta manera los elementos se fueron ordenando.

Figura 19

Limpieza estación de corte



Figura 20

Orden en pared de máquinas



- b. Se realizó la señalización correcta de pisos y pasillos de circulación.

Figura 21

Ordenamiento en pasillo de producción



- c. Se identificaron elementos, áreas y equipos, estandarizando nombres.
- d. Se ubicaron los elementos de acuerdo a la frecuencia de utilización.
- e. Se colocaron cerca de la máquina de corte las herramientas y materiales necesarios para el cambio de utilaje (set-up).
- f. Se colocó un panel de siluetas de herramientas en su lugar de colocación, con su nomenclatura y código de identificación.

Figura 22

Implementación de panel de siluetas para herramientas



- g. Se demarcaron áreas donde se ubican los extintores, elementos de transporte, contenedores de residuos y demás elementos auxiliares del área.

3.3.1.3. Tercera “S”: Limpieza – Seiso:

- a. Se adaptaron módulos de limpieza para cada estación de la línea de producción.

Figura 23

Implementación de módulos de limpieza



- b. Se asignaron responsabilidades de limpieza de cada área de la línea de producción. Esto se observa en la siguiente tabla:

Tabla 18

Asignación de responsabilidades de limpieza

Responsable	Áreas de la línea de producción							
	Cortadora	Soldadora	Cerradora	Pestañadora	Anilladora	Téster	Paletizado	Enzunchado
Operador 1	x	x						
Operador 2			x	x				
Operador 3					x	x		
Operador 4							x	
Operador 5								x

- c. Se determinó como parte del proceso de producción un tiempo de 10 minutos diarios para realizar las tareas de limpieza del sector. Esto se repite al final del turno dejando el área de trabajo en óptimas condiciones.

3.3.1.4. Cuarta "S": Mantener – Seiketsu:

- a. Se utilizaron listas de chequeos para evaluar el grado de compromiso de los trabajadores de la línea de producción en la implementación de la herramienta.
- b. Se establecieron mecanismos de evaluación para mejorar las condiciones del entorno laboral en donde se pueda verificar si se realiza la limpieza al iniciar el turno, si se ordenan las áreas de trabajo al finalizar la jornada, si las herramientas y materiales son de fácil y rápido acceso y si existen elementos innecesarios en el área de producción.
- c. Se programaron reuniones breves para discutir aspectos relacionados con el proceso.
- d. Se programaron dos jornadas de limpieza profunda por año.

3.3.1.5. Quinta "S": Autodisciplina – Shitsuke:

- a. Desarrollo de auditorías y controles sobre la autodisciplina
 - Promoción de acciones para fomentar la autodisciplina: mantener una capacitación y educación continua.

- Implementar sistemas de sugerencias y eventos con la finalidad de motivar el compromiso del personal, la proactividad y la generación de propuestas de mejora.
- Inspeccionar el cumplimiento de estándares y procedimientos de trabajo.
- Realizar una retroalimentación con el objetivo de analizar la necesidad de implementar acciones correctivas para finalmente desarrollar un nuevo plan de acción.

3.3.1.6. Programa de Control:

3.3.1.6.1 Plan de capacitación:

El plan de capacitación de la metodología 5’S está detallado en la mejora de plan de capacitación en la figura 54 y 55. El resumen se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19

Plan de Capacitación metodología 5'S

PLAN DE CAPACITACIÓN DIRIGIDO A SUPERINTENDENTE, SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN Y SUPERVISOR DE CALIDAD					
Tema y Contenido	Objetivos	Duración Horas	Semanas		Capacitador
			1	2	
Medodologis 5'S					
1.1. Generalidades, objetivos y ventajas	Conocer la metodología de las 5'S y los beneficios a la empresa	2			Expertos en metodología 5'S
1.2. Bases de la implementación, requisitos, fase preliminar		2			
1.3. Desarrollo de las 5'S		2			
PLAN DE CAPACITACIÓN DIRIGIDO A OPERADORES					
1.1. Desarrollo de las 5'S	Conocer la metodología de las 5'S	6			Supervisor de Producción
1.2. Importancia de orden y limpieza en el área de producción		1			

3.3.1.6.2 Diagrama de Gantt:

La implementación de la metodología 5'S se realizará según el siguiente diagrama de Gantt.

Tabla 20

Cronograma para la implementación de Metodología 5'S

Cronograma para la implementación de la metodología 5'S en empresa productora de envases, Trujillo 2020		SEMANAS											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Seiri: Seleccionar	Clasificación de herramientas, instrumentos y materiales												
	Reubicación o desechado de herramientas, instrumentos y materiales												
Seiton: Ordenar	Limpieza de estación de corte												
	Señalización de pisos y pasillos												
	Ordenamiento en pasillos de producción												
	Identificación de elementos, áreas y equipos, estandarizando nombres.												
	Ubicación de elementos según frecuencia de utilización												
	Colocación cerca de la máquina de corte las herramientas y materiales necesarios para el cambio de utilaje												
	Colocación de panel de siluetas para herramientas												
	Demarcación de áreas donde se ubican los extintores, elementos de transporte, contenedores de residuos y demás elementos auxiliares del área												
Seiso: Limpieza	Instalación de módulos de limpieza para cada estación de la línea de producción												
	Asignación de responsabilidades de limpieza de cada área de la línea de producción.												
Seiketsu: Mantener	Implementación de listas de chequeos												
	Implementación de mecanismos de evaluación												
	Programación de reuniones												
	Programación de jornadas de limpieza												
Shitsuke: Autodisciplin a	Promoción de acciones para fomentar la autodisciplina												
	Implementación de sistemas de sugerencias y eventos												
	Desarrollo de retroalimentación												

3.3.1.7. Estrategias para mantener en el tiempo

3.3.1.7.1 Auditorías:

Se desarrollará una evaluación sistemática de las áreas de la línea de producción en donde se está aplicando la herramienta de las 5S, con la finalidad de medir el nivel de cumplimiento de las directrices establecidas; para esto se usará una lista de chequeo como referencia por parte de los auditores. (ANEXO N° 5)

La auditoría "5S" buscará exponer como resultado una relación de desviaciones si fuera el caso; éstas serán valoradas mediante la asignación de puntaje que se establecerá de forma convencional, dando valor representativo del nivel de orden y limpieza del área auditada.

El informe de auditoría deberá ser complementado con fotos que reflejen situaciones donde sea necesario aplicar acciones de mejora.

- **Criterios de medición en las auditorías:**

Se propone la siguiente escala de medición:

Tabla 21

Criterios para medición en las auditorías

Escala de Medición	Puntaje	Denominación
A	91 -100	Excelente
B	71 - 90	Muy bueno
C	51 - 70	Promedio
D	31 - 50	Por debajo del promedio
E	0 - 30	Insatisfactorio

Nota: Manual para la Implementación Sostenible de las 5S, Cruz J (2010)

3.3.1.8. Inversión:

La inversión generada por la implementación de las 5’S está detallada en la siguiente tabla:

Tabla 22

Inversión por implementación de 5’S

Descripción	Inversión
Módulos de limpieza	S/ 12,000.00
Panel de siluetas para herramientas	S/ 1,500.00
Señalización de pisos y pasillos	S/ 15,000.00
Total	S/ 28,500.00

3.3.2. Implementación de Mantenimiento Productivo Total:

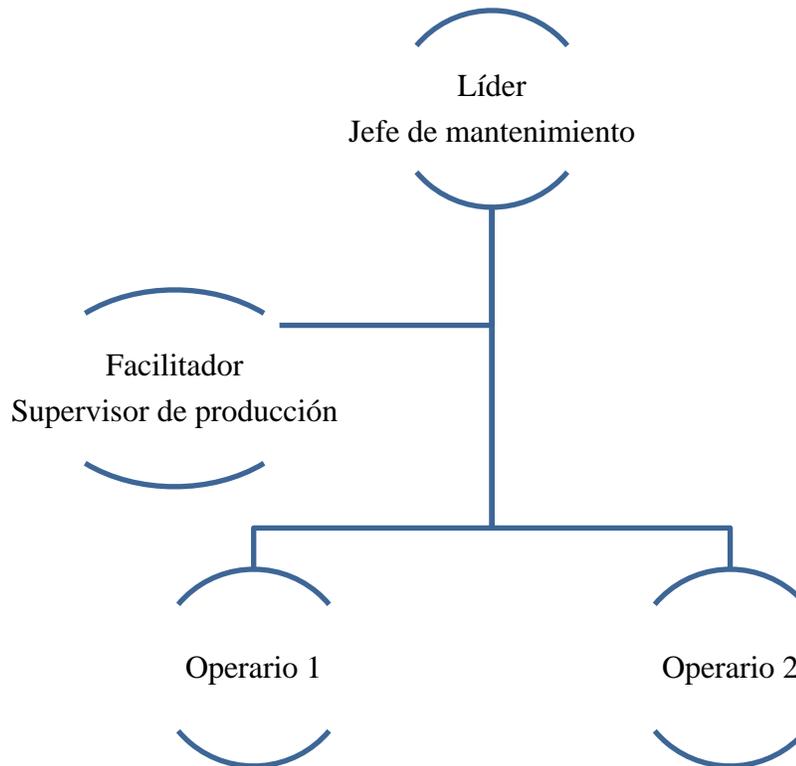
El objetivo de la implementación de esta herramienta es disminuir o en su defecto eliminar las paradas de las máquinas ya sea por presentar fallas, averías o porque se encuentran deterioradas lo que origina una descalibración. Para esto se seguirá la siguiente secuencia:

3.3.2.1. Etapa Preliminar:

- a. Se definió la máquina o equipo en el que se realizó la implementación, para efectos de esta investigación, se decidió realizar la implementación en todas las máquinas de la línea 07 de producción.
- b. Se creó el equipo de implementación: la propuesta del equipo al que se denominará equipo TPM, estará conformado de la siguiente manera:

Figura 24

Estructura del equipo TPM



- c. Se capacitó al equipo TPM en base a la metodología de formulación e implementación de la herramienta.

3.3.2.2. Plan de Mantenimiento Autónomo:

a. Máquina cortadora:

Fase 01: Restauración de las condiciones iniciales del equipo:

- Fase 01-1: Identificación anomalías en la máquina:

Figura 25

Identificación de anomalías máquina cortadora



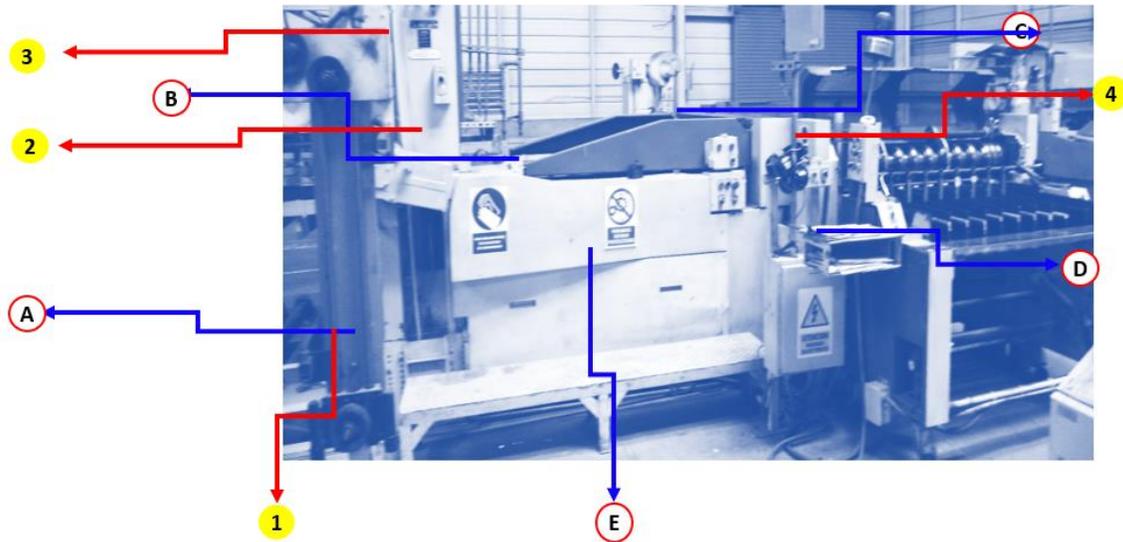
No	Anomalía	Descripción	Plan de acción
01	Reserva contaminada	invasión de reserva libre de barniz esta cubierto esto origina atasco en la	Detectar en el corte y separar laminas comprometidas
02	Atasco en la segunda estación (soldadora)	Laminas con diferentes espesores	Operador de cortadora debera de informar al Mecánico soldador el cambio de espesor de hojalata.

- **Fase 01-2: Plan de limpieza y lubricación:**

Fase 01-2.1. Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación:

Figura 26

Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de cortadora



Fase 01-2.2. Desarrollo del plan de limpieza y lubricación:

Tabla 23

Plan de limpieza y lubricación de máquina cortadora

PLAN DE LIMPIEZA E LUBRICACIÓN							
MODELO : CANOMAN				TIPO: Cortadora Automático			
PUNTO	FRECUENCIA	LIMPIEZA	MATERIAL - HERRAMIENTA	PUNTO	FRECUENCIA	LUBRICANTE	TIPO
A	Inicio y Fin de Producción	Apilador de Láminas	Brocha y Trapo Industrial	1	Turno	Mobil Gear 600 XP 150	H1
B	Inicio y Fin de Producción	Primera mesa	Brocha y Trapo Industrial	2	tumo	Klubersynth 14-151	H1
C	Inicio y Fin de Producción	Segunda mesa	Brocha y Trapo Industrial	3	tumo	Klubersynth 14-151	H1
D	Inicio y Fin de Producción	Bolsillos de cortes	Brocha y Trapo Industrial	4	tumo	Klubersynth 14-151	H1
E	Inicio y Fin de Producción	Carcasa de máquina	Brocha y Trapo Industrial				

Fase 02: Eliminación de fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso:

Esta etapa se dará en dos fases:

- **Fase 02-1. Identificar, reducir o eliminar las fuentes de suciedad y contaminación en la máquina**

Tabla 24

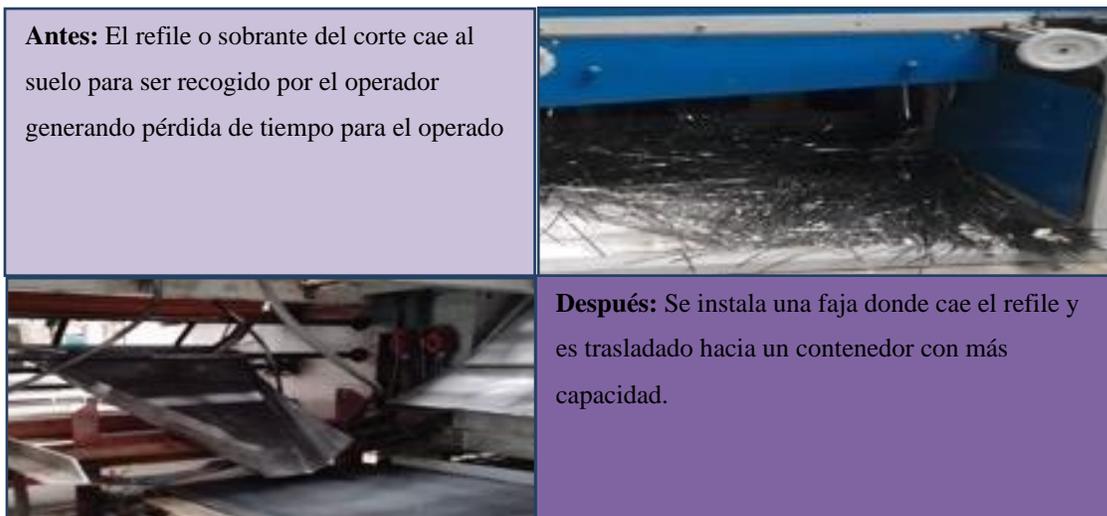
Identificación de fuentes de contaminación de máquina cortadora

CODIGO	Componente de máquina	Fuente de contaminación	Causa que lo origina	Propuesta de mejora
C-01	Carcasa de la máquina	Partículas de polvo esparcido	Polvo del ambiente y tránsito de montacargas	Cumplir con el programa de limpieza.
C-02	Hodrolina	Lubricación de Cuchillas de corte	Mal ajuste de cuchillas o mala limpieza	Procedimiento de trabajo

- **Fase 02-2: Mejorar los accesos a los puntos de inspección:**

Figura 27

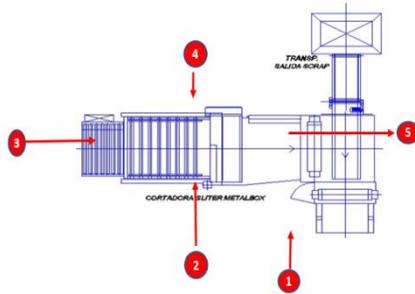
Mejora de accesos de punto de inspección de máquina cortadora



Fase 03: Estándares de limpieza, inspección y lubricación:

Figura 28

Estándares de limpieza e inspección de máquina cortadora



NÚMERO	CODIGO	COMPONENTE	ACCIÓN	HERRAMIENTA	FRECUENCIA
1	C-001	Bolsillos de corte	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	1/F de turno
2	C-002	Primera mesa de corte	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	1/F de turno
3	C-003	Aplador de Láminas	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	1/F de turno
4	C-004	Sistema de elevación	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	1/F de turno
5	C-005	Segunda mesa de corte	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	1/F de turno

b. Máquina soldadora:

Fase 01: Restauración de las condiciones iniciales del equipo:

- **Fase 01-1: Identificación anomalías en la máquina:**

Figura 29

Identificación de anomalías máquina soldadora



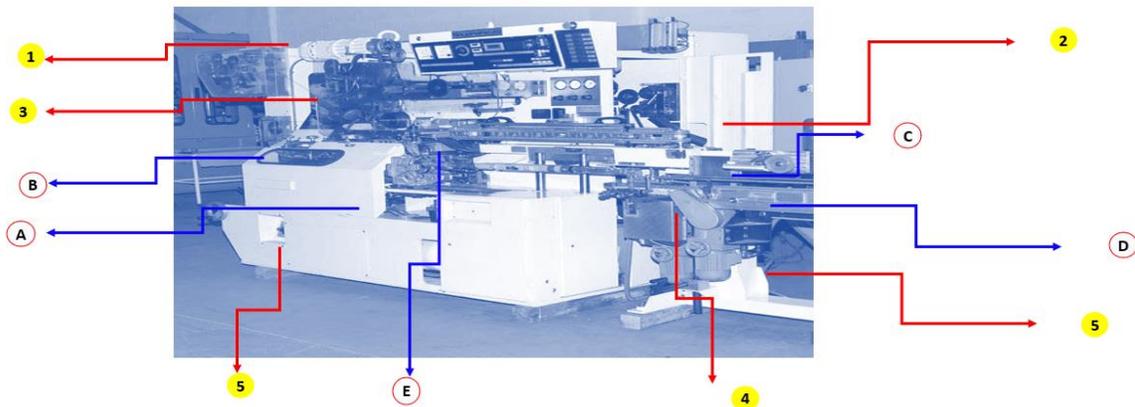
No	Anomalia	Descripción	Plan de acción
01	Presencia de porosidad en el rodillo aplicador de barniz	Presencia de poros con reacción a prueba de sulfato de cobre	Verificar diámetro uniforme, si esta desgastado limar hasta que quede uniforme y si fuera necesario cambiar rodillo
02	Tubería de aplicador de polvo obstruido	Cada 4 horas aproximadamente hay paradas para efectuar limpieza de aplicador	Ducto de aplicador de polvo limpio de obstrucciones por grumos
03	Roldanas desgastadas	Atascos esporádico	Alineación de roldanas

- **Fase 01-2: Plan de limpieza y lubricación:**

Fase 01-2.1. Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación:

Figura 30

Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de soldadora



Fase 01-2.2. Desarrollo del plan de limpieza y lubricación:

Tabla 25

Plan de limpieza y lubricación de máquina soldadora

PLAN DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN							
MODELO : FBB 501				TIPO: Soldadora Automático			
PUNTO	FRECUENCIA	LIMPIEZA	MATERIAL - HERRAMIENTA	PUNTO	FRECUENCIA	LUBRICANTE	TIPO
A	Inicio y Fin de Producción	Caja de transmisión	Brocha y Trapo Industrial	1	Tumo	Mobil Gear 600 XP 150	Aceite Lubricante
B	Inicio y Fin de Producción	Mica de ruedas de perfilador	Brocha y Trapo Industrial	2	tumo	Klubersynth 14-151	Aceite Lubricante
C	Inicio y Fin de Producción	OHC	cepillo	3	tumo	Klubersynth 14-151	Aceite Lubricante
D	Inicio y Fin de Producción	Sistema de transmisión	aceite	4	tumo	Mobilux EP2	Aceite Hidráulico
E	Inicio y Fin de Producción	Palicador de polvo	aspiradora	5	semanal	Klubersynth 14-151	Grasa sanitaria

Fase 02: Eliminación de fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso:

Esta etapa se dará en dos fases:

- **Fase 02-1. Identificar, reducir o eliminar las fuentes de suciedad y contaminación en la máquina**

Tabla 26

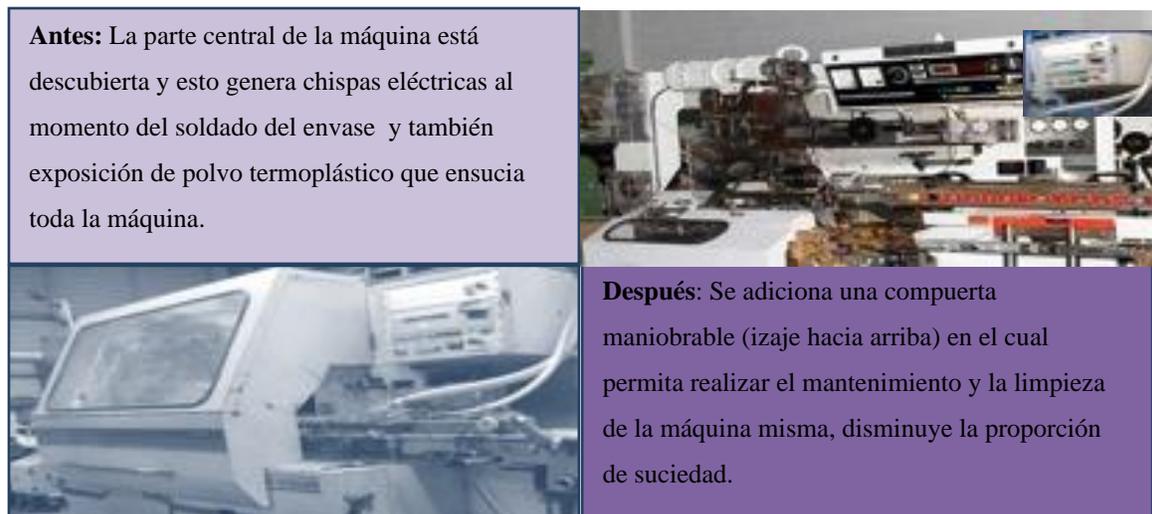
Identificación de fuentes de contaminación de máquina soldadora

CODIGO	Componente de máquina	Fuente de contaminación	Causa que lo origina	Propuesta de mejora	Detalle
PA-001	Panel de Control de Mando	Partículas de polvo esparcido	Al finalizar el turno queda sucio el tablero con polvo blanco	Comprar una aspiradora industrial para limpieza eficaz y establecer frecuencia de limpieza	Establecer frecuencia de limpieza. Para no acumularse al finalizar el turno
PA-002	Aplicador de laca barniz interior	laca chorreada en el piso	Al momento de realizar el llenado de laca al recipiente cae al suelo manchando el suelo y parte de la máquina.	Contenedor de laca en modo giratorio con caño.	Realizar limpieza debida después de usar

- **Fase 02-02: Mejorar los accesos a los puntos de inspección:**

Figura 31

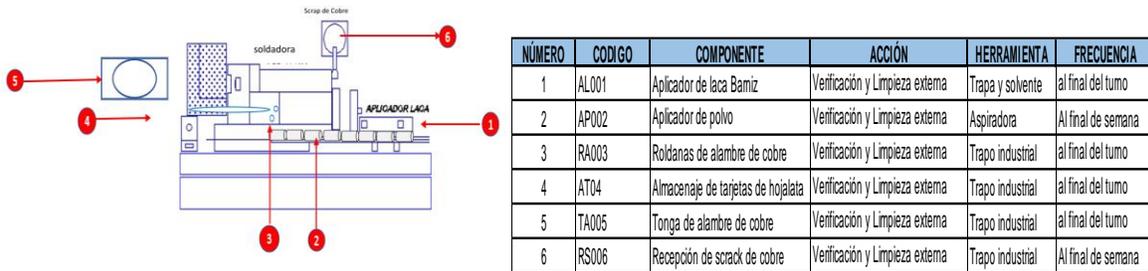
Mejora de accesos de punto de inspección de máquina soldadora



Fase 03: Estándares de limpieza, inspección y lubricación:

Figura 32

Estándares de limpieza e inspección de máquina soldadora



c. Máquina pestañadora:

Fase 01: Restauración de las condiciones iniciales del equipo:

- **Fase 01-1: Identificación anomalías en la máquina:**

Figura 33

Identificación de anomalías máquina pestañadora



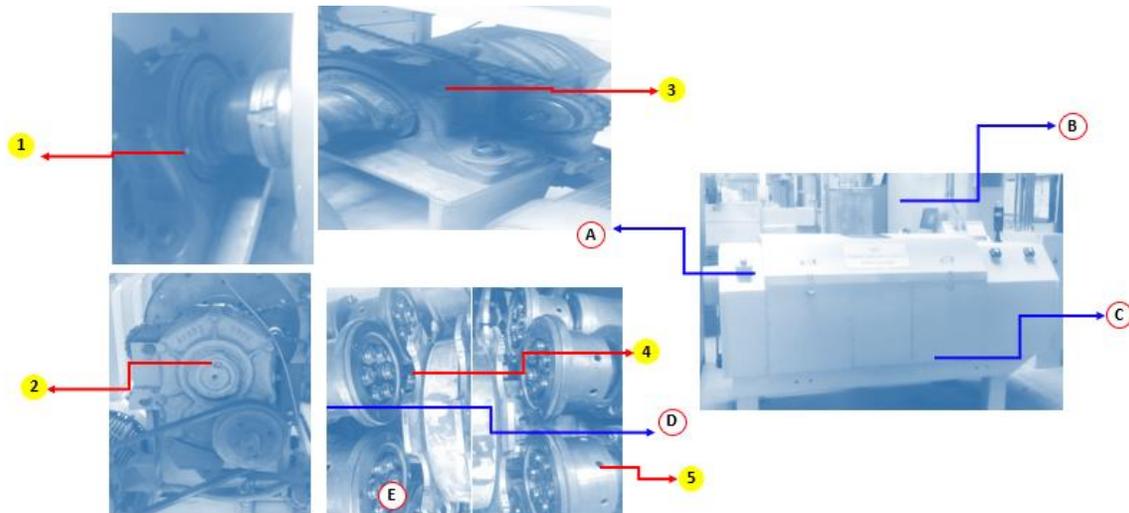
No	Anomalia	Descripción	Plan de acción
1	Rebaba en la pestaña	Pestaña fuera de parámetro origina un leve levantamiento en su zona de deformación hacia arriba.	Cambiar lanas de la estera Matriz

- **Fase 01-2: Plan de limpieza y lubricación:**

Fase 01-2.1. Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación:

Figura 34

Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de pestañadora



Fase 01-2.2. Desarrollo del plan de limpieza y lubricación:

Tabla 27

Plan de limpieza y lubricación de máquina pestañadora

PLAN DE LIMPIEZA E LUBRICACIÓN							
MODELO : CANTON 01				TIPO: Pestañadora Automático			
PUNTO	FRECUENCIA	LIMPIEZA	MATERIAL - HERRAMIENTA	PUNTO	FRECUENCIA	LUBRICANTE	TIPO
A	Diaña	Comandos de ejecución	Brocha y Trapo Industrial	1	I/P	Klubersynth 14-151	H1
B	Diaña	Carcasa exterior	Brocha y Trapo Industrial	2	I/P	Klubersynth 14-151	H1
C	Diaña	Guarda de gusano receptor	Brocha y Trapo Industrial	3	I/P	Klubersynth 14-151	H1
D	Diaña	Motor	Brocha y Trapo Industrial	4	I/P	Klubersynth 14-151	H1

Fase 02: Eliminación de fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso:

Esta etapa se dará en dos fases:

- **Fase 02-1. Identificar, reducir o eliminar las fuentes de suciedad y contaminación en la máquina**

Tabla 28

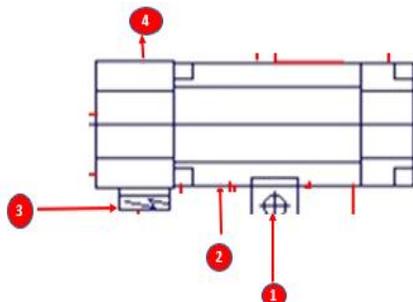
Identificación de fuentes de contaminación de máquina pestañadora

CODIGO	Componente de máquina	Fuente de contaminación	Causa que lo origina	Propuesta de mejora	Detalle
P01	Carcasa de la máquina	Partículas de polvo esparcido	Polvo del ambiente y tránsito de montacargas	Cumplir con el programa de limpieza.	Realizar un cronograma de Limpieza
P02	Estrella y cabezales	Pelusa de barniz de hojalata	Barniz de hojalata	Inyectores de aire	Sirven para desprender pelusas antes de ingresar a la formación de pestaña.

Fase 03: Estándares de limpieza, inspección y lubricación:

Figura 35

Estándares de limpieza e inspección de máquina pestañadora



NÚMERO	CODIGO	COMPONENTE	ACCIÓN	HERRAMIENTA	FRECUENCIA
1	AL001	Entrada de cilindros del gusano	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
2	AL002	Puertas principales	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
3	AL003	Tablero Eléctrico	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
4	AL004	Carcasa del Tambor	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno

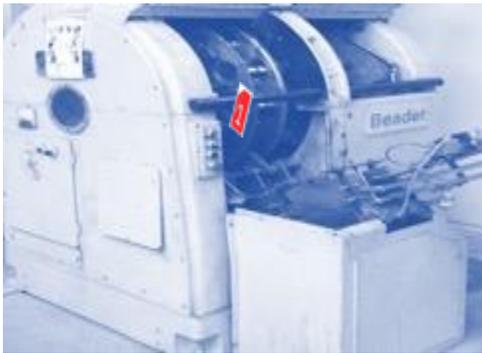
d. Máquina anilladora:

Fase 01: Restauración de las condiciones iniciales del equipo:

- **Fase 01-1: Identificación anomalías en la máquina:**

Figura 36

Identificación de anomalías máquina anilladora



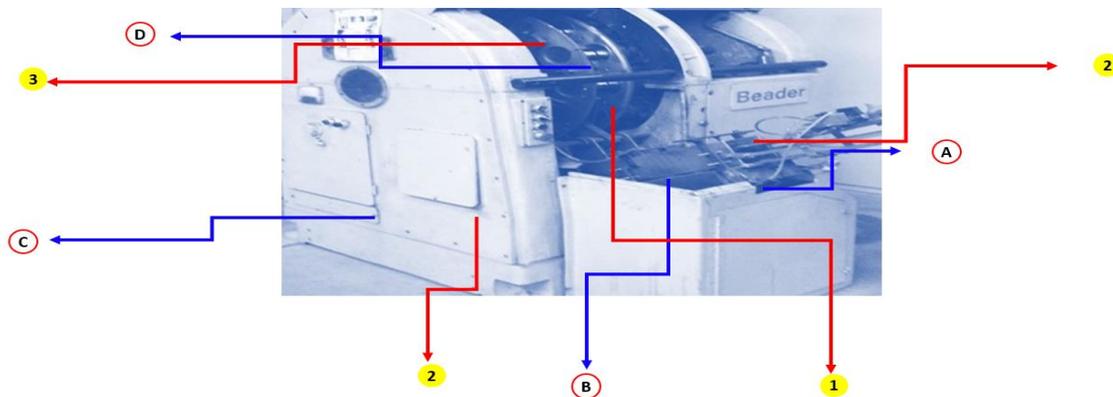
No	Anomalia	Descripción	Plan de acción
1	Raya o desbarnizado	Raya con exposición al metal reacción al sulfato de cobre (prueba de calidad donde refleja exposición al óxido)	De acuerdo a la incidencia del defecto menor, comunicar al Inspector de calidad y líder de línea para que se evalúe y tomen las acciones correctivas.
2	Anillado fuera de parámetro	Descalibración de algún cabezal, origina medidas fuera de parámetros.	Parar la línea y realizar calibración

- **Fase 01-2: Plan de limpieza y lubricación:**

Fase 01-2.1. Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación:

Figura 37

Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de anilladora



Fase 01-2.2. Desarrollo del plan de limpieza y lubricación:

Tabla 29

Plan de limpieza y lubricación de máquina anilladora

PLAN DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN							
MODELO : FBB 501				TIPO: Anilladora			
PUNTO	FRECUENCIA	LIMPIEZA	MATERIAL - HERRAMIENTA	PUNTO	FRECUENCIA	LUBRICANTE	TIPO
A	Diaña	Carril de ingreso de cilindros	Brocha y Trapo Industrial	1	I/P	Klubersynth 14-151	Aceite Lubricante
B	Diaña	Gusano de ingreso de cilindros	Brocha y Trapo Industrial	2	I/P	Klubersynth 14-151	Aceite Lubricante
C	Diaña	Carcasa de maquina	Brocha y Trapo Industrial	3	I/P	Mobilux EP2	Aceite Lubricante
D	Diaña	Tambor giratorio	Brocha y Trapo Industrial				

Fase 02: Eliminación de fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso:

Esta etapa se dará en dos fases:

- **Fase 02-1. Identificar, reducir o eliminar las fuentes de suciedad y contaminación en la máquina**

Tabla 30

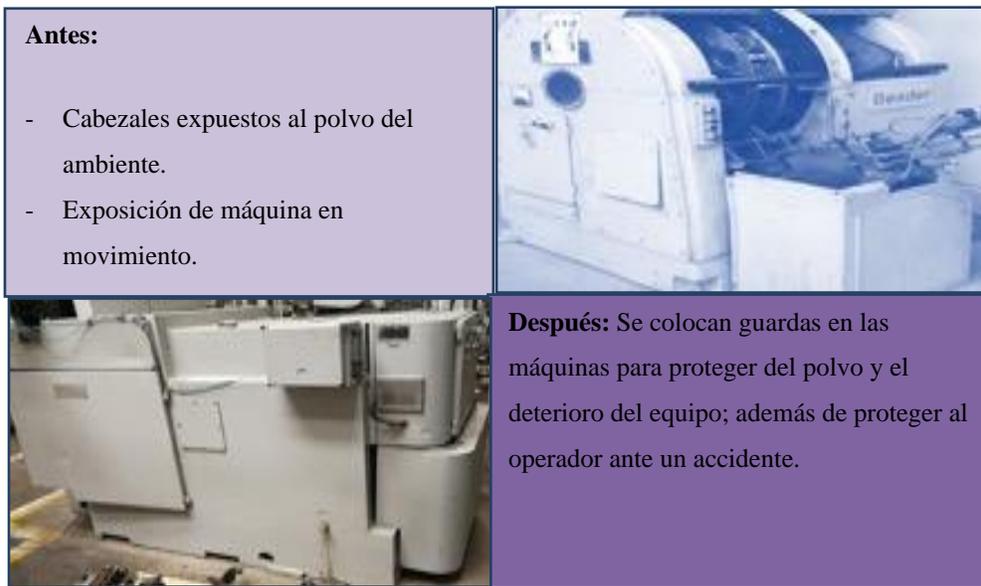
Identificación de fuentes de contaminación de máquina anilladora

CODIGO	Componente de máquina	Fuente de contaminación	Causa que lo origina	Propuesta de mejora	Detalle
A01	Carcasa de la maquina	Particulas de polvo esparcido	Polvo del ambiente y tránsito de montacargas	Cumplir con el programa de limpieza.	Realizar un cronograma de Limpieza
A02	Estrella y cabezales	Pelusa de barniz de hojalata	Barniz de hojalata	Inyectores de aire	Sirven para desprender pelusas antes de ingresar a la formación de pestaña.

- **Fase 02-02: Mejorar los accesos a los puntos de inspección:**

Figura 38

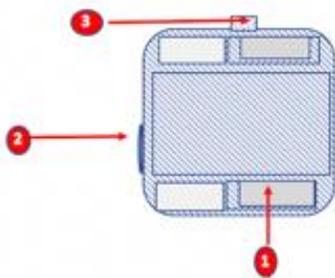
Mejora de accesos de punto de inspección de máquina anilladora



Fase 03: Estándares de limpieza, inspección y lubricación:

Figura 39

Estándares de limpieza e inspección de máquina anilladora



Nº	CODIGO	COMPONENTE	ACCIÓN	HERRAMIENTA	FRECUENCIA
1	ANL001	Ingreso de cilindros (gusano)	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
2	ANL002	Manibela	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
3	ANL003	Salida de cilindros (gusano)	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno

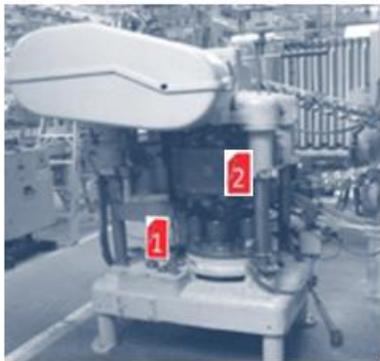
e. Máquina cerradora:

Fase 01: Restauración de las condiciones iniciales del equipo:

- **Fase 01-1: Identificación anomalías en la máquina:**

Figura 40

Identificación de anomalías máquina cerradora



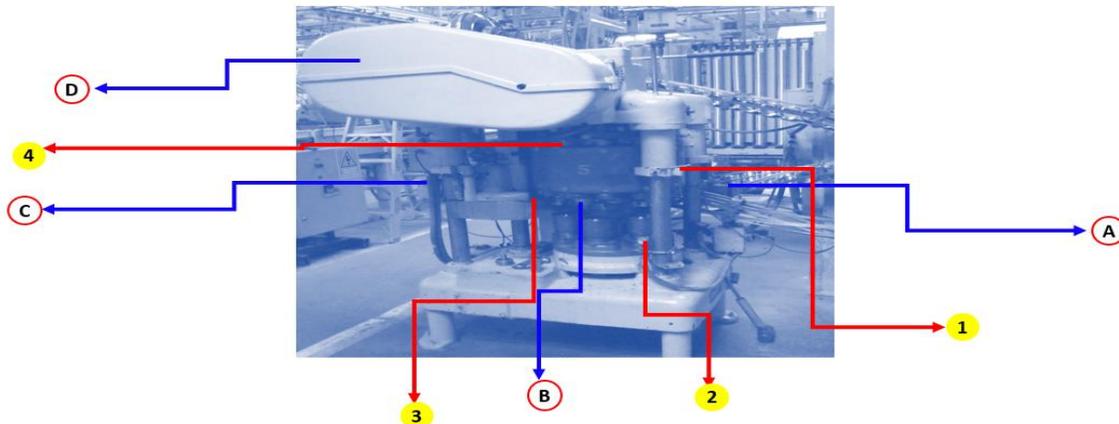
No	Anomalia	Descripción	Plan de acción
1	Falso Cierre	Unión del envase defectuoso no es hermético	Comunicar al inspector de calidad y líder de línea, para que se tomen las acciones correctivas, se detiene la línea, se para tramo involucrado.
2	Falso Cierre	Caída en el cierre	Comunicar al Inspector de calidad y líder de línea, para que se tomen las acciones correctivas, se detiene la línea, se para tramo involucrado.

- **Fase 01-2: Plan de limpieza y lubricación:**

Fase 01-2.1. Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación:

Figura 41

Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de cerradora



Fase 01-2.2. Desarrollo del plan de limpieza y lubricación:

Tabla 31

Plan de limpieza y lubricación de máquina cerradora

PLAN DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN							
MODELO : FBB 501				TIPO: Cerradora			
PUNTO	FRECUENCIA	LIMPIEZA	MATERIAL - HERRAMIENTA	PUNTO	FRECUENCIA	LUBRICANTE	TIPO
A	Diaria	reso y salida de envase	Brocha y Trapo Industrial	1	I/P	Klubersynth 14-151	H1
B	Diaria	Rolas y plato base	Brocha y Trapo Industrial	2	I/P	Mobilux EP2	H1
C	Diaria	Receptor de tapas	Brocha y Trapo Industrial	3	I/P	Klubersynth 14-151	H1
D	Diaria	Guardas de maquina	Brocha y Trapo Industrial	4	I/P	Klubersynth 14-151	

Fase 02: Eliminación de fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso:

Esta etapa se dará en dos fases:

- **Fase 02-1. Identificar, reducir o eliminar las fuentes de suciedad y contaminación en la máquina**

Tabla 32

Identificación de fuentes de contaminación de máquina cerradora

CODIGO	Componente de máquina	Fuente de contaminación	Causa que lo origina	Propuesta de mejora	Detalle
P01	Carcasa de la máquina	Partículas de polvo esparcido	Polvo del ambiente y tránsito de montacargas	Cumplir con el programa de limpieza.	Realizar un cronograma de Limpieza
P02	Rolas y Plato base	Pelusa de barniz de hojalata	Barniz de hojalata	Limpieza programada	Sirven para desprender pelusas antes de ingresar a la formación de pestaña.
P03	Rolas y Plato base	Grasa y aceite	Exceso de lubricación	Instalar guardas de seguridad	Registro de limpieza

- **Fase 02-02: Mejorar los accesos a los puntos de inspección:**

Figura 42

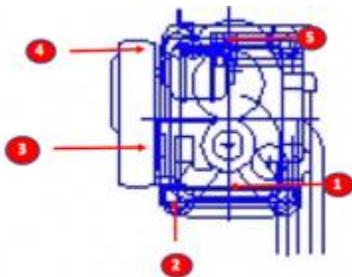
Mejora de accesos de punto de inspección de máquina cerradora



Fase 03: Estándares de limpieza, inspección y lubricación:

Figura 43

Estándares de limpieza e inspección de máquina cerradora



Nº	CODIGO	COMPONENTE	ACCIÓN	HERRAMIENTA	FRECUENCIA
1	CER 001	Ingreso de cilindros (gusano)	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
2	CER 002	Cabezales rolas y plato base	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
3	CER 003	Guardas y Carsasa	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
4	CER 004	Receptor de tapas	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
5	CER 005	Plato giratorio receptor de cilindros	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno

f. Máquina téster:

Fase 01: Restauración de las condiciones iniciales del equipo:

- **Fase 01-1: Identificación anomalías en la máquina:**

Figura 44

Identificación de anomalías máquina téster



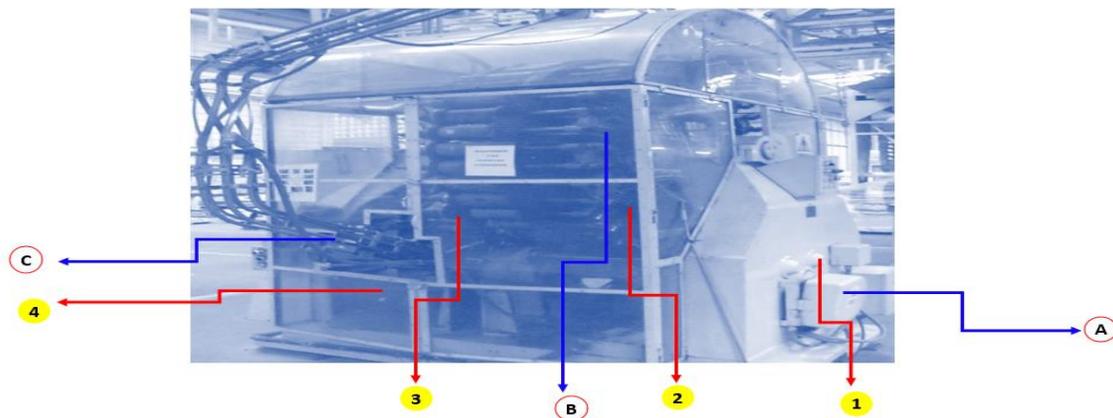
No	Anomalia	Descripción	Plan de acción
1	Envases con micro fugas	No detecta envases con fuga por descalibración del equipo.	Detener la línea, comunicar inspectores de calidad, para verificar si hay envases comprometidos. Operador mecánico realizar el ajuste requerido.
2	Manchas de aceite	Aceite cae en gotas esporádicamente en los envases.	Detener la línea, comunicar inspectores de calidad, para verificar si hay envases comprometidos. Operador mecánico realizar el ajuste requerido.
3	Pestaña aplastada	Mala regulación dobla la pestaña en forma de hongo	Detener la línea, comunicar inspectores de calidad, para verificar si hay envases comprometidos. Operador mecánico realizar el ajuste requerido.

- **Fase 01-2: Plan de limpieza y lubricación:**

Fase 01-2.1. Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación:

Figura 45

Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación de téster



Fase 01-2.2. Desarrollo del plan de limpieza y lubricación:

Tabla 33

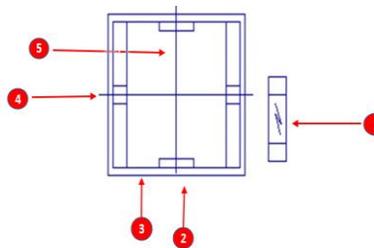
Plan de limpieza y lubricación de máquina téster

PLAN DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN							
MODELO: FBB 501				TIPO: Téster			
PUNTO	FRECUENCIA	LIMPIEZA	MATERIAL - HERRAMIENTA	PUNTO	FRECUENCIA	LUBRICANTE	TIPO
A	Diaria	Carcasa encapsulado	Brocha y Trapo Industrial	1	I/P	Klubersynth 14-151	H1
B	Diaria	Guardas	Brocha y Trapo Industrial	2	I/P	Klubersynth 14-151	H1
C	Diaria	Ingreso y salida de envases	Brocha y Trapo Industrial	3	I/P	Klubersynth 14-151	H1
D				4	I/P	Klubersynth 14-151	H1

Fase 03: Estándares de limpieza, inspección y lubricación:

Figura 46

Estándares de limpieza e inspección de máquina téster



Nº	CODIGO	COMPONENTE	ACCIÓN	HERRAMIENTA	FRECUENCIA
1	TEL001	Caja eléctrica	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
2	TEL002	Ingres y salida de cilindros (gusano)	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
3	TEL003	Caja interna	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
4	TEL004	Cuadro de mandos	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno
5	TEL005	Carcasa encapsulado	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final del turno

g. Máquina de paletizado:

Fase 01: Restauración de las condiciones iniciales del equipo:

- **Fase 01-1: Identificación anomalías en la máquina:**

Figura 47

Identificación de anomalías máquina de paletizado



No	Anomalía	Descripción	Plan de acción
01	Golpe en la pestaña del envase	Golpe en la pestaña abolladura causado por el peine de cuadrado de niveles.	Detener la faja y retirar envase afectado.

- **Fase 01-2: Plan de limpieza y lubricación:**

Fase 01-2.1. Mapa visual de puntos de limpieza y lubricación:

Figura 48

Mapa visual de puntos de limpieza de máquina de paletizado



Fase 01-2.2. Desarrollo del plan de limpieza y lubricación:

Tabla 34

Plan de limpieza y lubricación de máquina de paletizado

PLAN DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN							
MODELO: ZANC INTERNATIONAL				TIPO: Paletizado Automático manual			
PUNTO	FRECUENCIA	LIMPIEZA	MATERIAL - HERRAMIENTA	PUNTO	FRECUENCIA	LUBRICANTE	TIPO
A	Diaaria	Cuadro de mando controles	Brocha y Trapo Industrial				
B	Diaaria	Peine y guías	Brocha y Trapo Industrial				
C	Diaaria	Entrada de envases	Brocha y Trapo Industrial				
D	Diaaria	Faja de paletizado	Brocha y Trapo Industrial				

Fase 02: Eliminación de fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso:

- **Fase 02-1. Identificar, reducir o eliminar las fuentes de suciedad y contaminación en la máquina**

Tabla 35

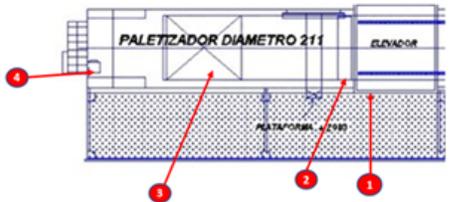
Identificación de fuentes de contaminación de máquina de paletizado

CODIGO	Componente de máquina	Fuente de contaminación	Causa que lo origina	Propuesta de mejora	Detalle
101	Faja de paletizado	Partículas de polvo del ambiente	Polvo del ambiente	Registro de limpieza diaria	Inicio y fin de turno

Fase 03: Estándares de limpieza, inspección y lubricación:

Figura 49

Estándares de limpieza e inspección de máquina de paletizado



N°	CODIGO	COMPONENTE	ACCIÓN	HERRAMIENTA	FRECUENCIA
1	PAL.001	Cuadro de mando controles	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final de turno
2	PAL.001	Peine y guías	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final de turno
3	PAL.001	Faja de envases	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final de turno
4	PAL.001	Ingreso de envases	Verificación y Limpieza externa	Trapo Industrial	Inicio y final de turno

3.3.2.3. Inversión

La inversión generada por el TPM está detallada en dos grupos; el primero es una inversión única en donde se realizó la adquisición de una aspiradora industrial y se realizaron cambios de mejora en las máquinas de la línea de producción; estos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 36

Inversión única por TPM

Descripción	Inversión	
Instalación de compuerta en máquina cerradora	S/	12,000.00
Instalación de guardas de seguridad en máquina cerradora	S/	15,000.00
Instalación de guardas de seguridad en máquina anilladora	S/	1,500.00
Aspiradora industrial	S/	4,900.00
Instalación de faja en máquina cortadora	S/	13,000.00
Total	S/	46,400.00

El segundo grupo está asociado a la compra de insumos y herramientas; esta inversión se realiza de forma anual y se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 37

Inversión anual por TPM

Producto	Presentación	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Trapo Industrial	Bolsa 5 kg	12	S/ 29.00	S/ 348.00
Brocha Industrial	und	50	S/ 15.00	S/ 750.00
Lubricante Klubersynth GE 14-151	Balde 25 kg	12	S/ 22,347.00	S/ 268,164.00
Lubricante Mobilux EP2	Condetenor 50 kg	12	S/ 13,400.00	S/ 160,800.00
Solvente para barniz	Frasco	12	S/ 450.00	S/ 5,400.00
Lubricante Mobil Mobilgear 600 XP 150	Garrafa 20 lts	12	S/ 560.00	S/ 6,720.00
Total				S/ 442,182.00

3.3.3. Implementación de Matriz de Autocalidad (MAQ):

La implementación de la Matriz de Autocalidad (MAQ) tiene como objetivo detectar todos los productos defectuosos en la estación donde se generan y la puesta en marcha de medidas de acción para que no se repitan. Esto tiene la finalidad de disminuir o eliminar el número de productos no conformes que se producen; así mismo, minimizar la cantidad de productos defectuosos que llegan hasta el final del proceso imposibilitando su corrección y evitar algún incidente con el cliente.

Habitualmente, si no realizamos un control de calidad en cada fase, corremos el riesgo que los defectos sean detectados en el producto final, y donde las correcciones y reparaciones sean muy costosas, y a veces imposibles de realizar.

Figura 50

Matriz de Autocalidad

MATRIZ DE AUTOCALIDAD												
Elemento producido:						Periodo de Producción:						
Fase donde se produce el defecto												
Fase donde se detecta el defecto	Proveedor Externo	Proveedor Interno	Fase 1: Corte	Fase 2: Soldado	Fase 3: Curado	Fase 4: Pestañado	Fase 5: Anillado	Fase 6: Cerrado	Fase 7: Verificación hermeticidad	Fase 8: Paletizado	Fase 9: Enzunchado	Total PPM
	Fase 1: Corte											
	Fase 2: Soldado											
	Fase 3: Curado											
	Fase 4: Pestañado											
	Fase 5: Anillado											
	Fase 6: Cerrado											
	Fase 7: Verificación hermeticidad											
	Fase 8: Paletizado											
	Fase 9: Enzunchado											
	Ciente Interno											
Ciente Externo												
Total de piezas producidas en el periodo de tiempo establecido									Total PPM			

Posteriormente, se recolecta la información obtenida en cada MAQ con respecto a cada defecto detectado. Esta información es consolidada en el siguiente cuadro:

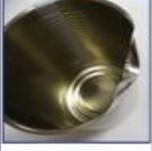
Figura 51

Hoja de Registro de Defectos

HOJA DE REGISTRO DE DEFECTOS								
Producto:					Semana:			
Operario:					Turno:			
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Acumulado
1	Desbarnizado en el mandril							
2	Desbarnizado en la base del envase							
3	Rayadura en el doble cierre							
4	Doble fondo							
5	Falso cierre caída							
6	Polvo esparcido							
7	Barniz interior al exterior							
8	Laca chorreada y quemada							
9	Polvo crudo							
10	Sin polvo recubridor en el interior							
11	Pestaña doblada							
12	Pestaña golpeada							

Figura 52

Guía Visual de Defectos

ESTACIÓN	DEFECTO	FOTO	DEFECTO	FOTO	DEFECTO	FOTO	DEFECTO	FOTO	DEFECTO	FOTO
Cerradora	Desbamizado en el mandril / Cuerpo cilindro volteado, doble tapa		Desbamizado en la base del envase.		Rayadura en el doble cierre.		Doble fondo		Falso cierre caída	
				Barniz interior al exterior.				Laca chorreada y quemada		
Pestañadora	Pestaña doblada									
Paletizado	Pestaña golpeada									

3.3.4. Estandarización de procesos:

Dentro de la problemática encontrada en la investigación, se divisó los errores cometidos por los operarios en dos actividades, éstas son:

- a. Alimentación manual de láminas cortadas en la soldadora
- b. Alimentación manual de tapas en la cerradora

Estos errores implicaban una parada en la producción para poder solucionar el desperfecto ocasionado incurriendo en la baja productividad de la empresa. Para minimizar el número de errores cometidos, se procedió a estandarizar estos procesos a través de la implementación de instructivos.

Figura 53

Procedimiento para la alimentación manual a la soldadora

PROCEDIMIENTO ALIMENTACIÓN MANUAL DE TARJETAS A LA SOLDADORA	Código:
	Versión:
	Aprobado:
	Fecha:
<p>1. PROPÓSITO Establecer el proceso de alimentación manual de tarjetas a la soldadora</p> <p>2. ALCANCE Se aplica de la estación de cortado a la estación de soldado</p> <p>3. RESPONSABILIDADES: Operador encargado de la alimentación manual de la soldadora</p> <p>4. DEFINICIONES La alimentación manual a la soldadora es el proceso de transportar las tarjetas cortadas en la estación de corte hacia la máquina soldadora para el rolado y soldado de la tarjeta formando el cilindro o cuerpo del producto en formación.</p> <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <p>5.1. El operador encargado debe esperar a que las tarjetas estén listas en la máquina de corte, están deben ser agrupadas a una razón de 300 tarjetas</p> <p>5.2. La pila de tarjetas deben ser sujetas por ambos extremos con firmeza pero con el cuidado necesario para evitar una mala manipulación</p> <p>5.3. Se transportan el grupo de tarjetas a la máquina soldadora, donde serán colocadas en la zona de alimentación</p> <p>5.4. Antes de colocar las tarjetas en la máquina, estas deben ser alineadas hasta que estén agrupadas de forma homogénea</p> <p>5.5. Colocar cuidadosamente las tarjetas en la zona de alimentación de la máquina soldadora</p> <p>5.6. el operador debe verificar que las tarjetas estén colocadas correctamente antes de accionar la máquina para comenzar el proceso de rolado y soldado</p>	

Figura 54

Procedimiento para la alimentación manual a la cerradora

PROCEDIMIENTO ALIMENTACIÓN MANUAL DE TAPAS A LA CERRADORA	Código:
	Versión:
	Aprobado:
	Fecha:
<p>1. PROPÓSITO Establecer el proceso de alimentación manual de tapas a la máquina cerradora</p> <p>2. ALCANCE Se aplica de la estación de cerrado</p> <p>3. RESPONSABILIDADES: Operador encargado de la cerrado quien se ocupa de la colocación manual de tapas</p> <p>4. DEFINICIONES La alimentación manual de tapas es el proceso en el cual, el operador encargado de la estación de cerrado, coloca las tapas en el rotofile para ser conducidas a la máquina cerradora</p> <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <p>5.1 El operador encargado coge el paquete de tapas desde la caja en el que se ubican. Este paquete está diseñado para que exista una holgura suficiente para que las tapas puedan fluir en el rotofile, además tienen una marca que señala el nivel adecuado según el número de tapas en el paquete.</p> <p>5.2. Se debe colocar una mano en cada extremo del paquete, lo que permitirá un correcta manipulación del empaque evitando que se rompa y se caigan las tapas.</p> <p>5.3. Se introduce el paquete en una sección vacía del rotofile, asegurándose que el extremo con la apertura se coloque hacia abajo.</p> <p>5.4. Se abre el paquete y se retira suavemente el empaque deslizando las tapas fuera de él</p> <p>5.5.El empaque es desechado y colocado en una zona cercana, donde los empaques son agrupados para su reutilización.</p> <p>5.6. El operador debe verificar que las tapas se encuentren bien ubicadas, que no estén desniveladas ni se haya volteado alguna; ya que esto podría ocasionar atascos en la máquina</p>	

3.3.5. Plan de Capacitación:

Se desarrolló un plan de capacitación tanto como para la alta dirección y los supervisores de producción y calidad; en este plan se incluyen los temas necesarios para la implementación de las mejoras que se proponen en esta investigación. Estas capacitaciones fueron proporcionadas por expertos en cada tema; los que fueron contratados por la empresa.

Por otro lado, se estructuró un segundo plan dirigido a los operarios, donde se incluyen las metodologías, así como temas identificados que son relevantes para la producción.

Figura 55

Plan de capacitación dirigido a superintendente, y supervisores

PLAN DE CAPACITACIÓN DIRIGIDO A SUPERINTENDENTE, SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN Y SUPERVISOR DE CALIDAD															
Tema y contenido	Objetivo	Duración Horas	SEMANA												Capacitador
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
I. Metodología 5'S															
I.1. Generalidades, objetivos, ventajas	Conocer la metodología de las 5'S y los beneficios a la empresa	2	■												Expertos en metodología 5's
I.2. Bases de la implementación, requisitos, fase preliminar		2	■												
I.3. Desarrollo de las 5'S		2	■												
II. Herramienta TPM															
II.1. Generalidades, objetivos, ventajas	Conocer la metodología TPM y los beneficios a la empresa	2		■										Expertos en metodología TPM	
II.2. Bases de implementación, requisitos, fase preliminar		2		■											
II.3. Mantenimiento autónomo		2		■											
II.4. Mantenimiento preventivo		2		■											
III. Herramienta Matriz Autocalidad															
III.1. Generalidades, objetivos, ventajas	Conocer la herramienta MAQ y los beneficios a la empresa	2			■									Expertos en herramientas de calidad	
III.2. Bases de la implementación, requisitos, fase preliminar		2			■										
III.3. Implementación de la matriz		2			■										

Figura 56

Plan de capacitación dirigido a operadores

PLAN DE CAPACITACIÓN DIRIGIDO A OPERADORES															
Tema y contenido	Duración Horas	SEMANA												Capacitador	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
I. Metodología 5'S															
I.1. Desarrollo de las 5'S	6														Supervisor de producción
I.II. Importancia de orden y limpieza en el área de producción	1														
II. Herramienta TPM															
II.1. Mantenimiento autónomo, generalidades	2														Supervisor de producción
II.2. Máquinas del proceso de producción, funcionamiento	6														
II.3. Actividades de limpieza, inspección y lubricación	6														Encargado de mantenimiento
III. Calidad															
III.1. Defectos en el proceso de producción	3														Supervisor de calidad
III.2. Importancia de detectar defectos a través de la verificación	1														
III.3. Actividades correctivas	3														
III.4. Manejo y llenado de Matriz	4														
IV. Procesos															
IV.1. Alimentación manual de soldadora	1														Supervisor de producción
IV.2. Alimentación manual de cerradora	1														
IV.3. Verificación de defectos en el paletizado	1														

3.3.5.1. Inversión:

Para el desarrollo de las capacitaciones se contrataron expertos en los temas de Metodología 5'S, la herramienta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Matriz de Autocalidad; generando los siguientes costos:

Tabla 38

Inversión generada por el plan de capacitaciones

Tema	Costo
Metodología 5'S	S/ 20,000.00
Herramienta TPM	S/ 20,000.00
Herramienta Matriz de Autocalidad	S/ 12,000.00
Total	S/ 52,000.00

3.4. Productividad después de la implementación:

Tabla 39

Registro de datos después de la implementación

Nº Registro	Tiempo Disponible (min)	Velocidad de Producción (und/min)	Producción Programada (und)	Producción Esperada (und)	Productos Conformes (und)	Productos No Conformes (und)	Tiempo Paradas Programadas (min)	Tiempo Paradas No Programadas (min)	Tiempo Total Ejecutado (min)	Total Tiempo Programado (min)	Observaciones
1	576	340	195840	93840	93650	190	30	270	276	546	Materia prima con defectos en el barniz
2	576	340	195840	148240	148125	115	30	110	436	546	Rotura de faja transportadora de envases
3	576	340	195840	185640	185235	405	30	0	546	546	
4	576	340	195840	185640	185125	515	30	0	546	546	
5	576	340	195840	143140	143108	32	30	125	421	546	Materia prima con defectos en el barniz
6	576	340	195840	185640	185237	403	30	0	546	546	
7	576	340	195840	139740	139652	88	30	135	411	546	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
8	576	340	195840	185640	185576	64	30	0	546	546	
9	576	340	195840	185640	185423	217	30	0	546	546	
10	576	340	195840	144840	144796	44	30	120	426	546	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
11	576	340	195840	185640	185125	515	30	0	546	546	
12	576	340	195840	190740	190514	226	15	0	561	561	
13	192	340	65280	55080	55025	55	30	0	162	162	
14	576	340	195840	86700	86601	99	206	115	255	370	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
15	576	340	195840	185640	185325	315	30	0	546	546	
16	576	340	195840	165240	165128	112	90	0	486	486	

17	576	340	195840	180540	180278	262	45	0	531	531	
18	576	340	195840	138040	137763	277	45	125	406	531	Polvo bajo con porosidad de 25 Amperios
19	330	340	112200	102000	101845	155	30	0	300	300	
20	576	340	195840	165240	164925	315	90	0	486	486	
21	576	340	195840	127840	127632	208	90	110	376	486	Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado
22	576	340	195840	165240	165123	117	90	0	486	486	
23	576	340	195840	165240	164989	251	90	0	486	486	
24	576	340	195840	165240	165106	134	90	0	486	486	
25	576	340	195840	126140	125946	194	90	115	371	486	Polvo bajo con porosidad de 25 Amperios
26	576	340	195840	165240	165109	131	90	0	486	486	
27	576	340	195840	114240	114189	51	90	150	336	486	Materia prima con defectos en el barniz
28	576	340	195840	165240	165138	102	90	0	486	486	
29	576	340	195840	185640	185436	204	30	0	546	546	
30	576	340	195840	144840	144652	188	30	120	426	546	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
31	576	340	195840	185640	185324	316	30	0	546	546	
32	576	340	195840	185640	185512	128	30	0	546	546	
33	576	340	195840	185640	185320	320	30	0	546	546	
34	576	340	195840	143140	142986	154	30	125	421	546	Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora
35	576	340	195840	185640	185326	314	30	0	546	546	
36	576	340	195840	185640	185456	184	30	0	546	546	
37	576	340	195840	144840	144658	182	30	120	426	546	Materia prima con defectos en el barniz
38	576	340	195840	185640	185478	162	30	0	546	546	
39	576	340	195840	132940	132835	105	30	155	391	546	Materia prima con defectos en el barniz
40	576	340	195840	190740	190569	171	15	0	561	561	

41	576	340	195840	139740	139254	486	30	135	411	546	Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas
42	576	340	195840	185640	185357	283	30	0	546	546	
43	576	340	195840	185640	185365	275	30	0	546	546	
44	576	340	195840	127840	127584	256	90	110	376	486	Rotura de faja transportadora de envases
45	576	340	195840	165240	165136	104	90	0	486	486	
46	576	340	195840	165240	165127	113	90	0	486	486	
47	576	340	195840	165240	165139	101	90	0	486	486	
48	576	340	195840	146540	146298	242	30	115	431	546	Envases sin código por videojet con baja tinta
49	576	340	195840	185640	185239	401	30	0	546	546	
50	576	340	195840	165240	165138	102	90	0	486	486	
51	576	340	195840	122740	122459	281	90	125	361	486	Atasco durante el transporte
52	576	340	195840	165240	165108	132	90	0	486	486	
53	576	340	195840	180540	180398	142	45	0	531	531	
54	576	340	195840	134640	134469	171	45	135	396	531	
55	576	340	195840	180540	180357	183	45	0	531	531	
56	576	340	195840	165240	165036	204	90	0	486	486	
57	576	340	195840	115940	115789	151	90	145	341	486	Atasco durante el transporte
58	576	340	195840	165240	165103	137	90	0	486	486	
59	576	340	195840	144840	144657	183	30	120	426	546	Atasco durante el transporte
60	576	340	195840	185640	185365	275	30	0	546	546	
61	576	340	195840	148240	148103	137	30	110	436	546	Rotura de faja transportadora de envases
62	576	340	195840	185640	185426	214	30	0	546	546	
63	576	340	195840	185640	185369	271	30	0	546	546	
64	576	340	195840	119340	119124	216	90	135	351	486	Materia prima con defectos en el barniz
65	576	340	195840	165240	165136	104	90	0	486	486	
66	576	340	195840	185640	185327	313	30	0	546	546	

67	576	340	195840	148240	148154	86	30	110	436	546	Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme
68	576	340	195840	155040	154956	84	30	90	456	546	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
69	576	340	195840	185640	185238	402	30	0	546	546	
70	576	340	195840	180540	180159	381	45	0	531	531	
71	576	340	195840	138040	137856	184	45	125	406	531	Envases sin código por videojet con baja tinta
72	576	340	195840	185640	185132	508	30	0	546	546	
73	576	340	195840	185640	185364	276	30	0	546	546	
74	576	340	195840	119340	119123	217	90	135	351	486	Rotura de faja transportadora de envases
75	576	340	195840	180540	180369	171	45	0	531	531	
76	576	340	195840	180540	180127	413	45	0	531	531	
77	576	340	195840	124440	124356	84	45	165	366	531	Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme
78	576	340	195840	149940	149754	186	45	90	441	531	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
79	576	340	195840	165240	165108	132	90	0	486	486	
80	576	340	195840	165240	165136	104	90	0	486	486	
81	576	340	195840	124440	124256	184	90	120	366	486	Fondo tapas con menor calidad a lo señalado
82	576	340	195840	165240	165108	132	90	0	486	486	
83	576	340	195840	165240	165104	136	90	0	486	486	
84	576	340	195840	165240	164987	253	90	0	486	486	
85	576	340	195840	148240	147995	245	30	110	436	546	
Total	48330		16432200	13518060	13500385	17675	4601	3970	39759	43729	TOTAL

3.4.1. Causas Críticas relacionadas a las paradas no programadas después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing:

En la siguiente tabla se muestra las paradas no programadas según casusa crítica después de la implementación de las herramientas Lean Manufacturing; se pudo determinar que las paradas no programadas relacionadas con las fallas en máquinas representa el 6.9% mientras que las relacionadas a la falta de orden y limpieza representan el 3.45%; el exceso de producto defectuoso por falta de verificación, el 0% y los errores del operario el 6.9%.

Tabla 40

Paradas no programadas por causa crítica

Observaciones	Paradas No programadas	Fallas en máquinas	Error del operario	Falta de orden	Descalibración de téster por producto defectuoso
Materia prima con defectos en el barniz	X				
Rotura de faja transportadora de envases	X				
Materia prima con defectos en el barniz	X				
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X				
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X				
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X		X		
Polvo bajo con porosidad de 25 Amperios	X				
Se pierde tiempo porque montacargas no se encuentra en lugar esperado	X			X	

Polvo bajo con porosidad de 25 Amperios	X				
Materia prima con defectos en el barniz	X				
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X				
Fallas en la materia prima que ocasiona atasco en máquina soldadora	X				
Materia prima con defectos en el barniz	X			X	
Materia prima con defectos en el barniz	X				
Atasco en soldadora por error durante el apilado de tarjetas cortadas	X		X		
Rotura de faja transportadora de envases	X				
Envases sin código por videojet con baja tinta	X				
Atasco durante el transporte	X			X	
Atasco durante el transporte	X				
Atasco durante el transporte	X				
Rotura de faja transportadora de envases	X				
Materia prima con defectos en el barniz	X				
Fallas en la máquina cerradora que provoca producto no conforme	X	X			
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X				
Envases sin código por videojet con baja tinta	X				
Fallas en la máquina soldadora que provoca producto no conforme	X	X			
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X				
Fondo tapas con menor calidad a lo señalado	X				
TOTAL	29	2	2	1	0
PORCENTAJE	100%	6.90%	6.90%	3.45%	0%

3.4.2. Eficiencia:

Para el cálculo de la eficiencia después de la implementación, se realizaron los siguientes cálculos:

Tabla 41

Paradas no programadas después de la implementación

	Antes de la implementación	Después de la implementación
	(min)	(min)
Tiempo Disponible	51786	48330
Paradas no programadas	14841	3970
%	28.66%	8.21%

Inicialmente el porcentaje de paradas no programadas representaba un 28.66% del tiempo disponible para la producción; posteriormente a la implementación, este porcentaje disminuyó en 20.44 puntos porcentuales. La eficiencia después de la implementación es de 90.92% tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 42

Eficiencia después de la implementación

	Antes de la implementación	Después de la implementación
	(min)	(min)
Tiempo Disponible	51786	48330
Paradas no programadas	14841	3970
Paradas programadas	5041	4601
Tiempo ejecutado	31904	39759
EFICIENCIA	68.25%	90.92%

3.4.3. Eficacia:

Para determinar la eficacia después de la implementación, se realizaron los siguientes cálculos

Tabla 43

Eficacia después de la implementación

	Antes de la implementación (und)	Después de la implementación (und)
Producción esperada	10847360	13518060
Producto no conforme	77695	17675
% PNC	0.72%	0.13%
Eficacia	99.28%	99.87%

Luego de la implementación se logra reducir el nivel de producto no conforme (PNC) a un 0.13%, por tanto, la eficacia después de la implementación es de 99.87%

3.4.4. Productividad después de la implementación

Tabla 44

Productividad luego de la implementación

Eficiencia	Eficacia	Productividad (Eficiencia x Eficacia)
90.92%	99.87%	90.80%

3.4.5. Comparación de productividad antes y después de la implementación:

Se puede determinar que la productividad aumentó en 23.04 puntos porcentuales después de la implementación de las herramientas lean manufacturing en la línea 07 de producción de envases metálicos.

Tabla 45

Comparación de productividad antes y después de la implementación

Productividad antes de implementación	Productividad después de implementación	Variación Porcentual
67.76%	90.80%	23.04%

Figura 57

Productividad antes y después de la implementación



3.5. Evaluación Económica de la Implementación:

3.5.1. Ahorro por reducción de desperdicio:

3.5.1.1. Ahorro en reducción de paradas no programadas

Sin la implementación de las herramientas lean manufacturing se supone que la eficiencia se mantendría en un 68.25% lo que significa que las paradas no programadas representaría 13883 min tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 46

Proyección de Paradas no programadas sin implementación

	Antes de la implementación (min)	Sin implementación (min)	Después de la implementación (min)
Tiempo Disponible	51786	48330	48330
Paradas no programadas	14841	13883	3970
Paradas programadas	5041	4601	4601
Tiempo ejecutado	31904	29846	39759
EFICIENCIA	68.25%	68.25%	90.92%

Con la implementación de las herramientas lean se ahorran 9913 minutos de paradas no programadas; lo que significa que se evita que se dejen de producir 3, 370,420 envases a una velocidad de producción de 340 envases por minuto. A un precio de venta de 0.25 dólares por unidad, se ahorra un total de \$ 842,605. Esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 47

Ahorro en reducción de paradas no programadas

Paradas no programadas sin implementación (min)	Paradas no programadas después de la implementación (min)	Paradas no programadas que se ahorran	Velocidad de producción (und/min)	Envases que ya no se dejan de producir	Precio de venta (\$/und)	Ahorro (\$)
13883	3970	9913	340	3370420	0.25	842605

3.5.1.2. Ahorro en disminución de productos no conformes

Sin la implementación de las herramientas lean manufacturing se supone que la eficacia se mantendría en un 99,28% lo que significa que los productos no conformes representarían 96824 unidades tal como se muestra a continuación:

Tabla 48

Proyección de productos no conformes sin la implementación

	Antes de la implementación (und)	Sin la implementación (und)	Después de la implementación (und)
Producción esperada	10847360	13518060	13518060
Producto no conforme	77695	96824	17675
% PNC	0.72%	0.72%	0.13%
Eficacia	99.28%	99.28%	99.87%

Con la implementación de las herramientas lean se evita que se dejen de producir 79149 envases; a un precio de venta de 0.25 dólares por unidad, se ahorra un total de \$ 19787.27. Esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 49

Ahorro en productos no conformes

Producto no conforme sin implementación (und)	Producto no conforme con implementación (und)	Envases que ya no se dejan de producir (und)	Precio de venta (\$/und)	Ahorro (\$)
96824	17675	79149	0.25	19787.27

3.5.1.3. Ahorro total con la implementación de lean manufacturing

Con la implementación de las herramientas Lean Manufacturing se ahorra un total de \$ 862,392.30 equivalente a S/. 3, 103,750.00 con un tipo de cambio de 3.599 (S/. / \$) como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 50

Ahorro por implementación de Herramientas Lean Manufacturing

Descripción	Total	Tipo de Cambio (\$/S/.)	Total (S/.)
Ahorro por paradas no programadas	842605	3.599	3032535.40
Ahorro por productos no conformes	19787.27	3.599	71214.39
Ahorro Total (\$)	862392.3		3103749.78

3.5.2. Inversión

3.5.2.1. CR2: Inversión por plan de capacitación:

La inversión por el desarrollo del plan de capacitación se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 51

Inversión por Plan de Capacitación

Tema	Costo
Metodología 5’S	S/ 20,000.00
Herramienta TPM	S/ 20,000.00
Herramienta Matriz de Autocalidad	S/ 12,000.00
Total	S/ 52,000.00

3.5.2.2. CR8, CR10 Y CR11: Inversión por implementación de TPM:

La inversión generada por la implementación de TPM está detallada en las siguientes tablas:

Tabla 52

Inversión única por implementación de TPM

Descripción	Inversión	
Instalación de compuerta en máquina cerradora	S/	12,000.00
Instalación de guardas de seguridad en máquina cerradora	S/	15,000.00
Instalación de guardas de seguridad en máquina anilladora	S/	1,500.00
Aspiradora industrial	S/	4,900.00
Instalación de faja en máquina cortadora	S/	13,000.00
Total	S/	46,400.00

Tabla 53

Inversión anual por implementación de TPM

Producto	Presentación	12	S/ 29.00	S/ 348.00
Trapo Industrial	Bolsa 5 kg	50	S/ 15.00	S/ 750.00
Brocha Industrial	und	12	S/ 22,347.00	S/ 268,164.00
Lubricante Klubersynth GE 14-151	Balde 25 kg	12	S/ 13,400.00	S/ 160,800.00
Lubricante Mobilux EP2	Condetenor 50 kg	12	S/ 450.00	S/ 5,400.00
Solvente para barniz	Frasco	12	S/ 560.00	S/ 6,720.00
Lubricante Mobil Mobilgear 600 XP 150	Garrafa 20 lts	12	S/ 29.00	S/ 348.00
Total				S/ 442,182.00

3.5.2.3. CR5: Inversión por implementación de 5'S:

La inversión generada por la implementación de las 5'S está detallada en la siguiente tabla:

Tabla 54

Inversión por implementación de 5'S

Descripción	Inversión
Módulos de limpieza	S/ 12,000.00
Panel de siluetas para herramientas	S/ 1,500.00
Señalización de pisos y pasillos	S/ 15,000.00
Total	S/ 28,500.00

3.5.2.4. Resumen de la inversión:

La inversión total de la implementación de las herramientas Lean Manufacturing está detallada en la siguiente tabla:

Tabla 55

Resumen de Inversión por implementación de herramientas Lean Manufacturing

CR	Descripción	Propuesta	Inversión
CR2	Falta de capacitación al personal	Plan de Capacitación	S/ 52,000.00
CR9	Exceso de productos defectuosos	Matriz de Autocalidad	S/ -
CR6	Deficiente verificación de productos		
CR8	Máquinas Deterioradas	TPM	S/ 488,582.00
CR10	Falta de mantenimiento a las máquinas		
CR11	Parada de máquinas por fallas o averías		
CR5	Falta de orden y limpieza	5'S	S/ 28,500.00
CR4	Errores del operario	Estandarización de procesos	S/ -
Total			S/ 569,082.00

3.5.3. Flujo de Caja:

Para el flujo de caja se evaluó el ahorro generado en el primer año con la misma proyección para los próximos 04 años, considerando el costo generado por la inversión de la implementación.

Tabla 56

Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA						
Periodos		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1.-Ahorro por reducción de desperdicios		3103749.78	3103749.78	3103749.78	3103749.78	3103749.78
2.-Inversiones	569082.00	522682.00	442182.00	442182.00	442182.00	442182.00
2.1.Plan de capacitación	52000.00	52000.00				
2.2. Implementación de 5'S	28500.00	28500.00				
2.2. Implementación de TPM	488582.00	442182.00	442182.00	442182.00	442182.00	442182.00
3.- Gastos por depreciación de aspiradora		980.00	980.00	980.00	980.00	980.00
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	-569,082.00	2580087.78	2660587.78	2660587.78	2660587.78	2660587.78

3.5.4. Cálculo de Costo Oportunidad de Capital (COK)

El cálculo del COK se realizó a través del método CAMP (Capital Asset Pricing Model) o también conocido en español como “Modelo Principal de Valoración de Activo”.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$COK_{proy} = r_f + \beta_{lproy}(r_m - r_f) + RP$$

Donde:

R_f : Tasa Libre de Riesgo

B_{lproy} : Beta apalancada

$R_m - r_f$: Prima: Riesgo de Mercado

RP: Riesgo país

El capital para la inversión fue proporcionado por los accionistas de la empresa en su totalidad; es por esto, que la beta apalancada es igual a la beta despalancada del sector. El sector que se consideró fue “Empaquetado y envases” con un beta despalancado de 0.74 para el año 2020 según Damodaran (2020).

Por otro lado; se obtuvo una tasa libre de riesgo de 0.9%, una prima riesgo de mercado de 3.71% y Riesgo País de 1.36%

Tabla 57

Valores para el cálculo de COK

Descripción	Valor
β_{lproy}	0.74 ^a
Tasa libre de Riesgo rf 31.12.2020	0.9% ^b
Prima Riesgo de mercado (rm - rf)	3.71% ^c
Riesgo País RP (31/12/2020)	1.36% ^d
COK proy US\$=	5.04%

Nota: ^a Beta apalancado del sector empaquetado y envases por Damodaran (2020) (https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html). ^b Tasa libre de riesgo, bono de tesoros de Estados Unidos por Banco Central de Reserva del Perú (2020) (<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04719XD/html>). ^c Prima riesgo de mercado Datos históricos S&P 500 por Investing (2020) (<https://es.investing.com/indices/us-spx-500-historical-data>) ^d Riesgo país, variación en pbs por Banco Central de Reserva del Perú (2020) (<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04709XD/html>)

Con la información previa; se determinó el COK en un escenario para Estados Unidos; para convertir esto a la realidad peruana se utiliza datos actualizados de la inflación anual en Perú y Estados Unidos como se muestra en la siguiente fórmula. (Briceño, 2012)

$$COK_{proy\ soles} = (1 + COK\ US\$) \frac{(1 + Inflación\ anual\ Perú\ Soles)}{(1 + Inflación\ anual\ USA\ US\$)}$$

Donde se consideró los valores representados en la siguiente tabla; obteniendo un COK de 5.82%

Tabla 58

Valores para COK (S/.)

Descripción	Valor
Perú inflación anual esperada al año 2020 S/.	2.00% ^a
USA inflación anual esperada al año 2020 US\$	1.25% ^b
COK proy S/. =	5.82%

Nota: ^a Perú | Inflación cerró el año 2020 en 2,0% (2020).

(<https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/peru-inflacion-cerro-el-ano-2020-en-20/>). ^b Tasa de inflación en Estados Unidos entre 2010 y 2027 (2022) (<https://es.statista.com/estadisticas/598528/proyeccion-inflacion-en-ee-uu-2008-2020/>)

3.5.5. VAN:

El valor actual neto (VAN) se calculó para un COK del 5.82%. Se obtuvo un VAN de S/. 10, 617,302.39; lo que significa que los beneficios generados por la implementación son superiores a los costos incurridos por la misma; entonces se concluye que la implementación es viable.

Tabla 59

Valor Actual Neto

	FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	FAS	FLUJO DE CAJA ECONÓMICO ACTUALIZADO
0	-569,082	1.00	-569,082.00
1	2,580,088	0.95	2,438,185.39
2	2,660,588	0.89	2,375,976.16
3	2,660,588	0.84	2,245,299.71
4	2,660,588	0.80	2,121,810.35
5	2,660,588	0.75	2,005,112.79
		VAN	10,617,302.39

3.5.6. TIR:

La tasa interna de retorno (TIR) calculada es de 456%; que al ser mayor que la tasa de descuento inicial (5.82%), significa que los beneficios económicos obtenidos por la implementación son superiores a la rentabilidad exigida; por tanto, la inversión es aceptable.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión de resultados:

Con la implementación de las herramientas lean manufacturing se logró incrementar la productividad en 23.04 puntos porcentuales; aumentando la eficacia en 0.59 puntos porcentuales y la eficiencia en un 22.67 puntos porcentuales, esto guarda relación con los resultados obtenidos por el autor Sotelo (2017) en su investigación titulada "Aplicación de herramientas de lean manufacturing para mejorar la productividad de la línea de producción de envases de lubricantes de la empresa Vistony, Ancón, 2017", quien a través de la implementación de las 5'S y la estandarización de procesos, logró incrementar la eficiencia en un 14%, mientras que la eficacia aumentó en un 11%. La similitud en los resultados demuestra que a través de la implementación de la metodología Lean Manufacturing en los procesos de producción, se logra una mejora en la productividad de la empresa.

Para el diagnóstico de la problemática de la empresa se realizó una entrevista al jefe de operaciones para determinar las principales causas de la problemática; posteriormente se realizó una encuesta a los operadores de la línea de producción para determinar las causas críticas; dentro de estas se pudo determinar que existe una falta de capacitación al personal, deficiencias durante la verificación de productos terminados, desorden en el área de producción, exceso de paradas no programadas por averías o fallas en las máquinas y exceso de productos defectuosos. Se determinó un total de paradas no programadas de 14841 min (31.75%) y un total de 77695 (0.72%) productos no conformes. Esto guarda relación con lo obtenido por Ruiz y Ruiz (2014) en su tesis titulada "*Incremento de la productividad,*

motivación y capacidad de planta en Apex Tool Group, utilizando metodología lean manufacturing", quienes identificaron que las causas críticas que generaban la problemática eran la falta de procesos estandarizados, el elevado tiempo de paradas no programadas y la falta de orden y limpieza en las áreas de producción. La similitud en los resultados se debe a que en empresas del mismo sector con líneas automatizadas, la problemática se centra en el exceso de productos defectuosos y en las paradas no programadas.

Para mejorar la productividad de la empresa se determinó la implementación de la metodología 5'S a través del reordenamiento del área de producción, la adquisición de módulos de limpieza, la instalación de un panel de siluetas para herramientas y la señalización de pisos y paredes; también se implementó la Matriz de Autocalidad a través de la colocación de una guía visual de defectos en todas las estaciones de la línea de producción; el Mantenimiento Productivo Total a través de un plan de limpieza, mantenimiento y lubricación detallado por máquina; el desarrollo de un plan de capacitación en materia de metodología 5'S, Matriz de Autocalidad y TPM y finalmente la estandarización de proceso de alimentación manual de tapas en la cerradora y alimentación manual de tarjetas en la soldadora. Esto guarda similitud con lo investigado por Jaramillo (2013) en su tesis titulada *"Diseño e implementación de un sistema de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) para la empresa NIKOS S.C., en el periodo 2012"*; quien determinó la implementación de las herramientas: 5'S , TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Control visual; esto debido a que en empresas donde existe exceso de productos defectuosos y paradas no programadas; las herramientas lean más idóneas son el Control Visual, el TPM y las 5'S.

La productividad de la empresa antes de la implementación de las herramientas lean manufacturing fue de 67.76%; mientras que la productividad después de la implementación fue de 90.84%; logrando un incremento de 23.04 puntos porcentuales; lo que guarda relación con lo investigado por González y Rocha (2020) quien determinó un incremento de la productividad en un 23% y lo investigado por Cárdenas; quien determinó un incremento de la productividad en un 28.3%; la similitud en los resultados se debe principalmente a que la implementación de la metodología lean manufacturing es decisiva cuando se busca mejorar la productividad de las empresas productoras de envases metálicos.

Con la implementación de las herramientas lean se logró un ahorro de S/. 3103749.78 mediante la reducción de paradas no programadas y de los productos no conformes; obteniendo un VAN de S/. 10, 617,302.39 y un TIR de 456% lo que significa que los beneficios generados por la implementación son superiores a los costos incurridos por la misma; esto coincide con lo determinado por Nestares (2011); quien determinó que con la implementación de la metodología lean; se lograba un ahorro por la reducción de productos defectuosos de \$ 66,264.98 y un incremento en las ganancias por aumento de la productividad de \$ 344,931.81. De esta manera, el beneficio económico que se obtiene después de los gastos incurridos en la aplicación de la propuesta sumó un total de US\$ 409,279.38. Estos resultados se deben a que la implementación de las herramientas lean manufacturing pueden no ser muy costosas en la mayoría de casos y son de vital importancia para la optimización de las ganancias de las empresas.

Las limitaciones que tuvo el desarrollo de la investigación fue recolectar la información necesaria para la determinación de los indicadores de productividad, ya que la información se presentaba incompleta en los registros; por lo que se tuvo que recurrir a información proporcionada por los operadores y jefes de operaciones.

Las implicancias en el presente trabajo se pueden dividir desde un punto de vista teórico y uno práctico. Desde el punto de vista académico, los resultados refuerzan la teoría de la necesidad de la implementación de herramientas lean para la mejora de los procesos productivos en las industrias; la implementación de un Mantenimiento Productivo Total es un factor clave para el éxito de las industrias automatizadas, donde la hora máquina es el corazón de la producción. Por otro lado, desde un punto de vista práctico, los resultados de esta investigación permiten la toma de decisiones en la empresa a partir de la identificación de la problemática del proceso productivo; en este sentido, se ofrece una serie de alternativas de mejora que en su conjunto traerían importantes beneficios económicos a la organización.

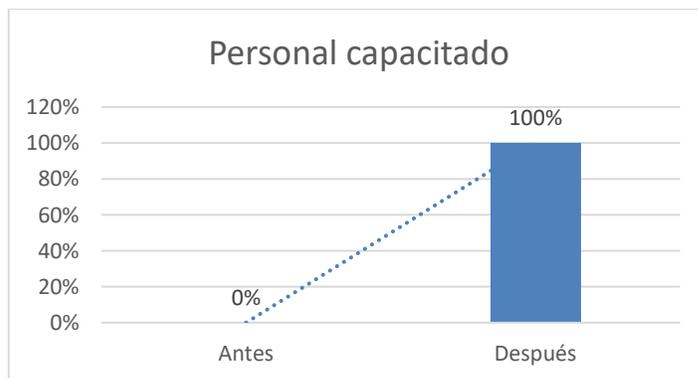
CR2: Falta de Personal Capacitado

Según entrevista al supervisor de producción, se determinó que en el año 2019 no se realizó ninguna capacitación al personal operador de la línea 07 de producción. Con la implementación de las herramientas lean; se ejecutó en su totalidad el plan de capacitación descrito en la figura 55.

MEJORA: Plan de Capacitaciones

Figura 58

Personal Capacitado Antes y Después de la implementación



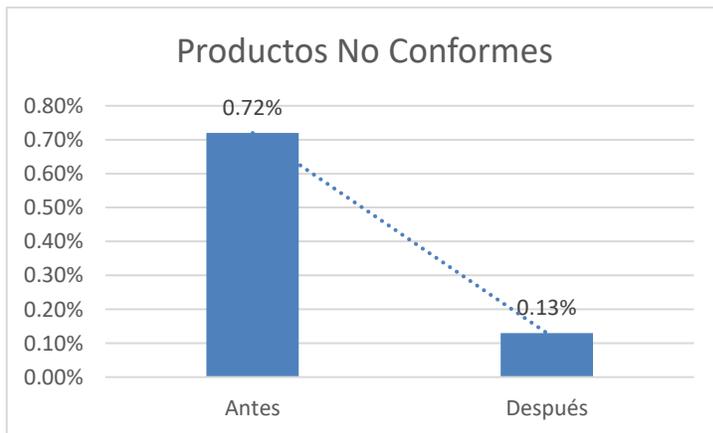
CR9: Exceso de productos defectuosos:

En el análisis de la eficacia antes de la implementación se determinó que existe un 0.72% de productos defectuosos tal como se describe en la figura 16; mientras que con la implementación de las herramientas lean manufacturing se obtuvo solo un 0.13% de productos defectuosos tal como se describe en la tabla 41.

MEJORA: Matriz de Autocalidad

Figura 59

Productos No Conformes antes y después de la implementación



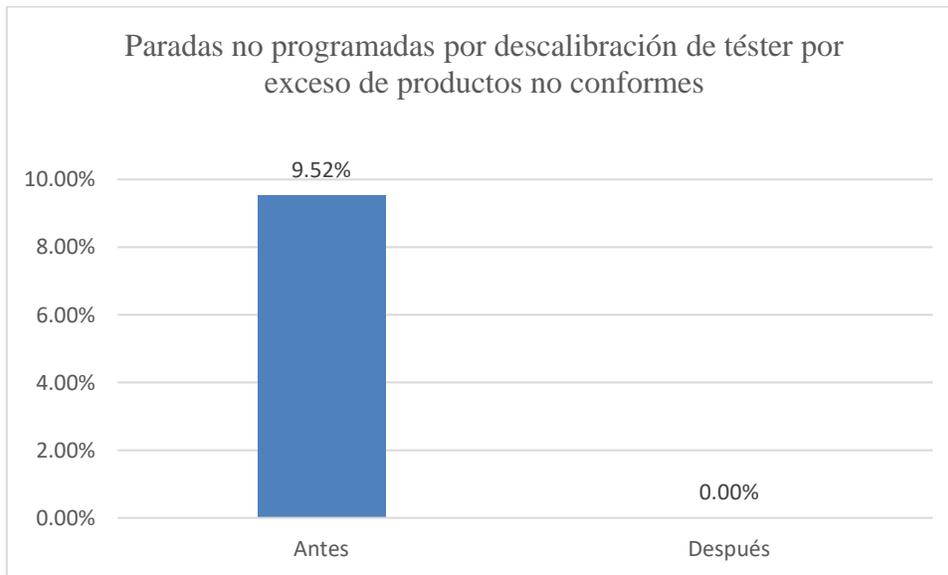
CR6: Deficiente verificación de productos durante el proceso:

Antes de la implementación de las mejoras; se determinó que las paradas no programadas por la descalibración en la máquina téster por el exceso de productos defectuosos que llegaron a esa estación sin ser detectados previamente por los operadores fue de 9.25%; mientras que después de la implementación de las herramientas lean manufacturing, no existió paradas no programadas relacionadas a esta causa.

MEJORA: Matriz de Autocalidad

Figura 60

Paradas no programadas por descalibración de téster por exceso de productos no conformes



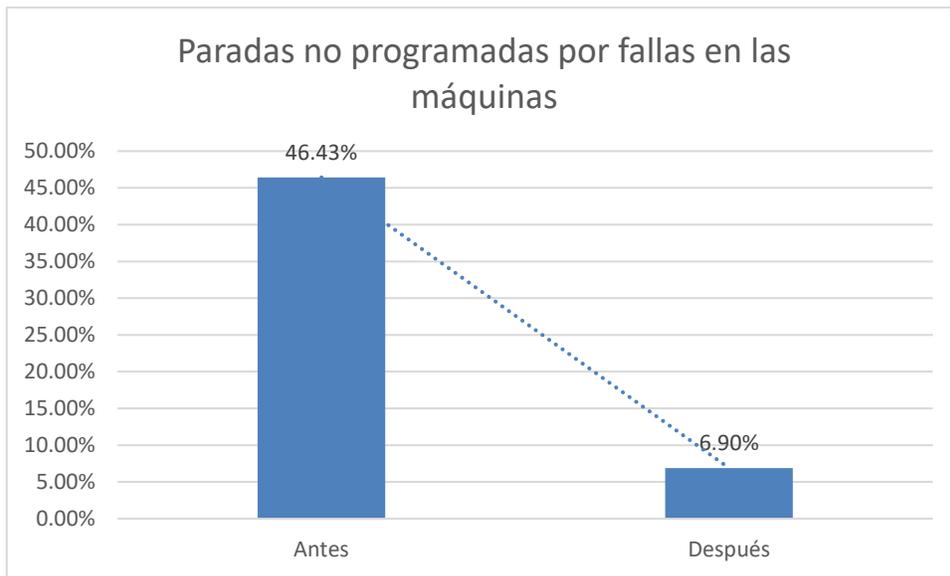
CR8: Máquinas Deterioradas:

En el análisis de la productividad antes de la implementación; se determinó del total de 84 paradas no programadas detectadas en las 91 observaciones; 39 se debieron a fallas en las máquinas soldadora, cerradora, téster y platicadora; lo que representa el 46.43% de los casos; mientras que después de la implementación de las herramientas lean; solo 2 de las 29 paradas no programadas se debieron por fallas en las máquinas; representando un 6.9%

MEJORA: Mantenimiento Productivo Total

Figura 61

Paradas no programadas por fallas en las máquinas



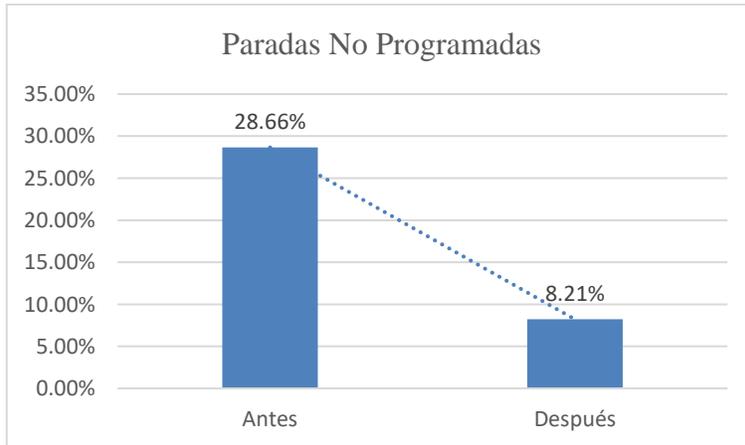
CR11: Paradas de máquinas por fallas o averías:

Antes de la implementación de las mejoras; se determinó que existía un 28.66% en relación al tiempo disponible para la producción tal como se muestra en la tabla 39; mientras que después de la implementación de las herramientas lean se determinó un 8.21% de paradas no programadas en relación al tiempo disponible tal como se detalla en la tabla 39.

MEJORA: Mantenimiento Productivo Total

Figura 62

Paradas No Programadas antes y después de la implementación



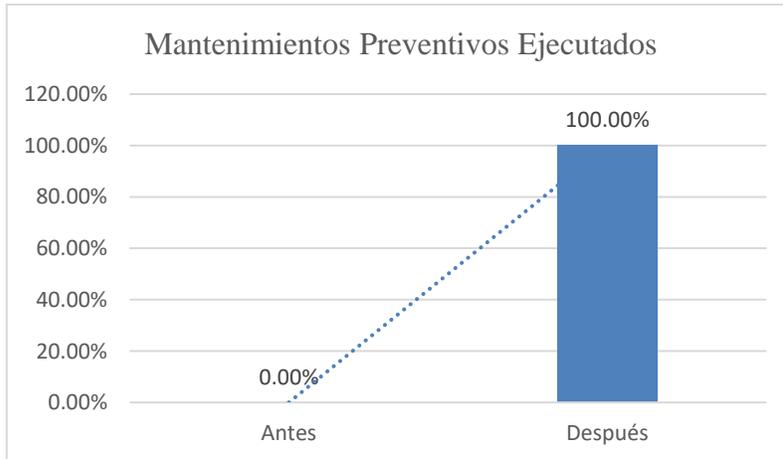
CR10: Falta de mantenimiento a las máquinas

En la entrevista al supervisor de producción se determinó que en el año 2019 no se ejecutó ningún plan de mantenimiento preventivo por falta de planificación del mismo; mientras que después de la implementación de las herramientas lean manufacturing se ejecutó a 100% el plan de mantenimiento productivo total.

MEJORA: Mantenimiento Productivo Total

Figura 63

Mantenimientos Preventivos Ejecutados antes y después de la implementación



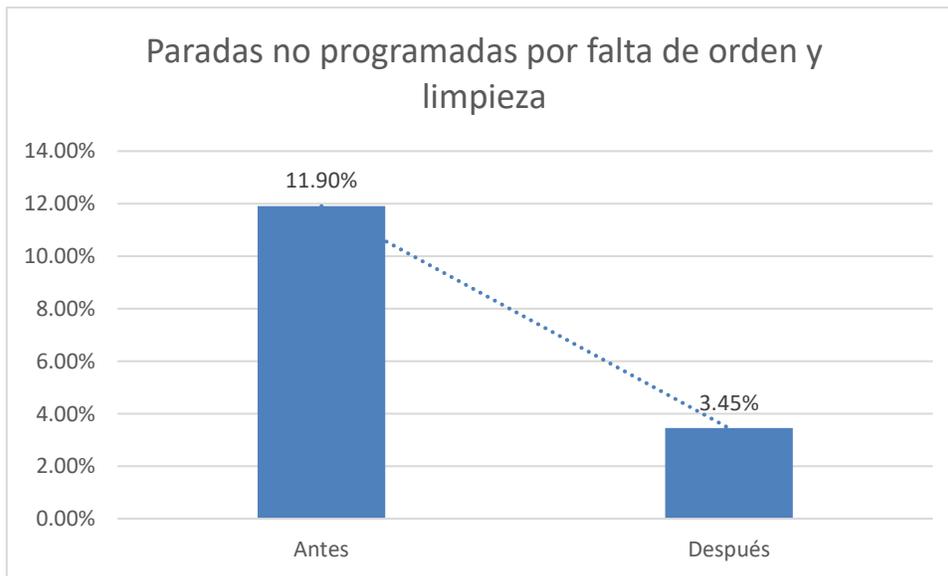
CR5: Falta de orden y limpieza:

Antes de la implementación de las mejoras se determinó que del total de paradas no programadas; el 11.90% estaba relacionada a la falta de orden y limpieza; mientras que una vez implementadas las herramientas lean manufacturing, las paradas no programadas relacionadas con la falta de orden y limpieza representaba el 3.45%

MEJORA: Metodología 5'S

Figura 64

Área Ordenada y Limpia antes y después de la implementación



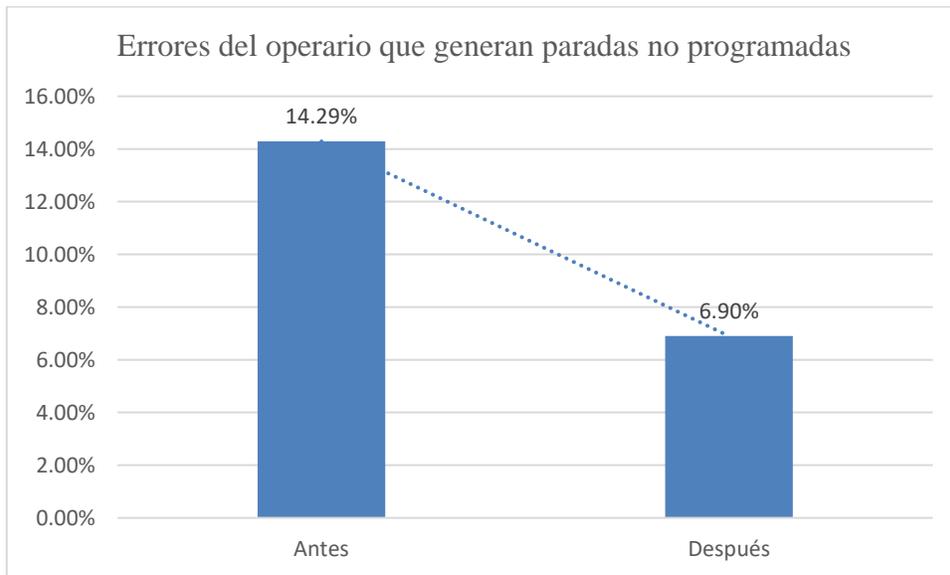
CR4: Errores del Operario

Antes de la implementación de las mejoras se determinó según la tabla 16 que de las 91 observaciones realizadas; hubieron 84 paradas no programadas; y de estas 11 están relacionadas con errores cometidos por el operario; representando un 14.29%; mientras que después de la implementación de las herramientas lean; del total de paradas no programadas; 2 estaban relacionadas con errores de los operarios; representando un 6.90%

MEJORA: Estandarización de procesos

Figura 65

Errores del operario que generan paradas no programadas antes y después de la implementación



4.2. Conclusiones:

1. La implementación de las herramientas lean manufacturing en la línea 07 de producción incrementó la productividad de la empresa dedicada a la fabricación de envases metálicos en 23.04 puntos porcentuales, aumentando la eficiencia en 22.67 puntos porcentuales y la eficacia en 0.59 puntos porcentuales.
2. El análisis de la situación actual de la empresa logró identificar 13 causas raíz que generaban la baja productividad en la empresa; de estas, se seleccionaron ocho como causas prioritarias a través del análisis de Pareto. Estas son: falta de capacitación del personal, máquinas deterioradas, exceso de productos defectuosos, parada de máquinas por fallas o averías, falta de mantenimiento de las máquinas, deficiente verificación de productos durante el proceso, falta de orden y limpieza y errores del operario.
3. La propuesta para incrementar la productividad del proceso productivo incluye la implementación de la herramienta de las 5'S, la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM), la Matriz de Autocalidad (MAQ) y la estandarización de procesos. Adicionalmente, se desarrolló un plan de capacitaciones tanto para la alta dirección, supervisores y operarios.
4. En el diagnóstico de la línea 07 de producción, se evidenció una eficiencia de 68.25% y una eficacia de 99.28%, dando como resultado una productividad de 67.76%; mientras que después de la implementación de las herramientas lean; la eficiencia representa un valor de 90.92% y la eficacia un valor de 99.87%, dando una productividad final de 90.80%.

5. La implementación de las herramientas lean logra un ahorro de S/. 3103749.78; obteniendo un VAN de S/. 10, 617,302.39 y un TIR de 456% lo que significa que los beneficios generados por la implementación son superiores a los costos incurridos por la misma.

REFERENCIAS

- Aranibar M (2016). Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima: Perú
- Blanco, L. y Sirlupú, L. (2015) Diseño e implementación de células de manufactura para aumentar la productividad en el área de armado de una empresa de calzado para dama. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Briceño, P. (2012). La tasa de descuento de un proyecto en la práctica. Gestión. Recuperado el 10 de Octubre de 2022 de <https://gestion.pe/blog/deregresoalobasico/2012/03/la-tasa-de-descuento-de-un-pro.html?ref=gesr>
- Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos. (2017). Diagnóstico del sector de envases metálicos. Nuestro Sector. Recuperado el 10 de Abril de 2020 de http://canafem.org.mx/nuestro-sector/#diagnostico_del_sector
- Cárdenas S. (2017). Aplicación de herramientas del Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el proceso de corte de acero de la empresa metalmecánica Fiansa S.A., Lurigancho, 2017. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima: Perú
- Carrasco J (2019). Sector de envases y embalajes en el país representa el 2% del PBI. Agencia Agraria de Noticias. Recuperado el 15 de Abril de 2020 de:

<https://agraria.pe/noticias/sector-de-envases-y-embalajes-en-el-pais-representa-el-2-del-19418>

Coronado J, et al. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. Ciencia y Trabajo. 60:171-178

Concha, J. y Barahona, B (2013) Mejoramiento de la productividad en la empresa Induacero Cía. LTDA., en base al desarrollo e implementación de la metodología 5s y VSM, herramientas del Lean Manufacturing. (Tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo, Ecuador

Cruelles, J. (2012) Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. Barcelona: España. Edit. Marcombo S.A.

Degregori, O & Izquierdo, W (2019). Aplicación del Lean Manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de calzado. (Tesis de pregrado) Universidad Tecnológica del Perú. Lima: Perú

Delgado, C., Ferreira, M. & Castelo Branco, M. (2010). The implementation of lean Six Sigma in financial services organizations. Journal of Manufacturing Technology Management, 21(4), 512-523.

Díaz, B (2018). Aplicación de lean manufacturing para mejorar la productividad en la empresa emcosac elaboración, ejecución y mantenimiento s.a.c. 2018. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo: Perú

Favela M, Escobedo M, Romero R y Hernández J (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista Lasallista De Investigación*. 16(1): 115-133

Gaona, D. & Ahumada, E (2018) Evaluación y mejora de la productividad en la empresa Impresos Proarli S.A.S a partir de la implementación de la metodología Lean Manufacturing (Tesis de pregrado) Universidad de Cundinamarca. Cundinamarca, Colombia.

Gonzales, H & Rocha, B. (2020). Modelo Lean Manufacturing de la gestión de la producción bajo un enfoque de gestión del cambio para la mejora de la productividad en una empresa dedicada a la manufactura. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima: Perú

Gutiérrez H & De la Vara R (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. 3era. ed. México D.F.: México. Mc Graw Hill

Gutiérrez H. (2013). Calidad Total y Productividad. 3era ed. México D.F.: México. Mc Graw Hill.

https://www.academia.edu/38931538/Calidad_Total_y_Productividad_Humberto_Gutierrez_Pulido_MC_Graw_Hill_Ed

Hernández R. (2014). Metodología de la Investigación. 6ta ed. México D.F.: México. Mc Graw Hill

Hernández J & Vizán A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación. Madrid: España. Fundación EOI..
https://www.academia.edu/51040853/_Lean_manufacturing_Conceptos_t%C3%A9cnicas_e_implantaci%C3%B3n

nicas_e_implantaci%C3%B3n_autor_Juan_Carlos_Hern%C3%A1ndez_Mat%C3%ADas_y_Antonio_Viz%C3%A1n_Idoipe#:~:text=Lean%20Manufacturing%20es%20una%20filosof%C3%ADa%20de%20trabajo%2C%20basada,que%20usan%20m%C3%A1s%20recursos%20de%20los%20estrictamente%20necesarios.

Infante, E & Erazo, D (2013). Propuesta de mejoramiento de la productividad de la línea de camisetas interiores en una empresa de confecciones por medio de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing. (Tesis de pregrado) Universidad de San Buenaventura Cali. Cali: Colombia.

Jaramillo D (2013). Diseño e implementación de un sistema de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) para la empresa NIKOS S.C., en el período 2012. (Tesis de pregrado) Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito: Ecuador

Lareau, W. (2003). Office Kaizen: Cómo controlar y reducir los costes de gestión en la empresa. Madrid: FC EDITORIAL

MAXIMIXE (2018). CCL: Exportaciones peruanas de envases y embalajes crecieron 21% en primer trimestre. Alerta Económica. Recuperado el 15 de Abril de 2020 de <http://alertaeconomica.com/ccl-exportaciones-peruanas-de-envases-y-embalajes-crecieron-21-en-primer-trimestre/>

Nestares R. (2011). Propuesta de mejora en el proceso de producción de latas de 1 y 1/4 gal de capacidad para aumentar la productividad de una empresa de la industria metalmeccánica. (Tesis de pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima: Perú

Rajadell M y Sánchez J (2010). Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. Madrid:

España. Edit. Díaz de Santos

Palomino M (2012). Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de

envasado de una planta envasadora de lubricantes. (Tesis de pregrado) Pontificia

Universidad Católica del Perú. Lima: Perú

Rosales, S (2019). ¿Qué tipo de envases están ganando espacio ante regulación del plástico?

Gestión: Economía. Recuperado el 15 de Abril de 2020 de

[https://gestion.pe/economia/tipo-envases-ganando-espacio-regulacion-plastico-](https://gestion.pe/economia/tipo-envases-ganando-espacio-regulacion-plastico-272712-noticia/)

[272712-noticia/](https://gestion.pe/economia/tipo-envases-ganando-espacio-regulacion-plastico-272712-noticia/)

Ruiz C & Ruiz J. (2014) Incremento de la productividad, motivación y capacidad de planta

en Apex

Sotelo L. (2017). Aplicación de herramientas de lean manufacturing para mejorar la

productividad de la línea de producción de envasados de lubricantes de la empresa

Vistony, Ancón, 2017. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima: Perú

Tool Group, utilizando metodología lean manufacturing (Tesis de maestría). Universidad

Autónoma de Occidente, Colombia

Sarria, M., Fonseca, G. y Bocanegra, C. (2017). Modelo metodológico de implementación

de lean manufacturing. Revista EAN, 83: 51 - 71

Socconini L. (2019) Lean Manufacturing. Paso a paso. Barcelona: España. Marge Books

en el logro de objetivos. Suma de Negocios, 5(11), 70-77. [Lean Manufacturing Paso A](#)

[Paso Luis Socconini pdf | oscar vazquez - Academia.edu](#)

Tamayo, Y., Del Río, A. y García, D. (2014). Modelo de gestión organizacional basado en el logro de objetivos. *Suma de Negocios*, 5(11), 70-77.

Tapia J, Escobedo T, Barrón E, Martínez G y Estebané V. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. *Ciencia y Trabajo*, (60), 171-178.

Tecnobebidas (2019). Cinco tendencias que están incrementando la demanda de envases metálicos. Recuperado el 15 de Abril de 2020 de <http://www.tecnobebidas.com/index.php?id=21956>

Womack J & Jones D (2005) *Lean Thinking. Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Madrid: España. Gestión 2000. https://www.academia.edu/34563325/James_P_Womack_Lean_Thinking

ANEXOS

ANEXO 01: GUÍA DE ENTREVISTA PARA ENTREVISTA A SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN Y SUPERVISOR DE CALIDAD

CUESTIONARIO A SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN	
AREA: PRODUCCIÓN	FECHA: 22/05/2020
ENTREVISTADO: Mario Tirado Mendoza	
ENTREVISTADOR: Andrés Dioses	
ÍTEM	
1	¿Cuáles son los procesos en la línea de producción N° 07 ?
2	¿Cuáles son las problemáticas que se presentan en la línea de producción día a día?
3	¿Existen desperdicios en la producción de envases en la línea N° 07?
4	¿Tiene conocimiento del número de desperdicios de envases por día en la línea N° 07?
5	¿Cree usted que los desperdicios generan pérdidas económicas críticas para la empresa?
6	¿Las máquinas de la línea de producción presentan fallas periódicamente?
7	¿Existe algún programa de mantenimiento para las máquinas de la línea 07?
8	¿Los procesos en los que interviene la mano de obra se encuentran estandarizados?
9	¿Cree usted que existe un buen control de la calidad en la producción de la línea 07?
10	¿Actualmente existe una metodología para medir y mejorar los procesos?
11	¿Qué conocimientos tiene sobre las herramientas Lean Manufacturing?
12	¿De qué manera impactarían la implementación de herramientas lean en los procesos de la línea 07?
13	¿Cuáles serían las limitaciones de implementar las herramientas lean en la línea 07?

ANEXO 02: CUESTIONARIO PARA ENCUESTA A COLABORADORES

ENCUESTA DE CUANTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS DE BAJA PRODUCTIVIDAD A LA LÍNEA 7 DE PRODUCCIÓN DE ENVASES METÁLICOS

PAUTAS A TENER EN CUENTA PARA LA ENCUESTA

Estimado colaborador, de la lista detallada, favor de marcar en el recuadro que corresponda. Tener en cuenta que cero (0) significa de bajo impacto o un problema no muy significativo para el proceso productivo, y el siete (7) de alto impacto o un problema muy significativo para el proceso productivo.

NIVEL	CALIFICACIÓN
BAJO	1

NIVEL	CALIFICACIÓN
REGULAR	5

NIVEL	CALIFICACIÓN
ALTO	7

		BAJO	REGULAR	ALTO
1	Personal no calificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Falta de capacitación del personal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Falta de personal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Errores del operario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Falta de orden y limpieza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Deficiente verificación de productos durante el proceso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Procesos no estandarizados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Máquinas deterioradas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Exceso de productos defectuosos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Falta de mantenimiento de las máquinas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Parada de máquina por fallas o averías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Materia prima fuera de especificaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Tapas fuera de especificaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ANEXO 04: CONFIABILIDAD DE CUESTIONARIO POR ALFA DE CRONBACH

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	TOTAL
Operador 1	1	5	1	5	5	5	1	7	5	5	5	1	1	47
Operador 2	1	7	1	1	5	5	1	5	7	5	5	1	1	45
Operador 3	1	7	1	1	1	5	1	5	5	5	5	1	1	39
Operador 4	1	5	1	1	3	3	1	5	5	5	5	5	1	41
Operador 5	5	7	5	5	5	5	1	5	5	5	7	5	1	61
TOTAL	9	31	9	13	19	23	5	27	27	25	27	13	5	233
ESTADÍSTICO														
VARIANZA	3.20	1.20	3.20	4.80	3.20	0.80	0.00	0.80	0.80	0.00	0.80	4.80	0.00	74.80

Número de ítems	15
Varianza independiente	23.60
Varianza total	74.80
Alpha de Cronbach	0.733

Conclusión: La confiabilidad del instrumento es aceptable.

ANEXO N° 05: Lista de Chequeo para auditorías 5S

LISTA DE CHEQUEO 5S (GERENCIA DE PRODUCCION)				AUDITOR _____				
				DEPARTAMENTO _____				
				Calificación (Actual) /100	Calificación (Anterior) /100	Fecha / /		
5 S	No.	ITEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACION	CALIFICACION				
				0	1	2	3	4
C L A S I F I C A R (/20)	1	Materiales y partes	Existencias y trabajo en proceso innecesarios.					
	2	Máquinas y equipos	Todas las máquinas y partes de equipos están regularmente en uso.					
	3	Herramientas, moldes y plantillas.	Todas las herramientas de ajustes, cortes, moldes, etc., están regularmente en uso.					
	4	Control visual	Todo lo que es innecesario en el área de trabajo, se puede distinguir a simple vista.					
	5	Estándares para descartar artículos	Hay estándares claros para eliminar excesos.					
O R G A N I Z A R (/20)	6	Rótulos áreas de almacenamiento	Rótulos que identifican todas las áreas de almacenamiento.					
	7	Rótulos en tramerías, y artículos almacenados	Todas las tramerías, anaqueles y artículos almacenados están claramente rotulados.					
	8	Indicadores de cantidad	Hay claras indicaciones de stocks máximos y mínimos.					
	9	Líneas de señalización	Están las áreas señalizadas mediante líneas divisorias blancas en los pisos.					
	10	Instrumentos y herramientas	Instrumentos y herramientas están organizadas, de modo que facilite su localización y retorno.					
L I M P I A R (/20)	11	Pisos	Está el piso limpio y sin basura.					
	12	Máquinas	Se mantienen las máquinas limpias.					
	13	Limpieza y chequeo	Limpieza e inspección de mantenimiento son conceptos indistintos.					
	14	Responsabilidad de limpieza	Hay rotación o sistema de turnos para la limpieza.					
	15	Máquinas, equipos, moldes, herramientas	Sin polvo, grasa, ningún otro tipo de suciedad.					

LISTA DE CHEQUEO 5S (GERENCIA DE PRODUCCION)				AUDITOR _____				
				DEPARTAMENTO _____				
				Calificación (Actual) _____/100	Calificación (Anterior) _____/100	Fecha / /		
5 S	No.	ITEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACION	CALIFICACION				
				0	1	2	3	4
E S T A N D A R I Z A R	16	Evidencia de sostenibilidad de 3 primeras S.	Identificar normas y recursos para mantener clasificación, organización y limpieza.					
	17	Evidencia de patrullas o auditorias de 5 S.	Ver físicamente secuencia de registros de auditorias realizadas.					
	18	Evidencia de algún tipo incentivo por avances de 5 S logrados.	Competencias departamentales, premios metálicos y no metálicos, pergaminos (por áreas).					
	19	Evidencias de reuniones de seguimiento para tratar asuntos relativos al avance del proceso 5 S.	Agendas de reuniones realizadas.					
	(/20)	20	Evidencias de compromiso de alta gerencia y los demás involucrados.	Verificar nivel de involucramiento y compromiso de alta gerencia y el resto de los colaboradores.				
D I S C I P L I N A R	21	Regulaciones y normas	Todas las regulaciones y normas son estrictamente observadas.					
	22	Interacción entre compañeros.	¿Hay una atmósfera laboral agradable?, ¿Se tratan las personas con respeto y cortesía?					
	23	Horarios de comidas, reuniones, eventos, etc.	¿Hacen todos esfuerzo por ser puntuales?					
	24	Equipos de oficina	Regularmente dejan encendidas, sumadoras, computadoras, luces, etc.					
	(/20)	25	Comer, beber, fumar	En áreas no destinadas a tales fines.				