



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Implementación de la Metodología DMAIC para
incrementar la productividad en la producción de
láminas de compuestos del sector neumático**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Industrial

AUTOR

Mariela Elizabeth ANDAGUA MORENO

ASESOR

Dr. Ernesto ALTAMIRANO FLORES

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

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

Referencia bibliográfica

Andagua, M. (2025). *Implementación de la Metodología DMAIC para incrementar la productividad en la producción de láminas de compuestos del sector neumático*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Mariela Elizabeth Andagua Moreno
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76171877
URL de ORCID	
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Ernesto Altamirano Flores
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	80597422
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5047-9959
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jorge Enrique Ortiz Porras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40523944
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Robert Freddy Ore Galvez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	03699938
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Edgardo Aurelio Mendoza Altez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06605547
Datos de investigación	
Línea de investigación	12. Calidad, mejora y optimización de la producción. Calidad e inocuidad de los alimentos. ODS 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES. C.17.0.12

Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Callao Distrito: Carmen de la Legua Reynoso Calle: Av. Argentina 6236 Latitud: -12.046309637112634 Longitud: -77.08342143558092
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2020 – Junio 2021
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Industrial https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04



UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE
INGENIERÍA
INDUSTRIAL

VICEDECANATO ACADÉMICO

ACTA DE SUSTENTACIÓN N°026-VDAP-FII-2025

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **viernes 09 de mayo de 2025**, a las 15:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE
LÁMINAS DE COMPUESTOS DEL SECTOR NEUMÁTICO”**

Que presenta la Bachiller:

MARIELA ELIZABETH ANDAGUA MORENO

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

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 16:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido aprobada por unanimidad con la calificación promedio de quince (15), lo cual se comunicó públicamente.

Lima, 09 de mayo del 2025

DR. JORGE ENRIQUE ORTIZ PORRAS
Presidente

MG. ROBERT FREDDY ORE GALVEZ
Miembro

MG. EDGARDO AURELIO MENDOZA ALTEZ
Miembro

DR. ERNESTO ALTAMIRANO FLORES
Asesor

MG. LUIS ROLANDO RAEZ GUEVARA
Vicedecano Académico – FII





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **ALTAMIRANO FLORES ERNESTO** en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° **000097-2025-D-FII** de la tesis, cuyo título es **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE LÁMINAS DE COMPUESTOS DEL SECTOR NEUMÁTICO**, presentado por la bachiller **ANDAGUA MORENO MARIELA ELIZABETH** para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA INDUSTRIAL**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **19%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

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

Lima, 23 de enero del 2025

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: **ALTAMIRANO FLORES ERNESTO**
DNI: **80597422**

Dedicatoria

A mis padres quienes con su amor, esperanza y esfuerzo me han permitido lograr
cumplir mis metas.

Agradecimientos

Agradezco a mi padre por su gran apoyo y la motivación en los años de carrera, a mi madre por sus consejos, a mi hermano por el soporte, al equipo de trabajo de la empresa por su apoyo con el proyecto y a mis profesores de tesis por las sugerencias de mejora.

INDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Determinación del problema	3
1.2.2. Formulación del problema	6
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo principal	6
1.3.2. Objetivos secundarios.....	6
1.4. Importancia y alcance de la investigación.....	7
1.5. Limitaciones de la investigación.....	7
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1. Marco teórico	8
2.2. Antecedentes del estudio.....	8
2.3. Bases teóricas	15
2.4. Definición de términos	36
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	39
3.1. Hipótesis	39
3.1.1. Hipótesis principal.....	39
3.1.2. Hipótesis secundarias.....	39
3.2. Variables	40
3.3. Operacionalización de las variables.....	41
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS	42
4.1. Área de estudio.....	42

4.2.	Tipo y diseño de investigación	42
4.3.	Población y muestra	42
4.4.	Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
4.5.	Análisis estadístico	44
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....		45
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN		119
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		123
7.1.	Conclusiones	123
7.2.	Recomendaciones	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		125
ANEXOS		131
Anexo 1. Tríptico del programa de implementación de 5S		131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Visión general del DMAIC</i>	15
Tabla 2 <i>Clasificación de Severidad</i>	23
Tabla 3 <i>Clasificación de Ocurrencia</i>	24
Tabla 4 <i>Clasificación de Detección</i>	25
Tabla 5 <i>Tipos de productividad</i>	29
Tabla 6 <i>Factores del OEE</i>	31
Tabla 7 <i>Tipos de Neumáticos según la carcasa</i>	33
Tabla 8 <i>Tolerancia de ancho y diámetro según el tipo de neumático</i>	35
Tabla 9 <i>Resistencia del neumático</i>	35
Tabla 10 <i>Operacionalización de las variables</i>	41
Tabla 11 <i>Voz del cliente</i>	49
Tabla 12 <i>Tasa de hora programada</i>	50
Tabla 13 <i>Disponibilidad</i>	50
Tabla 14 <i>Rendimiento</i>	51
Tabla 15 <i>Calidad</i>	51
Tabla 16 <i>Porcentaje de pérdidas del tiempo</i>	52
Tabla 17 <i>Equipo del proyecto</i>	55
Tabla 18 <i>Carta del Proyecto DMAIC</i>	56
Tabla 19 <i>Plan del proyecto DMAIC</i>	57
Tabla 20 <i>Eficiencia Pretest</i>	61
Tabla 21 <i>Eficacia Pretest</i>	62
Tabla 22 <i>Tiempo de cambio de código de compuesto (min) Pretest</i>	63
Tabla 23 <i>Aplicación de 5 porqués</i>	66
Tabla 24 <i>AMEF de los procesos en el área del Banbury</i>	68
Tabla 25 <i>Plan de implementación 5S en el área del Banbury</i>	78
Tabla 26 <i>Resultado inicial de las 5S</i>	80
Tabla 27 <i>Resultado de la auditoría 5S después de la implementación</i>	96
Tabla 28 <i>Plan de control</i>	99
Tabla 29 <i>Productividad Pretest</i>	100
Tabla 30 <i>Resumen de Productividad Pretest del DMAIC</i>	101
Tabla 31 <i>Productividad Postest del DMAIC</i>	102

Tabla 32 <i>Resumen de Productividad Posttest</i>	102
Tabla 33 <i>Evaluación Pretest y Posttest por variable de estudio</i>	103
Tabla 34 <i>Productividad Pretest y Posttest por día de estudio</i>	105
Tabla 35 <i>Análisis estadístico de Productividad con Shapiro-Wilk</i>	106
Tabla 36 <i>Análisis estadístico de Productividad con Prueba t-Student para cálculo de p</i>	107
Tabla 37 <i>Análisis estadístico de Productividad con Prueba t-Student para cálculo de la media</i>	107
Tabla 38 <i>Eficiencia Pretest y Posttest por día de estudio</i>	108
Tabla 39 <i>Análisis estadístico de Eficiencia con Shapiro-Wilk</i>	109
Tabla 40 <i>Análisis estadístico de Eficiencia con Prueba t-Student para cálculo de p</i>	110
Tabla 41 <i>Análisis estadístico de Eficiencia con Prueba t-Student para cálculo de la media</i>	111
Tabla 42 <i>Eficacia Pretest y Posttest por día de estudio</i>	112
Tabla 43 <i>Análisis estadístico de Eficacia con Shapiro-Wilk</i>	113
Tabla 44 <i>Análisis estadístico de Eficacia con Prueba t-Student para cálculo de p</i>	114
Tabla 45 <i>Análisis estadístico de Eficacia con Prueba t-Student para cálculo de la media</i>	114
Tabla 46 <i>Tiempo de cambio de código de compuesto Pretest y Posttest</i>	115
Tabla 47 <i>Ahorro del proyecto</i>	116
Tabla 48 <i>Resultado del AMEF</i>	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Voz del cliente</i>	17
Figura 2 <i>Carta del proyecto</i>	18
Figura 3 <i>Elementos del SIPOC</i>	19
Figura 4 <i>Los pasos de las 5S</i>	21
Figura 5 <i>Estándares para el control visual de situaciones anómalas</i>	22
Figura 6 <i>Relación entre eficiencia, eficacia y productividad</i>	27
Figura 7 <i>La productividad y sus componentes</i>	28
Figura 8 <i>Cálculo de Productividad al incrementar la producción</i>	29
Figura 9 <i>Cálculo de la eficiencia OEE</i>	31
Figura 10 <i>Proceso de Producción de neumáticos</i>	46
Figura 11 <i>Proceso de producción de compuestos</i>	48
Figura 12 <i>Recorrido de pérdida del OEE</i>	53
Figura 13 <i>SIPOC</i>	58
Figura 14 <i>Subproceso de carga de materias primas</i>	59
Figura 15 <i>Subproceso de mezcla de compuestos</i>	59
Figura 16 <i>Subproceso de apilado de láminas de compuestos</i>	60
Figura 17 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	65
Figura 18 <i>Estándar de trabajo en el proceso de cambio de código de compuesto</i> .	71
Figura 19 <i>Estándar de limpieza del sensor de la cadena en zona de apilado</i>	73
Figura 20 <i>Reflector de sensor antes de la reubicación</i>	74
Figura 21 <i>Reflector de sensor reubicado</i>	74
Figura 22 <i>Intercomunicador del operador y molinero reparado</i>	75
Figura 23 <i>Control visual del manómetro para compuestos en tiras</i>	76
Figura 24 <i>Publicación de resultados y reconocimiento</i>	77
Figura 25 <i>Layout Banbury 1</i>	84
Figura 26 <i>Layout del Molino 1</i>	85
Figura 27 <i>Layout del Banbury 2</i>	86
Figura 28 <i>Layout del Molino 2</i>	87
Figura 29 <i>Documento de fotos del antes</i>	88
Figura 30 <i>Criterios de clasificación</i>	89
Figura 31 <i>Artículos en el punto de uso</i>	90

Figura 32 <i>Limpieza</i>	91
Figura 33 <i>Inspección visual de limpieza</i>	91
Figura 34 <i>Manifiesto de escritorio</i>	93
Figura 35 <i>Identificaciones en el escritorio</i>	94
Figura 36 <i>Herramientas identificadas</i>	94
Figura 37 <i>Lugares delimitados</i>	95
Figura 38 <i>Productividad Pretest</i>	101
Figura 39 <i>Productividad Posttest</i>	103
Figura 40 <i>Pretest vs Posttest</i>	104

RESUMEN

Esta investigación es de tipo experimental que se llevó a cabo en una empresa dedicada a la fabricación de neumáticos. La investigación se centra en el análisis del proceso de producción de láminas de compuestos, el cual fue elegido debido a su bajo desempeño en el indicador de productividad, medido en términos de eficiencia y eficacia. Debido a la situación del área se establece como objetivo principal mejorar la productividad mediante la implementación de la metodología DMAIC.

En la fase de definir, se determinó que el principal problema que afecta la eficiencia, la eficacia y, en consecuencia, la productividad, es el tiempo requerido para el cambio de código de compuesto en el área de molino. En la fase de medir, se diagramó un SIPOC, se midió la eficiencia, eficacia y el tiempo de cambio de código de compuesto de un mes considerándose el pretest. En la fase de analizar, se emplearon herramientas como el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 porqués, lo que permitió identificar la causa raíz de las fallas asociadas a la baja productividad. En la fase de mejorar, se aplicó la herramienta AMEF para evaluar el nivel de prioridad de riesgo de las fallas detectadas, lo que permitió proponer e implementar acciones de mejora. En la fase de controlar se realizó un plan de control para monitorear la efectividad de las acciones.

Con la implementación de la metodología DMAIC se obtuvo como resultado del mes del postest, la mejora en la productividad de 61% a 71%, al lograr una eficiencia de 70% a 77%, una eficacia de 87% a 92% y una reducción del tiempo de cambio de código de compuesto de 2.96 min a 1.78 minutos generando un ahorro de S/ 6,262.00.

Palabras clave: DMAIC, productividad, eficiencia, eficacia, ahorro.

ABSTRACT

This experimental research was conducted at a tire manufacturing company. The research focuses on the analysis of the compound sheet production process, which was chosen due to its poor performance in the productivity indicator, measured in terms of efficiency and effectiveness. Given the situation of the area, the main objective was to improve productivity through the implementation of the DMAIC methodology.

In the definition phase, it was determined that the main problem affecting efficiency, effectiveness, and, consequently, productivity, is the time required for compound code changeovers in the mill area. In the measurement phase, a SIPOC was diagrammed, measuring efficiency, effectiveness, and the compound code changeover time of one month, considering the pretest. In the analysis phase, tools such as the Ishikawa diagram and the 5 Whys technique were used, which allowed the root cause of the failures associated with low productivity to be identified. In the improvement phase, the FMEA tool was used to assess the risk priority level of the detected failures, which allowed for the proposal and implementation of improvement actions. In the control phase, a control plan was developed to monitor the effectiveness of the actions.

With the implementation of the DMAIC methodology, the result of the posttest month was an improvement in productivity from 61% to 71%, achieving an efficiency of 70% to 77%, an effectiveness of 87% to 92% and a reduction in the compound code change time from 2.96 min to 1.78 minutes, generating a savings of S/ 6,262.00.

Keywords: DMAIC, productivity, efficiency, effectiveness, savings.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

La alta competitividad en países como China, Tailandia, Japón que lideran en el sector manufacturero de neumáticos, impulsa a usar diferentes formas que logren mejorar los indicadores, adoptando nuevas prácticas de trabajo con la finalidad de incrementar la productividad.

En el Sector manufacturero de neumáticos, se conlleva una serie de etapas en su proceso, dentro de ella el proceso de producción de láminas de compuestos, el cual inicia con el proceso de carga de compuestos como el caucho, pigmentos, aceite, negro de humo y otros que son mezclados en el molino donde el molinero de acuerdo a especificaciones forma una lámina que luego lo coloca en una cadena para que ingrese a la zona de laminado donde es almacenado en un palet, finalmente los palets con las láminas de compuestos son llevados a un almacén donde el control de calidad analiza una muestra para autorizar que sean distribuidas a las áreas dependientes.

En esta investigación se analiza los problemas que tiene la empresa manufacturera de neumáticos y se propone la mejora de los indicadores de productividad en el área de producción de láminas de compuestos mediante la implementación de la metodología DMAIC.

En el primer capítulo se detalla la situación problemática que presenta el proceso de producción de láminas de compuestos, también se realiza la formulación del problema, los objetivos, la importancia, el alcance y las limitaciones de la investigación.

En el segundo capítulo se hace referencia al marco teórico donde se muestra las investigaciones nacionales e internacionales relacionas a las variables de

investigación, las bases teóricas de las variables como la metodología DMAIC y la productividad, como también la definición de otras palabras enlazados a las variables de estudio.

En el tercer capítulo se formulan las hipótesis, se definen las variables y se realiza la matriz de definición de operacionalización donde se determinan las dimensiones de las variables dependientes e independientes.

En el cuarto capítulo se define el tipo y diseño de investigación, la unidad de análisis, la población de estudio, el tamaño de la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos para el desarrollo de la investigación.

En el quinto capítulo se desarrolla la metodología DMAIC aplicada en el proceso de producción de láminas de compuestos, presentando las actividades que se realizaron y entregables obtenidos por cada fase, donde se cumplió de manera secuencial las 5 fases de la metodología: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar. También se presenta los resultados obtenidos al aplicar la metodología DMAIC.

En el sexto capítulo se reconoce la aceptación de las hipótesis formuladas.

En el séptimo capítulo se presentan las conclusiones y se detalla las recomendaciones planteadas en la presente investigación.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Determinación del problema

Un neumático viene a ser un componente fundamental para los vehículos.

De acuerdo con el reporte de la OEC, en el último año 2020, los principales exportadores de Neumáticos de goma a nivel mundial fueron China \$13,3MM, Tailandia \$5,46MM, Alemania \$4,91MM, Japón \$4,26MM y Estados Unidos \$3,97MM. (Observatorio de Complejidad Económica, s.f.)

Según Mordor Intelligence, el mercado de neumáticos para automóviles fue valorado en 102 mil millones de USD en 2020 y se estima que alcanzará los 122 mil millones de USD en 2026, con una CAGR superior al 3% entre 2021 y 2026. (Mordor Intelligence, s.f.)

Esto demuestra que, a pesar del impacto considerable de la pandemia de COVID-19 en el mercado de neumáticos para automóviles a corto plazo, con una disminución en la producción ese año, se anticipa un pronóstico positivo para los próximos seis años a nivel global.

Según Mordor Intelligence (Mordor Intelligence, s.f.), el crecimiento del mercado de neumáticos para automóviles se debe al aumento en la eficiencia del combustible, la demanda de comodidad y los altos costos de mantenimiento de neumáticos convencionales. Además, la adopción de tecnología de fabricación avanzada por parte de los OEM contribuye a la diferenciación de productos en sostenibilidad, durabilidad y asequibilidad.

De acuerdo con el reporte de la OEC, en el último año 2020, Perú exportó neumáticos de goma representado en un valor total de \$88,1M en

porcentaje ocupa el 0,12% de la exportación mundial, siendo sus principales destinos de exportación México (61.3%), Chile (10.5%) y Colombia (9.95%). Entre 2019 y 2020, las exportaciones de Neumáticos de goma decrecieron más rápidamente en la mayoría de los países a nivel mundial, Perú tuvo un panorama distinto, ya que presentó un crecimiento de \$25.8M, representado en un porcentaje de crecimiento de 41.5%, sin embargo, las importaciones en ese año fueron de \$381M, siendo mayor a las exportaciones con una gran diferencia de \$296M. (Observatorio de Complejidad Económica, s.f.)

Según INEI (2020), en diciembre de 2020, la actividad comercial en Perú disminuyó un 1,63% debido a la reducción en las actividades mayorista y minorista.

Sin embargo, según INEI (2020), el comercio automotriz en Perú creció un 2,19% debido a un aumento en la venta de vehículos como pick-ups y furgonetas, impulsado por la alta demanda de transporte seguro para evitar el contagio de COVID-19. También contribuyó el incremento en la venta de partes, piezas y accesorios, especialmente neumáticos, gracias a mayores promociones y demanda.

La empresa en estudio se encuentra dentro de las 5 mejores marcas de neumáticos a nivel mundial. En la actualidad la fábrica presenta oportunidades de mejora en sus procesos de producción debido a que no se está cumpliendo con la producción de acuerdo con el planeamiento. La estructura del proceso de producción de neumáticos se divide en dos partes, División A y División B. En la División A cuenta con diferentes máquinas donde se producen todos los materiales que luego pasan a la

División B donde los operadores unen los materiales, lo vulcanizan para obtener el neumático.

En los últimos reportes de la empresa se muestra que no se está cumpliendo con la producción de láminas de compuestos requerido. El problema central se detectó en la División A, en el proceso inicial de producción de láminas de compuestos, en esta área existen demoras en la producción de los compuestos generando que las otras áreas detengan su producción porque los compuestos no llegan a sus áreas, esto genera sobrecostos en la producción como en la mano de obra sin trabajar, en la energía y sobre todo no se cumple con la producción planificada.

La producción de láminas de compuestos se realiza en el área llamado Banbury, ahí se produce los compuestos a partir de la mezcla de caucho y otros componentes como pigmentos, aceite y negro de humo. El área no cuenta con un orden en sus instalaciones, los trabajadores no realizan trabajos estandarizados, y no cuentan con herramientas imprescindibles para trabajar lo que conlleva a una baja productividad basado en su eficiencia y eficacia, lo cual no le permite lograr con el cumplimiento de los objetivos anuales establecidos por la empresa. Para el año 2021, la empresa tiene como objetivo obtener una eficiencia representado por el OEE de 74.2%, sin embargo, de acuerdo con los resultados históricos, el OEE en los años 2018, 2019 y 2020, han sido de 73.8%, 72.2% y 73.1% respectivamente, siendo el año 2021 un gran reto.

Otro de los problemas que se evidencia es en la eficacia, ya que el objetivo es obtener un cumplimiento igual o mayor al 88% del peso requerido en libras. En el año 2020 la eficacia fue de 82% generando que

las áreas que dependen de la producción de láminas de compuestos pierdan tiempos de producción al esperar este material. De acuerdo a los resultados obtenidos en el 2020 la productividad era de 59.9%.

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Problema Principal

¿La metodología DMAIC incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos del sector neumático?

1.2.2.2. Problema Secundario

¿En qué medida incrementa la eficiencia con la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de láminas de compuestos del sector neumático?

¿En qué medida incrementa la eficacia con la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de láminas de compuestos del sector neumático?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo principal

Determinar en qué medida incrementa la productividad con la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de láminas de compuestos en el sector neumático.

1.3.2. Objetivos secundarios

Determinar en qué medida incrementa la eficiencia con la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de láminas de compuestos en el sector neumático.

Determinar en qué medida incrementa la eficacia con la implementación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de láminas de compuestos en el sector neumático.

1.4. Importancia y alcance de la investigación

La importancia de la presente investigación radica en mejorar la productividad mediante la aplicación de la metodología DMAIC al proceso de producción de láminas de compuestos, reduciendo el tiempo de espera en las áreas productivas en el abastecimiento del material y cumplir con la demanda del mercado, así como también generar ahorros en los costos de producción de la empresa.

La presente investigación tuvo como alcance el proceso de producción de láminas de compuestos de la empresa manufacturera de neumáticos. La etapa de obtención de compuesto clave para la continuidad de la línea de producción de neumáticos.

1.5. Limitaciones de la investigación

Esta investigación se basará en datos del 2020 y 2021 y se centrará en la producción de láminas de compuestos en una empresa manufacturera de neumáticos.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

La investigación se lleva a cabo en el sector neumático, en una empresa que se encuentra entre las 5 marcas más destacadas a nivel mundial. El propósito de este estudio es aportar conocimientos sobre la implementación y desarrollo de la metodología DMAIC, con el objetivo de mejorar los indicadores de la empresa y así mantener su competitividad. Es por ello que se presenta la revisión literaria de otros estudios nacionales e internacionales que han sido de gran utilidad para aplicar y fundamentar las mejoras en productividad con la implementación de la metodología. Con respecto a las bases teóricas se define la variable independiente que es la Metodología DMAIC, se define la variable dependiente que es la Productividad y se define al neumático por ser el producto final del sector en la que se está trabajando. Por último, se definen los términos que se mencionan en la investigación para una mejor comprensión.

2.2. Antecedentes del estudio

Según Vilela (2018), en la investigación sobre la "Implementación de la metodología DMAIC para mejorar la productividad de productos de embalaje en Sivein S.A.C., Lima, 2018", tuvo como objetivo determinar cómo esta metodología puede optimizar la producción de zuncho. Se buscó reducir errores y defectos en el producto final, mejorando su calidad y disminuyendo las quejas de los clientes, al tiempo que se aumentaba la producción. La investigación es de tipo aplicada y tiene un diseño cuasiexperimental, analizó la producción de zuncho durante 26 días sin muestreo. Se recolectaron datos utilizando programas como IBM SPSS, MINITAB 17 y Excel. En la etapa de Definir, se identificaron problemas mediante mapas de procesos y la voz del

cliente. En la etapa de Medir, se evaluaron especificaciones y se identificaron variables que afectaban la calidad, obteniendo una productividad del 55.93%, eficiencia de 78.33% y una eficacia del 71.4%. En el análisis, se usó MINITAB y se identificaron causas como la falta de un sistema de enfriamiento y de estandarización de la materia prima. En la etapa de Mejora, se sugirieron soluciones como la compra de un equipo enfriador y la estandarización de la materia prima. Finalmente, en la etapa de Acción, se realizó un seguimiento que resultó en una mejora de la eficiencia del 78.33% al 84.84%, la eficacia del 71.4% al 96.56% y la productividad de 55.93% a 81.92%.

Según Huamán (2019), en su tesis “Seis Sigma para Mejora de la productividad en la Fabricación de Pañales de la Línea Nazca, Santa Clara 2019”, se enfoca en reducir los productos no conformes mediante la implementación de la metodología Seis Sigma. Se abordan temas como Seis Sigma, productividad, eficacia, eficiencia, diagramas de control, Cpk, Cp, y análisis estadísticos, los cuales se utilizarán para evaluar las hipótesis del estudio. Este trabajo tiene un enfoque cuantitativo, aplicado y un diseño cuasiexperimental. La población seleccionada corresponde a los pañales de la Línea Nazca durante su proceso de fabricación, y se utiliza un periodo de 12 semanas pretest y 12 semanas posttest para analizar la mejora en la productividad. La metodología Seis Sigma se aplica a través de las cinco etapas DMAIC: Definir (identificación del problema y beneficios), Medir (análisis de causas y efectos con herramientas como Ishikawa, Pareto y estadísticas CP y Cpk), Analizar (evaluación de la especificación de calidad del proceso), Mejorar (reducción de variabilidad para mejorar la productividad) y Controlar (medición del impacto de la variabilidad y evaluación de eficacia, eficiencia y productividad antes y después de la intervención).

Los resultados del estudio indican que Seis Sigma aumentó la productividad en la fabricación de pañales de la Línea Nazca en Santa Clara en 2019, pasando de un 68.71% a un 78.56%, lo que representa un aumento del 9.85%.

Según Sanchez (2018), en su tesis “Aplicación de metodología DMAIC, para aumentar la productividad en el área de corte, de la empresa FITESA PERÚ, Cajamarquilla, 2017 – 2018”, el objetivo de este proceso era reducir actividades y tiempos de inactividad para aumentar la productividad. Para recolectar los datos, se utilizó un formato en Excel para registrar los tiempos de las actividades en la operación de cambio de jumbo, junto con el sistema integrado MES, que proporciona información detallada sobre los tiempos y características de los registros, así como cronómetros, listas de verificación y videos. También se empleó el software estadístico SPSS.23 para obtener parte de los resultados, aplicando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Además, se realizó la prueba t-Student para hipótesis paramétricas de medias, lo que permitió obtener resultados como un aumento de la productividad del 42.30% al 91.9%, eficiencia del 34.3% al 72.7%, y eficacia del 40.9% al 87.8%. Se concluyó que la implementación de las etapas de la metodología DMAIC contribuye de manera significativa al aumento de la productividad en las diversas áreas de la empresa FITESA PERÚ.

Benites (2019), en su investigación “Evaluación y propuesta de mejora de la productividad en el proceso de fabricación de ductos en láminas de acero galvanizado para climatización en la empresa JK Projects Perú”, tiene como objetivo evaluar y mejorar la productividad en la fabricación de ductos de acero galvanizado. Se utiliza la metodología DMAIC junto con principios de Lean Manufacturing para lograr

mejoras. En la etapa de Definir, se identificaron problemas en los indicadores de productividad, que estaban por debajo de los niveles aceptables, afectando los tiempos de proceso y costos. Se realizaron herramientas como el Mapa de Proceso y el SIPOC. En la etapa de Medir, se evaluaron resultados de productividad, con cifras de 0.92 kg/costo Mo-Materiales en Productividad global y 4.71 kg/costo de mano de obra. En la etapa de Analizar, se identificaron causas como la obsolescencia de maquinaria y la reducción del espacio de trabajo. En la etapa de Mejorar, se propuso la adquisición de un lockformer, lo que redujo el tiempo de producción y costos. Finalmente, en la etapa de Controlar, se implementaron controles que resultaron en un incremento del 8.8% en la productividad global y una reducción del 8.8% en el costo de fabricación, mejorando significativamente otros indicadores de productividad.

Narvaez (2019), en su investigación “Aplicación de un modelo de mejoramiento de la productividad basado en Lean Six Sigma a la empresa D'MAX SPORT S.A.S fabricante de calzado”, su objetivo fue aplicar un modelo de mejora de la productividad, basado en herramientas Lean Six Sigma, utilizando la metodología DMAIC. En la etapa de Definir, se identificaron falencias en el área de producción, como la falta de estandarización de procesos y tareas sin valor agregado, empleando herramientas como BSC y SIPOC. En la etapa de Medir, se utilizaron herramientas como Layout, identificación de familias de productos y Value Stream Mapping (VSM). Se seleccionaron 6 de 75 familias de productos y se tomaron 10 muestras de cada una. Se determinó un takt time ideal de 2.97 minutos por unidad, mientras que el

actual era de 5.5 minutos, identificando un cuello de botella en el área de guarnecida con un tiempo de 600 minutos. El nivel sigma calculado fue de 3.9.

En la etapa de Analizar, se usaron herramientas como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto, encontrando que las principales causas de defectos estaban relacionadas con métodos, mano de obra y materia prima. En la etapa de Mejorar, se implementaron herramientas como 5S's, JIT y estandarización. Finalmente, en la etapa de Controlar, se propusieron evaluaciones de la metodología 5S's y se diseñaron indicadores de gestión, resultando en un incremento de productividad de 90 a 103 unidades por turno y una reducción del takt time de 5.5 a 4.08 minutos por unidad.

Juárez (2018), en su investigación sobre la "Implementación de la metodología DMAIC para la mejora de un proceso productivo en una empresa del ramo logístico", se centró en aumentar la productividad en la configuración de reproductores multimedia. En la etapa de definición, se identificó el problema, se estimó el costo de la calidad pobre (COPQ), se seleccionó el equipo del proyecto y se estableció un presupuesto. Durante la medición, se realizó un mapeo detallado del proceso y un estudio de tiempos para establecer el ritmo de trabajo requerido (takt time) y evaluar la capacidad inicial del proceso (DCIP). En el análisis, se identificaron las causas de la baja productividad mediante técnicas como tormenta de ideas y diagrama de causa-efecto, encontrando factores como insuficiente personal y manipulación excesiva de productos. En la etapa de mejora, se propusieron soluciones, seleccionando las más efectivas: trasladar el proceso a una ubicación más cercana a las áreas de embarque, implementar estaciones de trabajo individuales y aumentar el número de colaboradores. Tras la implementación, se elaboró un diagnóstico del proceso

mejorado y se calcularon los beneficios, que incluyeron ingresos adicionales, reducción del transporte de productos y eliminación de movimientos innecesarios, logrando cumplir con la demanda del cliente. Finalmente, en la etapa de control, se creó un documento de capacitación para ilustrar las mejoras a los colaboradores, obteniendo una validación del proceso. Como resultado, la productividad aumentó un 63.89%, pasando de 26,174.38 piezas/mes a 42,896.43 piezas/mes.

Plúas et al (2019), En su investigación “Mejora del proceso continuo mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la línea de producción chocolatera de una empresa alimenticia”, tuvieron como objetivo mejorar la productividad en la producción de bananos con cobertura de chocolate, utilizando un enfoque cuantitativo y cualitativo con un diseño de campo y recolección de datos documental. En la etapa de Definir, se revisaron los datos de producción y mermas de los primeros tres meses de 2018, identificando el área de Chocolatera como clave para la mejora a través de un diagrama de Ishikawa. En la etapa de Medir, se utilizó un gráfico de Pareto que mostró que el 84% de los problemas eran causados por empaques vacíos, incompletos y mal sellados. Se analizaron 40 cajas como muestra, encontrando que el 23% tenía variaciones con respecto a los límites establecidos. En la etapa de Analizar, se estimó el rendimiento diario del producto procesado (RDPP) durante 30 días, demostrando que en los 15 días sin correcciones, el RDPP estaba por debajo del 80%, mientras que en los 15 días con correcciones superó el 80%. En la etapa de Mejorar, se llevaron a cabo reuniones para estandarizar el proceso y los rangos del banano. En la etapa de Controlar, se monitoreó el peso de los empaques durante 6 semanas con 47 cajas y se realizaron capacitaciones sobre los nuevos protocolos. Como resultado, se logró un incremento del 56% en la producción neta, una reducción

del 29% en las no conformidades por empaques vacíos y solo un 9% de cajas fuera del peso correspondiente.

Guerrero (2020), en su investigación “Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa Luisa Postres utilizando la metodología Six sigma y el ciclo DMAIC“, utiliza el ciclo DMAIC con el objetivo de reducir el tiempo de producción en una empresa sin afectar su productividad. En la etapa de Definir, se identificó el problema central, relacionado con el aumento de la demanda que complicaba la atención a más clientes, destacando que el proceso de empaquetado, completamente manual, era el principal desafío. Se establecieron dos indicadores clave: el tiempo de producción diario y la productividad de la línea. En la etapa de Medir, se registraron los tiempos de producción de 30 productos en dos jornadas, enfocándose en las estaciones de preparación, horneado, decoración y empaquetado. En la etapa de Analizar, se identificaron las causas raíces del problema mediante herramientas como el Diagrama de espina de pescado y los 5 por qué, encontrando falta de capacitación, estandarización y un desbalance en la línea de producción. En la etapa de Implementar, se propusieron soluciones como capacitación, estandarización de procesos, balanceo de la línea y la implementación del sistema CONWIP. En la etapa de Control, se introdujeron herramientas para monitorear el tiempo de producción y el inventario. Como resultado, los tiempos de producción se redujeron de una media de 9.005 horas a 7.63 horas, logrando una disminución de 1.37 horas en la línea de producción.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. DMAIC

Según The Council for Six Sigma Certification (2018), DMAIC es un enfoque de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Incluye identificar y verificar las causas del problema, generar y seleccionar soluciones, e implementarlas. Por último, se elabora un plan de control para garantizar que las mejoras se sustenten a lo largo del tiempo.

Tabla 1

Visión general del DMAIC

Fases	Definición
Define (Definir)	Establecer claramente los objetivos de la actividad de mejora y plasmarlos en un documento formal llamado Carta del Proyecto. También es importante conseguir el apoyo necesario y reunir un equipo que trabajará en esta iniciativa.
Measure (Medir)	Establecer métricas que sean precisas y confiables para poder seguir el avance hacia los objetivos establecidos anteriormente. Además, determinar el rendimiento actual del proceso utilizando estas métricas como referencia.
Analyze (Analizar)	Analizar el sistema para encontrar maneras de cerrar la diferencia entre su rendimiento actual y el objetivo que se quiere alcanzar. Emplear análisis de datos exploratorios y descriptivos para comprender mejor el sistema o proceso y su relación con la meta deseada. Utilizar herramientas estadísticas para facilitar y orientar este análisis.
Improve (Mejorar)	Mejorar el sistema. Ser innovador para descubrir maneras más eficientes, económicas o rápidas de realizar las tareas. Emplear técnicas de gestión de proyectos y otras herramientas de planificación para poner en práctica el nuevo enfoque.
Control (Controlar)	Controlar el nuevo sistema. Establecer el sistema mejorado de manera permanente, ajustando los esquemas de compensación e incentivos, así como las políticas, procedimientos, MRP, presupuestos e instrucciones operativas. Considerar la estandarización, como la norma ISO 9000, para garantizar que la documentación sea adecuada.

Nota: Visión general de cada fase de la metodología DMAIC. Fuente: Pyzdek y Keller (2010)

DMAIC es una metodología empleada para optimizar procesos. La metodología Six Sigma DMAIC utiliza herramientas estadísticas y de gestión para mejorar de forma concreta los resultados de desempeño de los procesos y productos de una empresa. (Socconini, 2015, p.10).

Las definiciones de cada fase de la metodología DMAIC es el siguiente:

2.3.1.1. Definir

La fase de definir consiste principalmente en definir el problema y seleccionar el proyecto. (Socconini, 2015).

En la fase de definición de un proyecto de mejora de procesos de Six Sigma, los equipos elaboran una carta de proyecto, que es un documento que resume los objetivos que el equipo desea alcanzar. Esta carta incluye la lista de los miembros del equipo, quienes son responsables de los resultados, el problema que se busca resolver, la meta, el alcance del proyecto, las métricas que se utilizarán y el cronograma de actividades. (The Council for Six Sigma Certification, 2018)

En esta fase se sugiere usar herramientas que apoyen a definir el problema, y estas son:

- La voz del cliente: Es importante conocer los requerimientos de los clientes y por eso que con esta herramienta como indicó Socconini (2015), "Voz del cliente es el proceso de obtención de información para conocer las necesidades y expectativas del cliente: entrevistas, cuestionarios, encuestas, Paneles/Focus Group, exposiciones, quejas del cliente, investigación de mercado, y 01-800" (p. 28).

Figura 1

Voz del cliente

Nota: Nuestra percepción versus la realidad del cliente. Fuente:



Socconini (2015)

- Carta del proyecto: De acuerdo con los autores Pyzdek y Keller (2010)
La Carta del proyecto actúa como un acuerdo entre el proyecto, el equipo y el patrocinador. Cualquier modificación en el alcance, los objetivos o el cronograma necesita la aprobación del patrocinador y el acuerdo del equipo. Este documento detalla el propósito, el método, los responsables y el tiempo del proyecto, e incluye aspectos como la descripción del problema, los objetivos del proyecto, el alcance, los entregables, los patrocinadores y partes interesadas, los miembros del equipo y el cronograma, entre otros.

Figura 2

Carta del proyecto

Project Name/Title: Order Processing Efficiency Start Date: 9/17/07				
Problem/Project Description: Current capacity in Sales/Customer Support area is constrained, while there are untapped opportunities for increased sales. We should limit, wherever possible, Sales involvement in order processing to free up resource for active lead follow-up and sales generation. In addition, errors and/or gaps in information acquired during Order Processing procedure have a negative impact on time required to generate, and/or receipt rate of, email marketing and software renewals to existing clients. This has an especially large potential impact, since it requires correction by senior sales staff, who might otherwise have more time to engage with clients, develop marketing efforts, or work with product development staff.				
Project Scope (Process, Product, functional areas): Limited to software products.				
Project Objectives & Goals: To decrease cycle time & costs of specific Sale Department activities: > Order Processing by 50%+ > Marketing to existing clients by 80+ % > Software renewals by 80+ %		Metric Cost/ Order Time/ campaign Time/ update	Baseline \$32 download \$40 shipped 2-4 hours 2-4 hours	Goal \$16 download \$20 shipped 20 minutes 20 minutes
Business Need	Customer Impact: Improved notification rate for renewals & upgrades; reduction in total cycle time as procedure more streamlined.			
	Shareholder Impact: Increased sales potential, immediately on upgrades, but also for future sales with availability of sales staff; Reduced cost for order processing. Reduced costs for marketing & renewal campaigns.			
	Employee Impact: Clearer responsibilities; Less interruption in process flow.			
Project Sponsor: Peter Keene, VP		Stakeholder Group: Sales & Operations		Signature / Date
Team Black Belt: Patrick Killihan				
Team Members: Don Debuski		Customer Support		
Helen Winkleham		Shipping & Packaging		
Anne Sheppard		Accounting		
DEFINE	MEASURE	ANALYZE	IMPROVE	CONTROL
Objective Date Complete > Project Def. 9/17/07 > Top level Process Def. 9/19/07 > Team Formation 9/19/07	Objective Date Complete > Process Definition > Metric Def. > Estimate Baseline	Objective Date Complete > Value Stream Analysis > Analyze Variation > Determine Drivers	Objective Date Complete > Implement Process > Assess Benefits > Evaluate Failure Mode	Objective Date Complete > Standardize Methods > Control Plan > Lessons Learned

Nota: Estructura de una carta de proyecto: Fuente: Pyzdek y Keller (2010)

- Diagrama de Gantt: Es un diagrama para el cumplimiento del proyecto como indica Socconini (2015) "El proyecto debe ser documentado y actualizado en un reporte semanal en el que se analizan las actividades, los tiempos y, sobre todo, el nivel de cumplimiento según lo establecido" (p. 41).

2.3.1.2. Medir

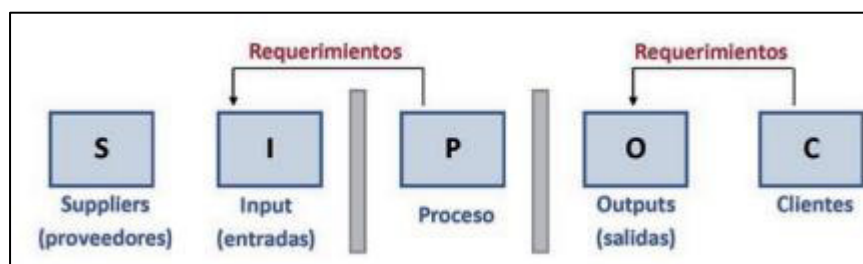
De acuerdo con Socconini (2015) en la fase de Medir se tienen como objetivos describir el proceso con detalle y las funcionalidades detalladas en el proceso, se debe definir las métricas que ayudará a verificar el desempeño del proceso y estimar la línea base. También se debe obtener todos los datos del proceso para luego ser procesados en la fase de análisis, y finalmente hacer una evaluación del sistema de medición para cuantificar los errores que están asociados con la métrica.

Existen herramientas de ayuda para desarrollar esta fase las cuales son:

- SIPOC: Se le llama SIPOC por sus iniciales en inglés, y traducidos al español significan Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Cliente como se muestra en la figura 3. Según The Council for Six Sigma Certification (2018), Al hablar de proveedores, se refiere a las personas, procesos y organizaciones que suministran los insumos necesarios para el proceso. Cuando menciona a los clientes, se refiere a las personas, procesos y organizaciones que utilizan los resultados de ese proceso. En cuanto al proceso, se define como la secuencia de pasos que transforma las entradas en salidas.

Figura 3

Elementos del SIPOC



Nota: Elaborado en base a Socconini (2015).

2.3.1.3. Analizar

Después de la fase de Medir se debe de analizar con los datos obtenidos, el análisis como indica Socconini (2015) “representa una etapa determinante, ya que en ella se reconocen las causas de los problemas, las principales fuentes de variación y se determina el camino que se ha de seguir en la fase de mejora” (p. 135).

Existen herramientas de análisis para desarrollar esta fase las cuales son:

- Diagrama de Ishikawa: También llamado Diagrama de pescado es una herramienta eficaz para resolver problemas, según The Council for Six Sigma Certification (2018), es un método ampliamente utilizado para generar ideas y analizar las causas de un proceso. Por lo general, se lleva a cabo en equipo, donde los integrantes realizan una lluvia de ideas para identificar las posibles causas de los problemas, lo que incrementa la probabilidad de encontrar soluciones viables y originales.
“Resulta conveniente usar las 6M (mano de obra, máquinas, métodos, materiales, medición, medio ambiente)” (Socconini, 2015, p.164).
- Los 5 porqués: Es una herramienta de lluvia de ideas que consiste en formular preguntas detalladas sobre un problema o proceso hasta identificar la causa raíz, implicando la participación de los miembros del equipo. (The Council for Six Sigma Certification, 2018).

2.3.1.4. Mejorar

Como indicó Membrado (2013) “en esta etapa, el equipo identifica e implanta soluciones a los problemas encontrados que ataquen las causas raíces y que generen los resultados” (p. 143).

Las Herramientas que empleadas a mejorar son:

- 5S: Como indicó Madariaga (2019), “La expresión «cinco S» proviene de las cinco palabras japonesas seiri (separar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (control visual) y shitsuke (disciplina), que resumen los cinco pasos a seguir para implantar esta metodología (p. 35).

Figura 4

Los pasos de las 5S



Nota: Para implementar las 5S se debe seguir los 5 pasos. Fuente: Madariaga (2019).

Se define los pasos de las 5s:

Separar (Seiri): Según Madariaga (2019), este primer paso implica clasificar los elementos del puesto de trabajo en dos grupos: necesarios e innecesarios. Los elementos innecesarios son aquellos que no se anticipa usar a corto o medio plazo en las actividades de producción habituales. Estos elementos innecesarios obstaculizan el uso de los elementos necesarios y generan variaciones.

Ordenar (Seiton): Según Hernández y Vizán (2013) “Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial” (p.39).

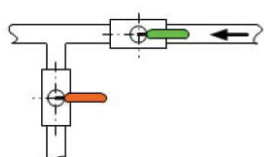
Limpiar (Seiso): Según Madariaga (2019), eliminar las fuentes de suciedad, como fugas de aceite, agua y taladrina. Prevenir la dispersión de suciedad utilizando bandejas para recoger el aceite y pantallas que eviten que virutas y granalla caigan al suelo. Facilitar el acceso a las áreas de difícil limpieza o prevenir la acumulación de suciedad en esos

lugares. Realizar adecuadamente las reparaciones temporales hechas con cartones, cinta adhesiva, bridas de plástico, alambres, cuerdas o madera. Sustituir los elementos dañados o rotos. Establecer e implementar un procedimiento de limpieza.

Control Visual (Seiketsu): Según Madariaga (2019), delimitar los rangos de funcionamiento en instrumentos de presión, amperaje y temperatura; establecer niveles mínimo y máximo en los visores de aceite. Identificar los tipos de aceites y lubricantes en los puntos de llenado, y el tipo de fluido y dirección del flujo en tuberías mediante colores y flechas. Indicar el estado de las llaves de paso (abiertas en verde, cerradas en rojo) y marcar cantidades mínimas y máximas de consumibles. Además, sustituir carenados de chapa por tapas de policarbonato transparente para facilitar la inspección de componentes internos de la máquina.

Figura 5

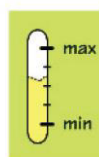
Estándares para el control visual de situaciones anómalas



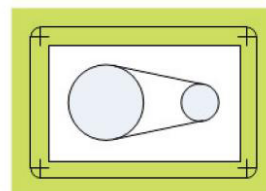
Control visual de la posición de las llaves de paso: normalmente cerrada = rojo normalmente abierta = verde



Control visual de los indicadores de presión, temperatura...



Control visual de los niveles de aceite.



Tapa de policarbonato transparente para el control visual del estado de correas...

Nota: Ejemplos de controles visuales. Fuente: Madariaga (2019)

Disciplina (Shitsuke): Como indicó Madariaga (2019) “su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S” (p.41)

- El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF): El AMEF es un procedimiento que de acuerdo con el autor Salazar (2019), permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar objetivamente sus efectos y causas. Esto ayuda a prevenir su ocurrencia y proporciona un método documentado de prevención. En la siguiente imagen se muestra los puntajes para obtener el nivel de prioridad de riesgo.

Tabla 2**Clasificación de Severidad**

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Crítico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Crítico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Nota: Cuadro para clasificar la severidad. Fuente: (leansolutions, s.f.)

Tabla 3*Clasificación de Ocurrencia*

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	Muy Alta	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	Alta	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	Moderada	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	Baja	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	Remota	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Nota: Cuadro para clasificar la ocurrencia. Fuente: (leansolutions, s.f.)

Tabla 4*Clasificación de Detección*

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Nota: Cuadro para clasificar la ocurrencia. Fuente: (leansolutions, s.f.)

2.3.1.5. Controlar. - El control es la etapa conclusiva de la metodología.

Durante esta fase, los equipos desarrollan herramientas de monitoreo que les permiten supervisar las mejoras implementadas, asegurando así que el proceso continúe funcionando de manera adecuada. (The Council for Six Sigma Certification, 2018)

-Plan de Control: De acuerdo con el autor Socconini (2015), el plan de control es una estrategia a largo plazo que se basa en una serie de

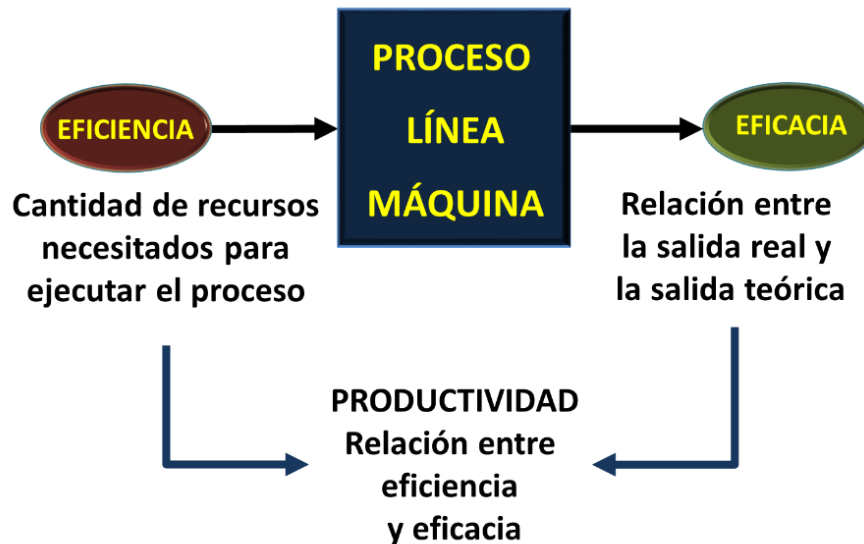
actividades destinadas a garantizar el mantenimiento de las mejoras en el proceso y a asegurar que estas sigan siendo efectivas.

2.3.2. Productividad

Existen diferentes significados de la productividad, según Lopez (2013), la productividad se refiere a la producción realizada por las personas a través de sus conocimientos y recursos. La forma más efectiva de medirla es a través del dinero, lo que genera rentabilidad y competencia entre individuos y sociedades.

La productividad es la relación entre los recursos que invierte una empresa y los beneficios que obtiene. Existen una serie de factores determinantes de la productividad, según Alamar y Guijarro (2018), estas son “calidad y la disponibilidad de los materiales, la disponibilidad y capacidad de producción de la maquinaria, la actitud y el nivel de capacidad de la mano de obra, la motivación y efectividad de los gestores” (p.5).

Según Contreras (2018), la productividad se evalúa en función de la producción lograda (eficacia) en relación con el esfuerzo realizado para alcanzar ese resultado (eficiencia), en otras palabras, si conseguimos obtener más resultados con menos esfuerzo, eso significa que nuestra productividad es mayor.

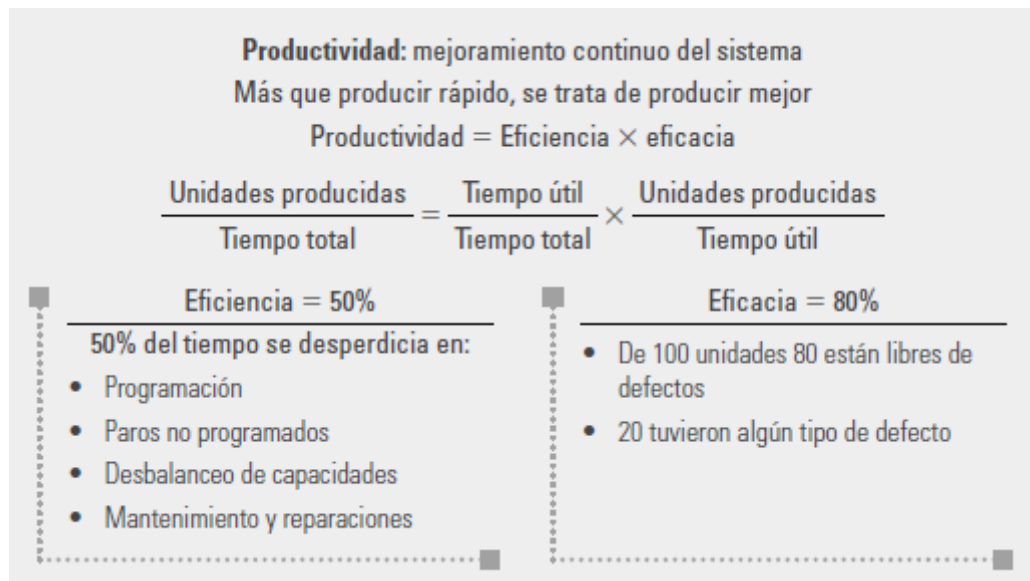
Figura 6*Relación entre eficiencia, eficacia y productividad****Eficacia --- Eficiencia --- Productividad******Nota:*** Elaborado en base a Contreras (2018)

Según Carro y González (2012), la productividad se refiere a la optimización del proceso de producción, donde la mejora implica una evaluación positiva entre la cantidad de recursos empleados y la cantidad de bienes y servicios generados. Así, la productividad es un indicador que compara lo que un sistema produce (salidas o productos) con los recursos que se emplean para obtenerlo (entradas o insumos).

Según Gutiérrez (2010), la productividad se calcula como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados. Los resultados se expresan en unidades producidas, mientras que los recursos se miden en términos de tiempo total invertido, horas de máquina, entre otros.

Figura 7

La productividad y sus componentes



Nota: Cálculos de la productividad. Fuente: Elaborado en base a Gutiérrez (2010)

De acuerdo con el autor Juez (2020), la productividad tiene como finalidad medir el resultado de la eficiencia por haber utilizado los recursos, es decir invertir menos recursos para producir lo mismo o mayor cantidad de ganancias entonces mejor será la eficiencia. La productividad se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Productividad} = \text{Producción obtenida} / \text{Cantidad de factor utilizado}$$

Tabla 5*Tipos de productividad*

Tipos de productividad	Definición
Productividad total de los factores	Es la producción sumando los factores que intervienen como la tierra de capital y el trabajo
Productividad marginal	Es la producción lograda al aplicar la ley de rendimiento decreciente el cual consiste en que, al añadir más unidades a un factor productivo, pero manteniéndose el resto de las constantes hará que progresivamente logrará menos incrementos en la producción por unidad.
Productividad laboral	Es la producción de trabajo obtenida y la cantidad de trabajo aplicado.

Nota: Elaborado en base a Juez (2020).

En los últimos años los incentivos al personal han tenido una gran importancia como señala el autor (Agustín, 2012), un sistema de incentivos motiva a los operarios a ser más productivos al ofrecer mejores remuneraciones por reducir el tiempo de producción. Esto beneficia a las empresas al aumentar la producción y mejorar la eficiencia de todos los factores involucrados.

Figura 8*Cálculo de Productividad al incrementar la producción*

Nota: Al aumentar la producción con las mismas horas de trabajo, también se incrementa la productividad. Elaborado en base a Agustín (2012).

2.3.2.1. Eficiencia

Según Evan y Lindsay (2015), la eficiencia se mide por la cantidad de producción obtenida en relación con la unidad de insumos utilizados.

Según Kanban Tool (2021), la Eficiencia Global de los Equipos (OEE, por sus siglas en inglés) indica el grado de productividad de un proceso cuando está en operación. Es por ello que el indicador de eficiencia se basa en los resultados del OEE.

$$\text{Eficiencia} = \text{OEE}$$

El OEE según Ibermática (2020), "identifica el % de tiempo de producción planificada que es realmente productivo. Un OEE del 100% representa una producción perfecta: se fabrican únicamente piezas de buena calidad, de la manera más rápida posible y sin pérdidas paradas" (p.1).

De acuerdo con Ibermática (2020), indica que el OEE (Eficiencia General del Equipo) se determina considerando tres factores: disponibilidad, rendimiento y calidad. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

Tabla 6*Factores del OEE*

Factores	Definición
Disponibilidad	Incluye todas las paradas, las circunstancias que hacen que el sistema no está en funcionamiento como pueden ser averías, falta de material o información, ajustes y puestas en marcha.
Rendimiento	Compara la diferencia entre los tiempos teóricos o esperados y los reales.
Calidad	Permite saber del tiempo de producción cuanto tiempo se está produciendo con defectos.

Nota: Elaborado en base a Ibermática (2020)

Figura 9*Cálculo de la eficiencia OEE*

Nota: Elaborado en base a Ibermática (2020)

2.3.2.2. Eficacia

Chase, (2019) indica que la eficacia se refiere a realizar las acciones que generarán el máximo valor para el cliente.

Según Gutierrez (2010), la eficacia es el nivel en que se llevan a cabo las actividades planificadas y se logran los resultados previstos. Implica utilizar los recursos de manera adecuada para alcanzar los objetivos establecidos (realizar lo que se ha planeado).

Según Contreras, (2018), la eficacia se evalúa al comparar la producción potencial de un proceso con lo que realmente produce, sin considerar la eficiencia, que se refiere a los recursos utilizados. La eficacia mejora al producir productos de mejor calidad en el mismo tiempo.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Cantidad producido}}{\text{Cantidad planificado}}$$

2.3.3. Neumático

Según la RAE (s.f.) define al neumático como “pieza de caucho con cámara de aire o sin ella, que se monta sobre la llanta de una rueda” (p.1).

El neumático según PRODUCE (2005) “está fabricado a base de caucho, productos químicos, hilos textiles y/o alambres y otras materias, que va montado sobre el aro” (p. 292017).

Entre las marcas productoras de neumáticos que dominan el mercado a nivel mundial son Bridgestone, Continental, Buen año (Goodyear), Michelin y Pirelli. (Mordor Intelligence, s.f.)

Tabla 7

Tipos de Neumáticos según la carcasa

Tipo de Neumático	Definición
Neumático Diagonal o Neumático Convencional:	Es el neumático en el cual las cuerdas de los pliegos se extienden de pestaña a pestaña formando ángulos alternos sustancialmente menores a 90° con respecto a la línea central de la banda de rodamiento.
Neumático Diagonal con cinturón:	Es el neumático de construcción diagonal en el cual la carcasa está circundada por un cinturón constituido por una o más capas de cuerdas, debajo de la banda de rodamiento, formando ángulos alternos cercanos a aquellos de la carcasa.
Neumático Radial:	Es el neumático en el cual las cuerdas se extienden de pestaña a pestaña y van colocadas aproximadamente a 90° con respecto a la línea central de la banda de rodamiento, estando la carcasa circundada por un cinturón constituido por dos o más capas de cuerdas debajo de la banda de rodamiento, formando ángulos.

Nota: Elaborado en base a PRODUCE (2005)

El proceso de fabricación de neumáticos consta de una serie de etapas las cuales se definen a continuación:

Mezclado: Un neumático está compuesto por hasta 30 tipos diferentes de caucho, rellenos y otros componentes, los cuales se mezclan en grandes mezcladoras para formar un compuesto gomoso de color negro que luego se tritura en una etapa posterior. (Goodyear, s.f, p.1).

Triturado: El caucho enfriado se corta en tiras que formarán la estructura principal del neumático. Durante la fase de trituración, se preparan otros componentes del neumático, algunos de los cuales se recubren con diferentes tipos de caucho.

(Goodyear, s.f, p.1).

Construcción: Los componentes textiles, las lonas con cables de acero, los talones, las lonas, las bandas de rodadura y otros elementos se ensamblan en una máquina para la fabricación de neumáticos. El producto final es un "neumático verde" (aún sin vulcanizar). (Goodyear, s.f, p.1).

Vulcanización: El neumático verde pasa por un proceso de vulcanización en moldes calientes dentro de una máquina que le da su forma final, incluyendo el diseño de la banda de rodadura y las marcas del fabricante en el costado.

(Goodyear, s.f, p.1).

Inspección: En esta etapa, un grupo de inspectores especialmente capacitados utiliza maquinaria especializada para examinar detalladamente todos los neumáticos y detectar cualquier imperfección, por pequeña que sea, antes de que se pongan a la venta. (Goodyear, s.f, p.1).

Tabla 8*Tolerancia de ancho y diámetro según el tipo de neumático*

Tipo de Neumático		Tolerancia	
		Ancho de la sección transversal	Diámetro Exterior
Automóvil	Neumático Radial	Ancho de la sección transversal nominal + 4%	+ 3% de la diferencia entre el diámetro exterior del neumático y el diámetro nominal del aro
	Neumático Convencional	Ancho de la sección transversal nominal + 7% o + 10 mm (el que sea mayor).	+ 7% de la diferencia entre el diámetro exterior del neumático y el diámetro nominal del aro o + 10 mm (el que sea mayor).
Camión Ligero, Bus y Camión	Neumático Radial	Ancho de la sección transversal nominal + 7%.	+ 8% de la diferencia entre el diámetro exterior del neumático y el diámetro nominal del aro.
	Neumático Convencional	Ancho de la sección transversal nominal + 7%.	+ 8% de la diferencia entre el diámetro exterior del neumático y el diámetro nominal del aro.

Nota: Especificaciones para el ancho de la sección transversal y diámetro exterior por tipo de neumático elaborado en base a PRODUCE (2005)

Tabla 9*Resistencia del neumático*

Tipo de Neumático	Tiempo mínimo de ensayo h
Automóvil (Tipo II)	34
Camión Ligero (Tipo III)	47
Camión y buses (Tipo IV)	47

Nota: Elaborado en base a PRODUCE (2005)

2.4. Definición de términos

- **Auditoría:** La Auditoría se define como un procedimiento sistemático para recopilar y analizar los registros con el propósito de verificar su situación. Su objetivo es determinar la razonabilidad, integridad y autenticidad de la información. (Alcívar et al., 2016)
 - **Banbury:** “El mezclador Banbury es un aparato para mezclar materiales” (Mexpolimeros, s.f.). Se le llama Banbury al área donde se producen las láminas de compuesto.
 - **Compuestos:** Material que es una mezcla de materia prima y se almacena en una plataforma en forma de láminas para su uso en otras áreas con el fin de fabricar neumáticos. De acuerdo a Goodyear (s.f), existen 2 tipos de compuestos:
 - i) Compuesto no productivo: Mezcla de Caucho natural y sintético, negro de humo, aceite, azufre, pigmentos no productivos.
 - ii) Compuesto productivo: Mezcla de compuesto no productivo y pigmentos productivos. (p.1).
 - **Criterios de clasificación:** Se trata de una categorización basada en la utilidad y la frecuencia de uso, lo que facilita la identificación de los elementos esenciales. (Valles, 2015)
 - **Estándar de trabajo:** Es una explicación detallada de cada tarea laboral.(Hernández y Vizán, 2013)
- Eficiencia:** La eficiencia se mide por la cantidad de producción obtenida en relación con la unidad de insumos utilizados. (Evans y Lindsay, 2015)
- **Eficacia:** La eficacia se mide al contrastar la producción real de un proceso con su capacidad potencial. (Contreras, 2018)

- **Gráfico de cascada:** Indican cómo cada segmento de los datos representados aporta al total y se visualizan en forma de columnas flotantes. (Guesta, 2020)
- **Kanban:** Un kanban es una indicación, generalmente representada por una tarjeta de cartulina, que autoriza la producción o el traslado de una cantidad específica de un producto determinado. (Madariaga, 2019)
- **Layout:** Un layout determina la disposición de los procesos, las máquinas, los equipos relacionados y las áreas de trabajo, lo que a su vez influye en el flujo del personal dentro y fuera de estas zonas. (Buzón, 2019)
- **LUP:** La Lección de Un Punto (LUP), también conocida como OPL (por sus siglas en inglés One Point Lesson), es una herramienta de comunicación utilizada para compartir conocimientos y habilidades de forma clara y concisa. (Club responsables de gestión de calidad, 2016)
- **Mantenimiento correctivo:** Se lleva a cabo después de que se ha producido la avería, adoptando un enfoque reactivo. (Escaño et al., 2019)
- **OEE:** La Eficiencia General de los Equipos (OEE, por sus siglas en inglés) indica el grado en que un proceso es productivo mientras está en operación. No mide cuánta producción pueden generar las máquinas y equipos a su máxima capacidad, sino el porcentaje de tiempo en que el funcionamiento actual es realmente efectivo. (Kanban tool, s.f.)
- **Pigmentos químicos:** Son cargas para darle propiedades específicas al compuesto del caucho como resinas, ceras, óxido de zinc, sílica, antioxidantes y antiozonantes. (Goodyear, s.f)
- **Proceso:** Un proceso consiste en una serie de actividades cuya finalidad es alcanzar un resultado específico. (Evans y Lindsay, 2015)

- **Productividad:** Se analiza considerando la producción obtenida (eficacia) y los recursos empleados para alcanzarla (eficiencia). (Contreras, 2018)
- **Shapiro Wilk:** La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se utiliza cuando se examinan muestras que contienen menos de 50 elementos (muestras pequeñas). (Saldaña, 2016)
- **t-Student:** La prueba t-Student se basa en dos supuestos: el primero, que los datos siguen una distribución normal, y el segundo, que las muestras son independientes. Esta prueba permite comparar muestras de tamaño $N \leq 30$. (Sánchez, 2015)

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

HP. La implementación de la metodología DMAIC incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

HN. La implementación de la metodología DMAIC no incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

3.1.2. Hipótesis secundarias

HS.1. La implementación de la metodología DMAIC incrementa la eficiencia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

HN.1. La implementación de la metodología DMAIC no incrementa la eficiencia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

HS.2. La implementación de la metodología DMAIC incrementa la eficacia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

HN.2. La implementación de la metodología DMAIC no incrementa la eficacia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

3.2. Variables

Variable independiente: Metodología DMAIC.

Variable dependiente: Productividad en el área de proceso de producción de láminas de compuestos.

3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 10

Operacionalización de las variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES O CATEGORÍAS	INDICADORES
Metodología DMAIC	Independiente	Según The Council for Six Sigma Certification (2018), DMAIC es un enfoque de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Incluye identificar y verificar las causas del problema, generar y seleccionar soluciones, e implementarlas. Finalmente, se crea un plan de control para asegurar que las mejoras se mantengan.	La Metodología DMAIC es una metodología que se aplica de manera estructurada, la cual se basa de seguir 5 fases (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de manera ordenada para lograr la mejora enfocada.	Definir	Descripción del proceso Voz del cliente Definición del problema Conformación del equipo Aprobación de la carta del proyecto
				Medir	Diagramación de SIPOC Medición de la eficiencia, eficacia, productividad y tiempo de cambio de código de compuesto.
				Analizar	Análisis de la causa con el diagrama de Ishikawa y los 5 por qué
				Mejorar	Uso de AMEF Implementación del plan de acción
				Controlar	Elaboración del Plan de control Ejecución del Plan de control Presentación de los resultados
Productividad	Dependiente	Según Contreras (2018), la productividad se evalúa en función de la producción lograda (eficacia) en relación con el esfuerzo realizado para alcanzar ese resultado (eficiencia), en otras palabras, si conseguimos obtener más resultados con menos esfuerzo, eso significa que nuestra productividad es mayor.	La productividad es importante para una empresa manufacturera, lo cual medimos los resultados por eficiencia y eficacia.	Eficiencia	OEE
				Eficacia	Cantidad producido / Cantidad planificado

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

La presente investigación pertenece al área de Ingeniería y Tecnología, sub área de Otras Ingenierías y Tecnologías y disciplina de Ingeniería de Producción, según las áreas de conocimiento de la OCDE adoptadas por el CONCYTEC.

4.2. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es experimental, según Hernández et al. (2014), “se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula” (p.130)

Según Hernández et al. (2014), manifiesta que un experimento es una situación de control en la que se alteran intencionadamente una o varias variables independientes (causas) para estudiar los efectos de estas alteraciones sobre una o más variables dependientes (efectos).

El diseño es cuasiexperimental porque según Hernández et al. (2014), “manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos” (p.151).

4.3. Población y muestra

Según Hernández et al. (2014) la unidad de análisis se refiere a la entidad o el fenómeno específico que se estudia para obtener conclusiones, es decir, es el enfoque específico de la investigación.

La unidad de análisis para el presente trabajo de investigación comprende la producción de láminas de compuestos para investigar los problemas que están afectando en la productividad.

Según Hernández et al. (2014), define a la población como al conjunto total de elementos que comparten características específicas definidas por el investigador.

La población para esta investigación comprende la totalidad de los compuestos producidos en el mes.

Según Hernández et al. (2014) , define a la muestra como un subgrupo de la población que se selecciona para recolectar datos que debe definirse y delimitarse con precisión, y ser representativa de la población en su conjunto, por lo que el objetivo del investigador es que los resultados obtenidos en la muestra se puedan generalizar a la población, lo que se relaciona con la validez externa del estudio

La muestra para el estudio actual es igual a la población.

4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Creswell y Creswell (2018) la recolección de datos es el proceso de obtener información y evidencia relevante para responder a preguntas de investigación. Este proceso puede involucrar diversos métodos, como encuestas, entrevistas, observaciones y análisis de documentos. En el presente estudio, las técnicas empleadas son las siguientes:

- **Análisis documentario:** esta técnica se empleó para revisar toda la documentación existente dentro de la empresa donde se encuentran los indicadores y proyectos relacionados al proceso los cuales son almacenados en una carpeta digital.
- **Observación:** Se observa las actividades que realiza cada operador y cómo se encuentra el área de trabajo.

- Información de sistemas: Esta técnica se utilizó para aprovechar la información de los indicadores almacenada en el sistema. De esta forma se tuvo acceso a los reportes que permiten conocer mejor el rendimiento del área del Banbury.

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos se utilizaron lo siguiente:

- ERP de la empresa: Es un software que muestra los resultados de la eficiencia de la producción (OEE), los tiempos de cambios de código de compuestos, el tiempo de paradas entre otra información útil para la investigación.
- Formatos de reporte de calidad: Estas hojas son llenadas por los operadores donde llenan toda la información desde su nombre, fecha, turno, los códigos de compuesto, la cantidad producida, los tiempos perdidos durante la producción y los motivos de los tiempos perdidos.
- Excel: Se utilizó este programa para el análisis de los datos, el cálculo del ahorro, reporte de los indicadores.

4.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de normalidad con Shapiro-Wilk y análisis estadístico de t-Student para la validación de las hipótesis.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Desarrollo de la Metodología DMAIC

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos después de haber implementado la metodología DMAIC, con el cual se busca lograr resultados que cumplan con los objetivos.

5.1.1. Definir

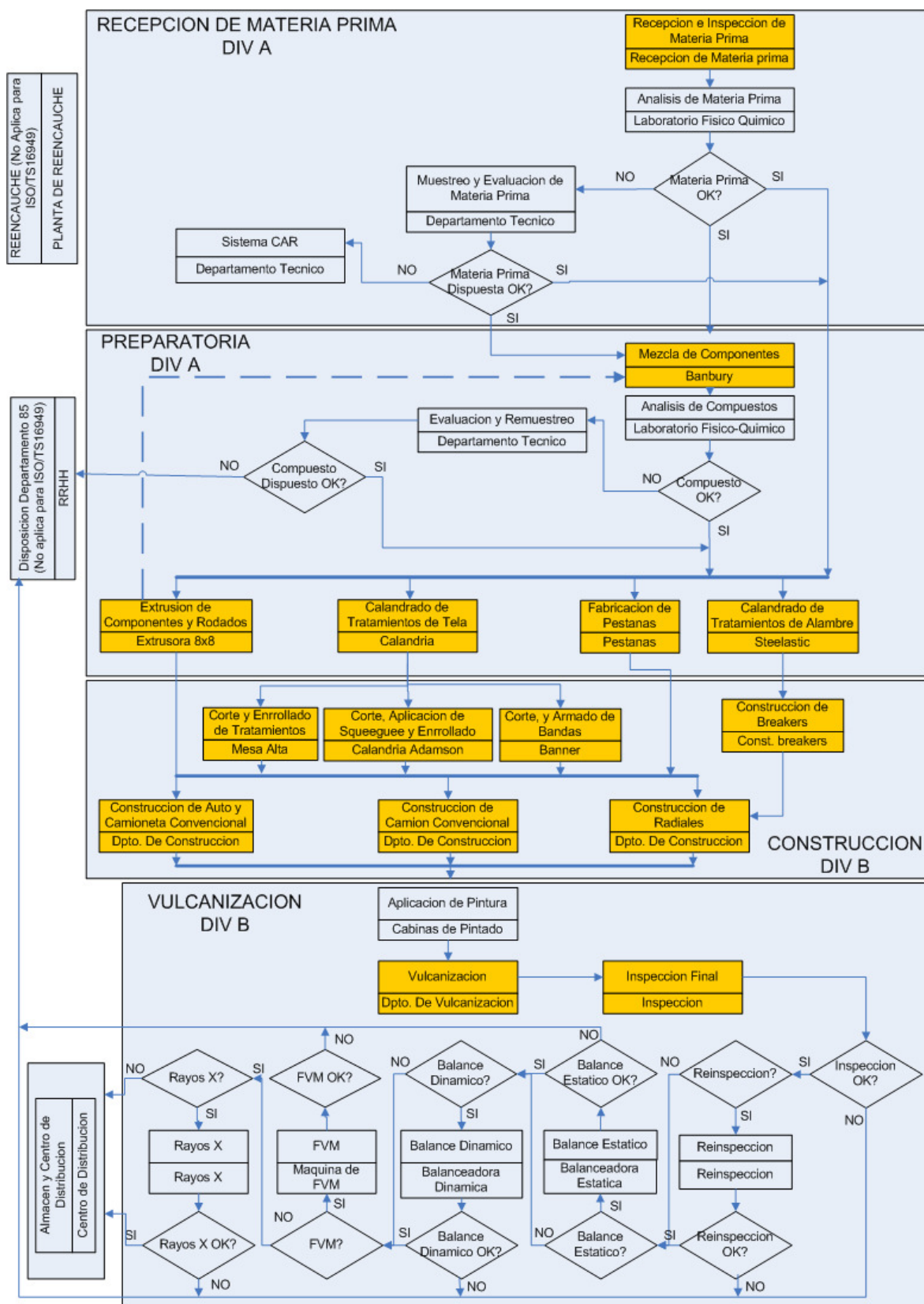
En esta fase se busca definir cuál es el problema que afecta en el resultado de la productividad, para ello el punto de partida ha sido analizar la situación actual de la empresa.

5.1.1.1. Descripción del proceso de producción de neumáticos

En la figura se muestra el diagrama de flujo de la producción de neumáticos.

Figura 10

Proceso de Producción de neumáticos



Nota. Diagrama de flujo de la producción de neumáticos, el compuesto se produce en la Preparatoria Div A. Fuente: elaboración propia.

Basándose en la producción de láminas de compuestos; consta del siguiente proceso:

Proceso de producción de láminas de compuestos

Es el proceso en el que se fabrican láminas de compuestos a partir de una mezcla de caucho, pigmentos químicos, negro de humo, aceite, entre otros. Cada mezcla tiene especificaciones de tiempo y temperatura; al alcanzar estas condiciones, la mezcla se vierte en un molino donde se lamina entre dos cilindros rotativos. Luego, se apilan en forma de láminas sobre plataformas para su uso posterior, y se identifican según el tipo de compuesto producido. Los molinos están equipados con campanas de extracción local para capturar los gases y partículas generados durante el proceso.

Los recursos humanos son los siguientes:

Operador: Realiza la carga de la materia prima (caucho, pigmentos químicos, negro de humo, aceite, entre otros).

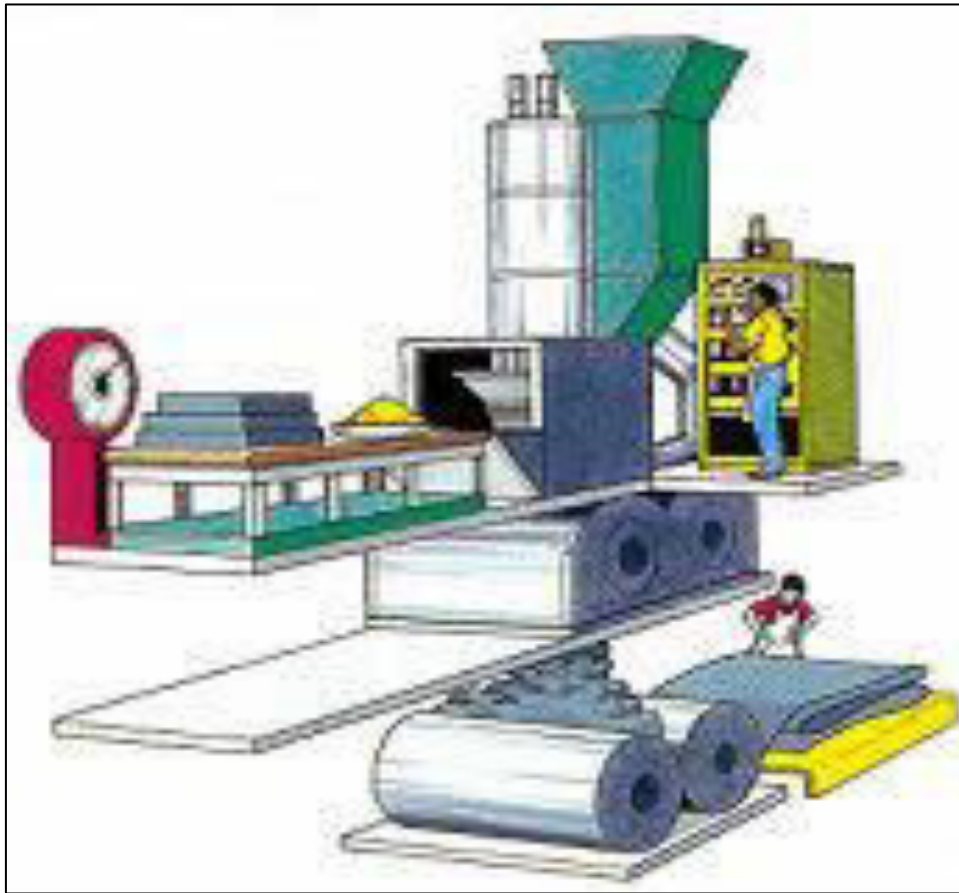
Molinero: Encargado de formar láminas de la mezcla de compuestos haciéndola homogénea, una vez listo se coloca las láminas de compuesto en una faja que lo llevará por una cadena.

Laminador: Almacena las láminas de compuesto. Encargado de cortar los sólidos de caucho para que el operador lo cargue.

En el día se trabaja 3 turnos y cada turno trabaja 8 horas.

Figura 11

Proceso de producción de compuestos



Nota: El proceso presenta la carga de los materiales hasta el laminado de los compuestos en el molino. Información de la empresa. Elaboración propia.

5.1.1.2. Definición de problema

Para conocer el problema, una de las herramientas usadas es la voz del cliente, para ello se hace la consulta a las áreas internas que hacen uso de las láminas de compuesto.

Tabla 11

Voz del cliente

Tipo de cliente	Cientes	Comentario del cliente	Problema del cliente	Requisito del cliente
Interno	Áreas de: Extrusora, Calandria, Pestañas y Steelastic	El área de producción de láminas de compuestos no cumple con la producción y tiempo establecido	En la mayoría de las veces entregan las láminas de compuesto fuera de tiempo, por lo que es difícil cumplir con la producción.	El área de producción de láminas de compuestos debe cumplir con la cantidad y los tiempos establecidos.

Nota: Elaboración Propia.

Al conocer los requisitos de los clientes, se realiza un análisis general de la productividad en el área de producción de láminas de compuestos.

La productividad basada en la eficiencia es medida por el indicador del OEE, para lo cual se realizó un análisis del resultado obtenido en el mes de diciembre del año 2020 para determinar cuál es el principal problema. El resultado del OEE ha sido obtenido por el producto de la disponibilidad, rendimiento y calidad, los cuales se presentan en la tabla.

Tabla 12*Tasa de hora programada*

Tasa Programada	Resultados
Horas disponibles	1488
Horas de vacaciones/almuerzo/descanso	260
Horas de inactividad programadas	0
Horas Kanban	0
Horas de desarrollo	0
Horas de Tardanza.	24
Total de horas perdidas	284
Tiempo Neto Disponible en horas	1204
Tasa Programada %	80.9%

Nota: La tasa programada se obtiene del tiempo neto disponible en horas con respecto a las horas disponibles. Elaboración propia.

En las siguientes tablas se presenta el resultado de la disponibilidad de la máquina, rendimiento y calidad.

Tabla 13

Disponibilidad

Disponibilidad	Resultados
Horas Disponibles	1204
Horas sin Stock	38
Horas de inventario defectuoso (relacionadas con el material)	0
Horas de reuniones/actividades de turno	0
Horas de operador no disponible	0
Tiempo de cambio de código de compuesto en horas	82
Horas de Mantenimiento Correctivo	14
Varias paradas contabilizadas en horas	52
Total parcial	186
Horas de tiempo operativo neto	1019
Disponibilidad %	84.6%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 14*Rendimiento*

Rendimiento	Resultados
Piezas Producidas (unidades)	4213125
Tiempo de ciclo (mostrado en horas)	0
Salida objetivo (unidades)	4535380
Tiempo de trabajo neto en horas	946
Horas de funcionamiento	1019
Horas de pérdida de rendimiento	72
Pérdida de rendimiento (unidades)	322255
Rendimiento %	92.9%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 15*Calidad*

Calidad	Resultados
Número real de piezas producidas	4213125
Piezas defectuosas	268998
Buena salida	3944127
Calidad %	93.6%

Nota: Elaboración propia.

Cálculo del OEE= DisponibilidadxRendimientoxCalidad

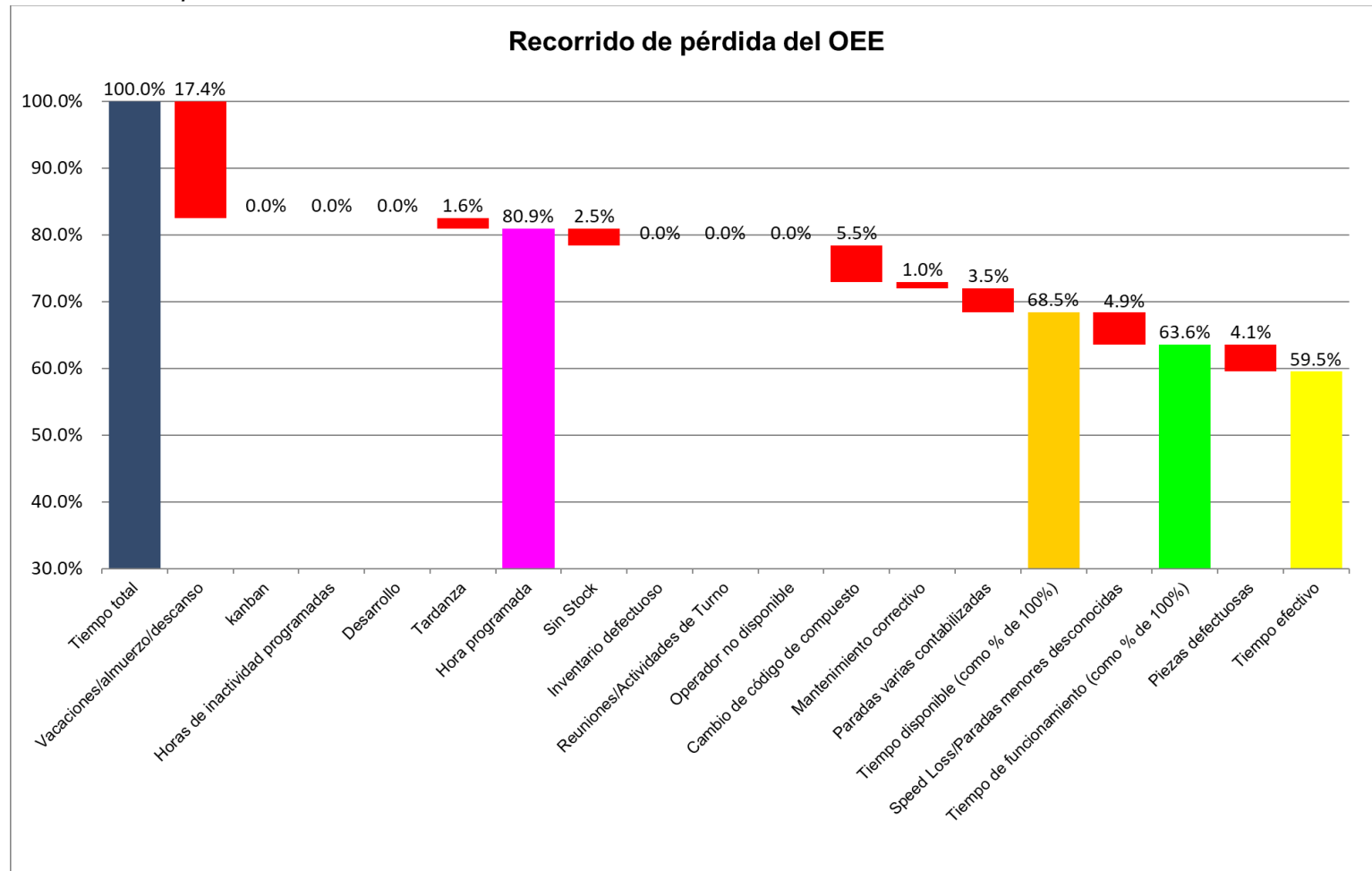
OEE= 84.6% x 92.9% x 93.6% =73.5%

Según el resultado del OEE, se observa que el factor de disponibilidad es el que presenta el valor más bajo. Por esta razón, se analiza cada indicador de la disponibilidad a través de un gráfico de cascada.

Tabla 16*Porcentaje de pérdidas del tiempo*

Tiempo total	% de Pérdidas
Vacaciones/almuerzo/descanso	17.4%
kanban	0.0%
Horas de inactividad programadas	0.0%
Desarrollo	0.0%
Tardanza	1.6%
Hora programada	80.9%
Sin Stock	2.5%
Inventario defectuoso	0.0%
Reuniones/Actividades de Turno	0.0%
Operador no disponible	0.0%
Cambio de código de compuesto	5.5%
Mantenimiento correctivo	1.0%
Paradas varias contabilizadas	3.5%
Tiempo disponible (como % de 100%)	68.5%
Speed Loss/Paradas menores desconocidas	4.9%
Tiempo de funcionamiento (como % de 100%)	63.6%
Piezas defectuosas	4.1%
Tiempo efectivo	59.5%

Nota: Elaboración propia.

Figura 12*Recorrido de pérdida del OEE***Nota:** Elaboración propia.

Los factores del indicador de disponibilidad se detallan desde las horas sin stock hasta las paradas varias contabilizadas. Se observa que el principal problema del bajo rendimiento en eficiencia se debe al cambio de código de compuesto, el cual representa el 5.5% de los tiempos perdidos por disponibilidad, con un tiempo de 2.78 minutos por cambio.

Por lo tanto, se concluye y se define que el problema de la baja productividad, en términos de eficiencia y eficacia, se debe al tiempo empleado en el cambio de código de compuesto.

5.1.1.3. Formación del equipo

Para iniciar con el proyecto se formó un equipo multidisciplinario.

Tabla 17*Equipo del proyecto*

Roles de Equipo	Responsabilidad en Proyecto	Función Actual de Trabajo
Líder de Proyecto	Liderar el proyecto, gestionar las mejoras	Practicante de producción
Colíder	Soporte en la implementación de mejoras	Jefe de producción
Representante de Finanzas	Validación de ahorro	Gerente de contabilidad y costos
Miembro del Equipo	Soporte en calidad	Ingeniero de calidad
Miembro del Equipo	Soporte en mantenimiento	Coordinador de mantenimiento
Miembro del Equipo	Soporte con acciones de mejora en mantenimiento	Mecánico
Miembro del Equipo	Soporte con el proceso de carga de materias primas	Operador
Miembro del Equipo	Soporte con el proceso de mezclado de compuestos	Molinero
Miembro de Equipo	Soporte con el proceso de apilado de láminas de compuestos	Apilador
Miembro del Equipo	Soporte con el proceso de producción y mejoras	Coordinador
Sponsor	Soporte con los recursos para la implementación	Gerente de producción
Soporte del proyecto	Soporte con la ejecución de mejoras	Especialista de Producción

Nota: Elaboración propia.

5.1.1.4. Carta de Proyecto

Una vez definido el problema y formado el equipo, se procedió a elaborar la carta del proyecto. Para ello, se llevó a cabo una reunión con el equipo, en la cual se les informaron los objetivos, los beneficios y las responsabilidades.

Tabla 18

Carta del Proyecto DMAIC

Carta del Proyecto	
Área: Banbury	Responsable: Mariela Andagua
Título del Proyecto:	Incremento de la productividad, eficiencia y eficacia de la producción de láminas de compuestos en el sector neumático mediante la reducción del tiempo de cambio de código de compuesto.
Objetivo meta y plazo	Reducir el tiempo de cambio de código de compuesto de 2.78 a 2 minutos para junio de 2021, con el fin de mejorar la productividad basado en eficiencia, eficacia.
Declaración de la Oportunidad de pérdidas	El aumento del tiempo de cambio de código de compuesto afecta directamente en la eficiencia, eficacia y productividad del área del Banbury (promedio de cambio de compuesto en el mes de diciembre 2020 es de 1633 cambios).
Enumere a cuáles indicadores apuntará mejor este proyecto	
Tiempo por cambio de código de compuesto, eficiencia, eficacia y productividad.	
¿Cuál es la fórmula para calcular los ahorros?	
Tiempo de ahorro * Costo de máquina (S/ 3.680/min) * N° de cambios al mes	
Estimado de Beneficio mensual:	S/ 4,687
Fecha de revisión: 25-01-2021	
Firmantes del proyecto	
Líder del proyecto	
Gerente de contabilidad y costos	
Especialista de producción	
Ingeniero de Calidad	
Coordinador de Mantenimiento	

Nota: Elaboración propia.

5.1.1.5. Plan del Proyecto

Tabla 19

Plan del proyecto DMAIC

PROYECTO DMAIC: Incremento de la productividad, eficiencia y eficacia de la producción de láminas de compuestos en el sector neumático mediante la reducción del tiempo de cambio de código de compuesto.				Fecha		18-Ene	25-Ene	1-Feb	8-Feb	15-Feb	22-Feb	1-Mar	8-Mar	15-Mar	22-Mar	29-Mar	5-Abr	12-Abr	19-Abr	26-Abr	3-May	10-May	17-May	24-May	31-May	7-Jun	14-Jun	21-Jun	28-Jun
				Semana		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Fase del Proyecto		Inicio	Fin	Duración (días)		SEGUIMIENTO																							
D - Definir		18/01/2021	29/01/2021	12																									
Describir del proceso de producción de neumáticos		18/01/2021	22/01/2021	5																									
Usar la voz del cliente		25/01/2021	25/01/2021	1																									
Definir el problema		26/01/2021	27/01/2021	2																									
Conformar el equipo de trabajo		28/01/2021	28/01/2021	1																									
Aprobar la carta del proyecto		29/01/2021	29/01/2021	1																									
M - Medir		01/02/2021	28/02/2021	28																									
Diagramar el SIPOC		01/02/2021	03/02/2021	3																									
Describir las fallas		03/02/2021	05/02/2021	3																									
Medir la eficiencia, eficacia, productividad y tiempo de cambio de código de compuesto.		01/02/2021	28/02/2021	28																									
A - Analizar		01/03/2021	04/04/2021	35																									
Analizar la causa con el diagrama de Ishakawa y los 5 por qué		01/03/2021	04/04/2021	35																									
I - Mejorar		05/04/2021	30/05/2021	56																									
Usar el AMEF		05/04/2021	11/04/2021	7																									
Implementar el plan de acción		12/04/2021	30/05/2021	49																									
C - Controlar		31/05/2021	01/07/2021	32																									
Elaborar un plan de control.		31/05/2021	31/05/2021	1																									
Ejecutar el plan de control		01/06/2021	30/06/2021	30																									
Presentar los resultados		01/07/2021	01/07/2021	1																									

Nota: Elaboración propia.

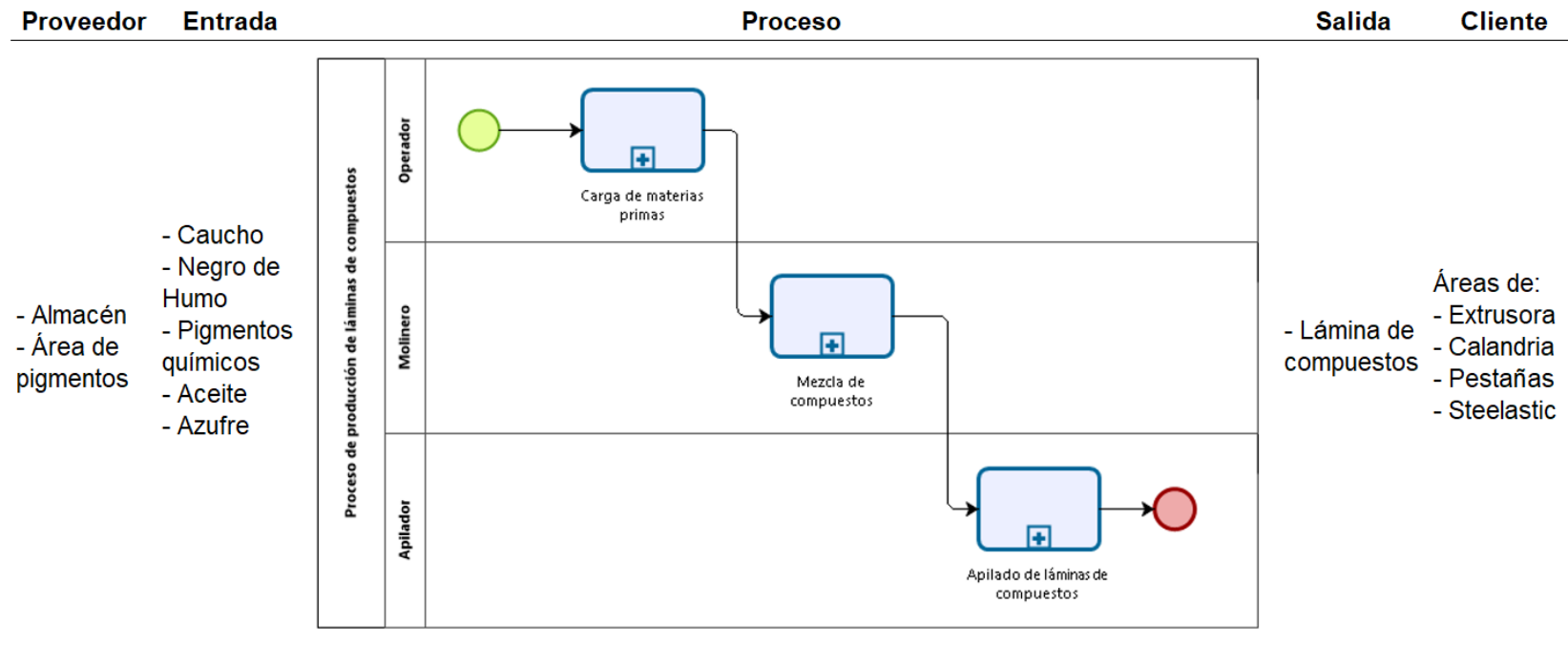
5.1.2. Medir

5.1.2.1 SIPOC

Para conocer el proceso se realizó una reunión con los operadores, molineros y apiladores y se realizó un SIPOC para comprender cuales son los proveedores, entradas, proceso, salida y los clientes.

Figura 13

SIPOC



Nota: Elaboración propia.

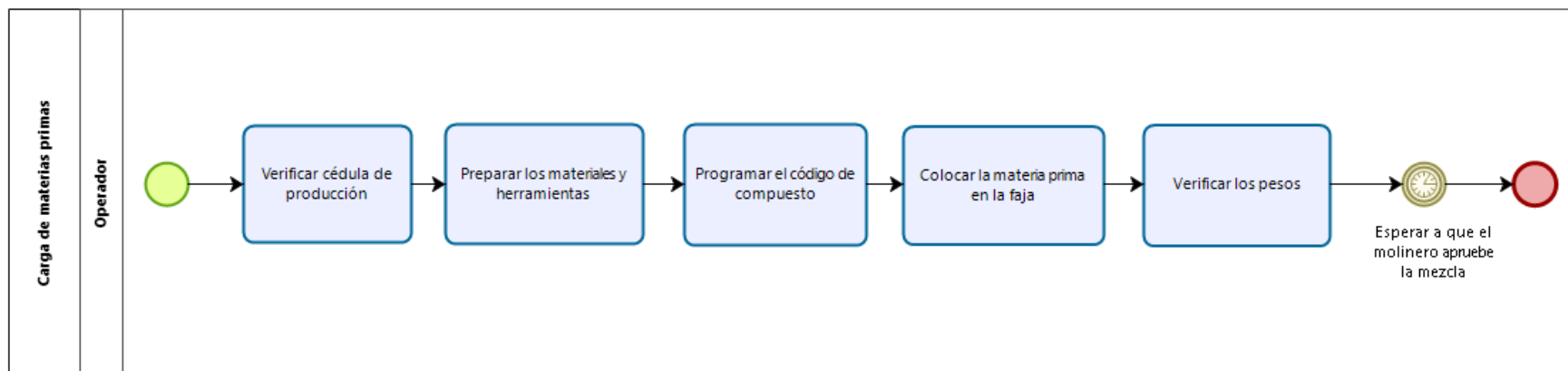
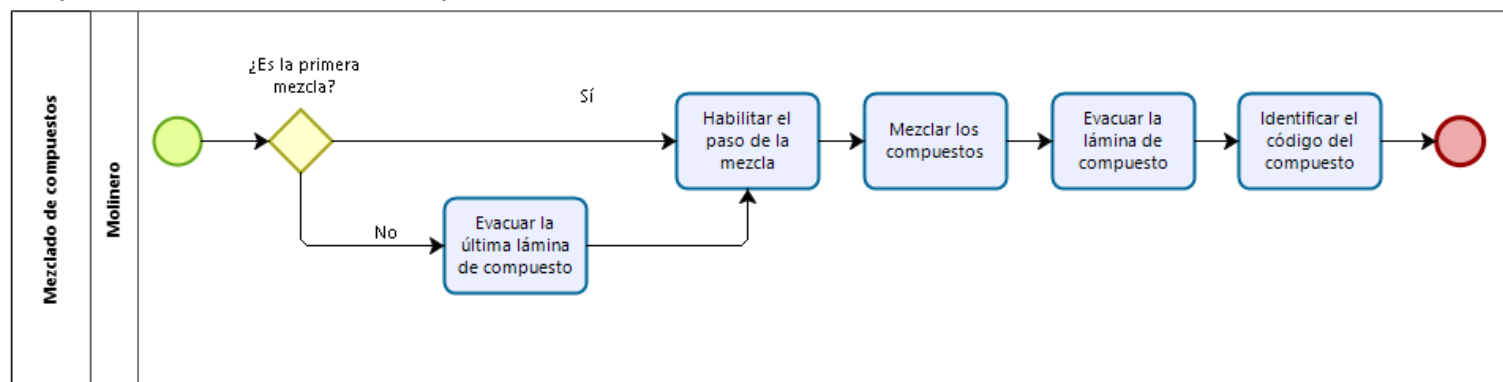
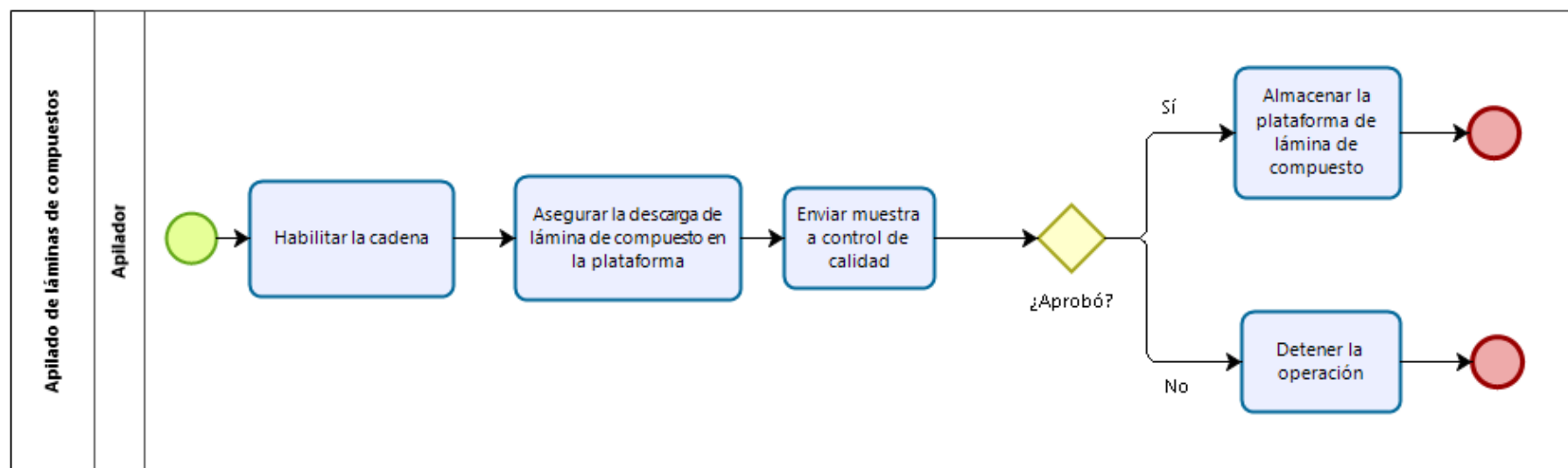
Figura 14*Subproceso de carga de materias primas***Nota:** Elaboración propia.**Figura 15***Subproceso de mezcla de compuestos***Nota:** Elaboración propia.

Figura 16

Subproceso de apilado de láminas de compuestos



Nota: Elaboración propia.

5.1.2.3. Medición de indicadores

En la fase de Medir se realizó la medición diaria del indicador de eficiencia (OEE), eficacia y el tiempo de cambio de código de compuesto del mes de febrero el cual se consideró como un pretest, con el fin de conocer el resultado promedio. Igualmente se midió el tiempo de cambio de código de compuesto para analizar su comportamiento. Se tiene en cuenta 3 turnos de trabajo, en cada turno se trabaja 8 horas.

Tabla 20

Eficiencia Pretest

Día	Promedio
1	71%
2	61%
3	79%
4	68%
5	69%
6	69%
7	71%
8	71%
9	73%
10	72%
11	63%
12	63%
13	74%
14	68%
15	70%
16	80%
17	75%
18	60%
19	72%
20	65%
21	69%
22	70%
23	75%
24	71%
25	68%
26	78%
27	74%
28	69%
Promedio	70%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 21*Eficacia Pretest*

Día	Promedio
1	87%
2	76%
3	98%
4	84%
5	86%
6	85%
7	88%
8	87%
9	90%
10	89%
11	78%
12	78%
13	91%
14	84%
15	86%
16	99%
17	92%
18	74%
19	89%
20	81%
21	85%
22	86%
23	92%
24	87%
25	84%
26	96%
27	91%
28	85%
Promedio	87%

Nota: Elaboración propia

Tabla 22*Tiempo de cambio de código de compuesto (min) Pretest*

Día	Promedio
1	3.04
2	3.54
3	3.39
4	3.54
5	3.55
6	3.12
7	3.09
8	2.94
9	3.21
10	2.43
11	4.74
12	3.22
13	2.91
14	2.88
15	2.60
16	2.66
17	2.22
18	2.36
19	2.55
20	3.77
21	3.13
22	2.97
23	1.99
24	2.42
25	2.67
26	2.21
27	2.18
28	3.71
Promedio	2.96

Nota: Elaboración propia.

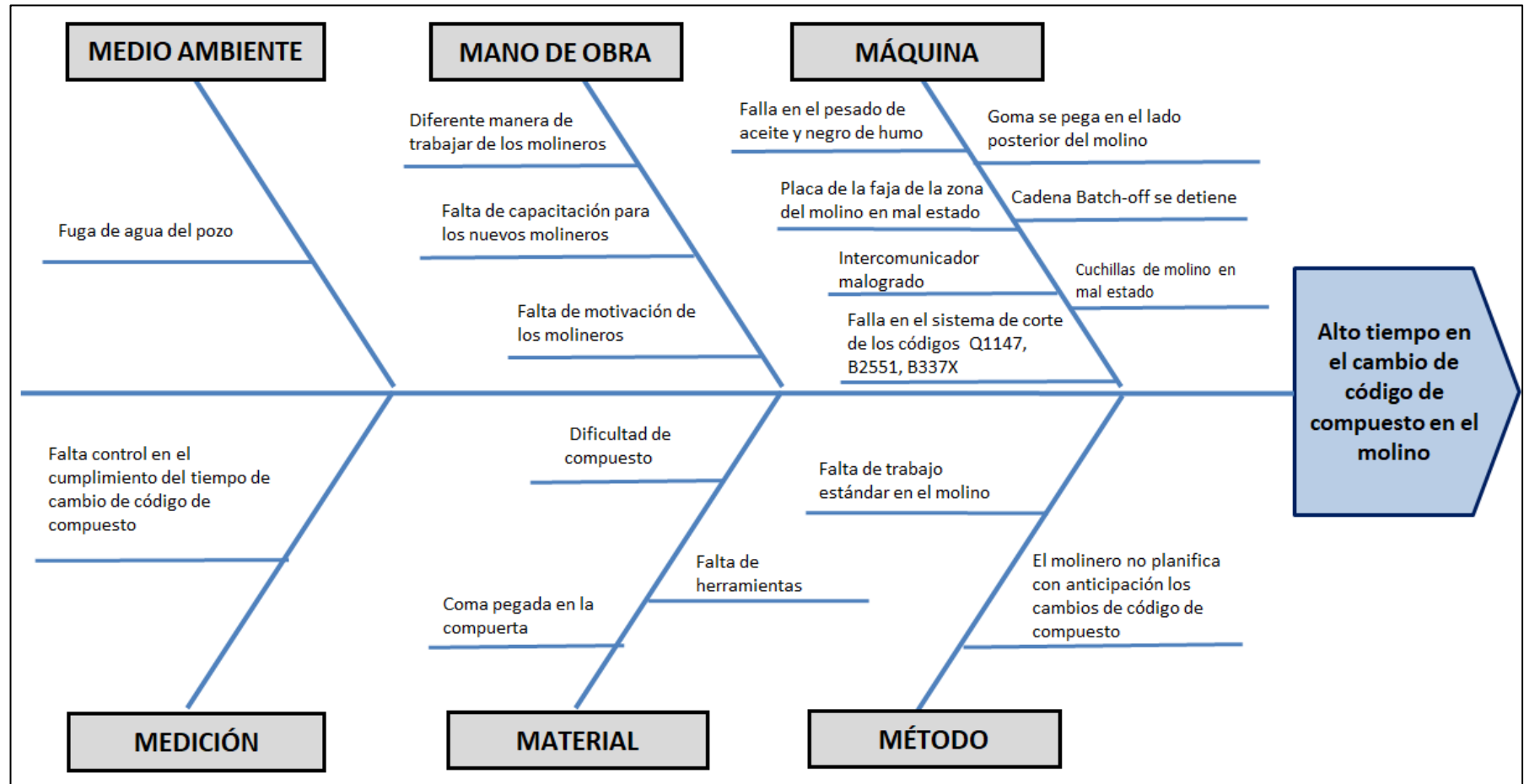
De acuerdo a las mediciones realizadas en el mes de febrero se obtuvo como resultado de la eficiencia el 70% y eficacia 87% generando como resultado una productividad de 61% y el tiempo de cambio de código de compuesto de 2.96 minutos.

5.1.3. Analizar

En esta fase, ha sido fundamental examinar el fenómeno del proceso e identificar la causa raíz, para lo cual se llevaron a cabo las siguientes actividades:

5.1.3.1. Diagrama de Ishikawa

Se utilizó el diagrama de Ishikawa con 6 parámetros; medio ambiente, mano de obra, máquina, medición, material y método.

Figura 17*Diagrama de Ishikawa***Nota:** Elaboración propia.

5.1.3.2. Los 5 por qué

Después del análisis del diagrama de Ishikawa, se realizó un análisis con los 5 por qué para determinar la causa raíz de algunas fallas que se necesitaba identificar a mayor profundidad.

Tabla 23

Aplicación de 5 porqués

Fallas	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz
Cadena Batch Off se detiene	El sensor lee cadena llena	Porque en el sensor caía aceite del engranaje de la cadena	El sensor se encuentra debajo del engranaje de la cadena, estando expuesta a la caída de aceite y suciedad	El sensor se encuentra debajo de la cadena, estando expuesta a la caída de aceite y/o pedazos de compuestos No hay un estándar de limpieza diaria de los sensores
Demora en despegar el compuesto que se pega en el lado posterior del molino	Se encuentran pedazos de compuestos en los lados del molino	Falta de limpieza de los desperdicios	Falta de herramientas de limpieza para el área	Falta de herramientas de limpieza para el área
Demora en despegar el compuesto que se pega en la compuerta	Falta de herramientas de limpieza para el área			Falta de herramientas de limpieza para el área

Nota: Elaboración propia.

5.1.4. Mejorar

En la fase de mejora se realizó un AMEF (Análisis Modal d efectos y Fallos) para determinar cuáles son las principales fallas a las que se implementarán las acciones, de acuerdo al nivel de prioridad de riesgos.

Tabla 24

AMEF de los procesos en el área del Banbury

N°	Proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	NPR	Resultado	Acciones recomendadas	Responsables	Fecha
1	Mezclar compuestos	Diferente forma de trabajar de los molineros	Variabilidad en el rendimiento	8	Falta de trabajo estándar para la mezcla de los compuestos	10	Inspección simultánea con la operación	3	240	Medio	Realizar un estándar de trabajo para el proceso de cambio de código de compuesto y capacitar al	Líder del Proyecto	12/05/2021
2	Laminar	Sensor lee falso contacto	Se detiene la cadena y el laminador debe de resetear manualmente para que la cadena esté operativa. Posibilidad de que se quemé el compuesto en el molino	8	El sensor se encuentra debajo del engranaje de la cadena, estando expuesta a la caída de aceite y suciedad	6	Inspección simultánea con la operación	3	144	Medio	Reubicar el sensor de la zona de apilado	Líder del Proyecto	5/05/2021
											Realizar estándar de limpieza diaria por turno de los sensores	Líder del Proyecto	16/04/2021
3	Mezclar compuestos	Falla en el pesado de aceite	Falla en la válvula del pesado	6	No se realizan los mantenimientos preventivos del sistema del pesado de aceite	8	Inspección simultánea con la operación	3	144	Medio	Considerar la inspección del sistema de pesado de aceite en los mantenimientos preventivos	Líder del Proyecto	14/04/2021
4	Mezclar compuestos	Falla en el sistema de corte de los códigos Q1147, B2551, B337X, G9204	No se realizan los cortes de acuerdo a las especificaciones de calidad	6	Falta de indicador visual para el molinero en cuanto al uso de la palanca de evacuación y manómetro	8	Inspección simultánea con la operación	3	144	Medio	Realizar un estándar visual de las indicaciones del manómetro para cada código	Líder del Proyecto	5/05/2021

N°	Proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	NPR	Resultado	Acciones recomendadas	Responsables	Fecha
5	Todos los procesos	No se hace un reconocimiento a los trabajadores cuando cumplen con los indicadores	Trabajadores desmotivados	6	No se ha establecido un reconocimiento por cumplimiento de indicadores	7	Seguimiento interno de los indicadores	3	126	Medio	Colocación de indicadores de desempeño y reconocimiento por cumplimiento.	Líder del Proyecto	14/04/2021
6	Mezclar compuestos	Dicultad en la comunicación con el operador	Pérdida de los compuestos mezclados	6	Intercomunicador que conecta la comunicación del molinero y el operador está malogrado	7	Inspección simultánea con la operación	2	84	Bajo	Reparar intercomunicador para mejorar la comunicación del operador con el molinero	Coordinador de mantenimiento	12/05/2021
7	Cargar el material	Demora en despegar la goma pegada en la compuerta	La operación se detiene al no cerrarse la compuerta por donde ingresa los insumos	6	Falta de herramientas de limpieza para el área	7	Inspección simultánea con la operación	2	84	Bajo	Implementar 5s en el área de trabajo	Líder del Proyecto	14/04/2021
8	Mezclar compuestos	La mezcla de compuesto se pega en el lado posterior del molino	Demora en despegar la goma y posibilidad de que se queme la goma	6	Falta de herramientas de limpieza para el área	7	Inspección simultánea con la operación	2	84	Bajo	Implementar 5s en el área de trabajo	Líder del Proyecto	14/04/2021

Nota: Contenido en base al análisis de las fallas potenciales.

Para minimizar el riesgo de errores por parte de los molineros al aplicar distintos métodos de trabajo, se elaboró y documentó un estándar de trabajo para el proceso de cambio de código de compuesto, con el objetivo de que los molineros lleven a cabo las mismas actividades y mejoren su desempeño. En la selección del molinero, se evaluó el rendimiento de cada uno, eligiendo al que mostraba el mejor tiempo en el cambio de código de compuesto para identificar y compartir las mejores prácticas. El tiempo que este molinero tardó en realizar el cambio de código de compuesto fue de 72 segundos, equivalentes a 1.12 minutos. Tras documentar la estandarización de las actividades en la figura 18, se procedió a capacitar a todos los molineros del área.

Para evitar la falla en el proceso debido a que el sensor detectara un falso contacto, se estableció un estándar de trabajo para la limpieza del sensor ubicado debajo de la cadena en la zona de apilado, como se muestra en la figura 19. Además, se capacitó a todo el personal con el objetivo de prevenir futuros falsos contactos. Se determinó que esta limpieza se realice de forma diaria al inicio de cada turno. Otra de las medidas implementadas fue reubicar el reflector del sensor en la zona de apilado, ya que también causaba falsos contactos, tal como se muestra en las figuras 20 y 21. Con esta acción se lograron evitar paradas inesperadas y la posible pérdida de láminas de compuesto

Figura 18

Estándar de trabajo en el proceso de cambio de código de compuesto

STANDARD WORK -Molinero Banbury						
ACTIVIDAD : Cambio de compuesto en Banbury						
 Seguridad  Calidad  M. Ambiente  Proceso  Standard Work						
PASOS	ACCIÓN	TIEMPO (")	INFORMACIÓN VISUAL	ICONOS	PELIGROS POTENCIALES	PUNTOS CLAVE
1	Tener listo todas las herramientas para la caída de la última tachada	-				Dejar la zona limpia sin resto de goma
2	Deja banda de goma en la zona del molino donde cae la goma	20		 	Corte	Dejar banda de goma alineado al lado izquierdo del operador
3	Al caer la última tachada, el molino se inhibe automáticamente	-				
4	Laminar el compuesto de izquierda a derecha, usando la cuchilla	5		 	Corte	Distribuir la goma alrededor del molino
5	Accionar las cuchillas del molino	3		 	Cortes	Verificar que el paquete de cuchillas esté libre de goma.
6	Cortar el manto de goma	3			Cortes	

STANDARD WORK -Molinero Banbury						
ACTIVIDAD : Cambio de compuesto en Banbury						
 Seguridad  Calidad  M. Ambiente  Proceso  Standard Work						
PASOS	ACCIÓN	TIEMPO (")	INFORMACIÓN VISUAL	ICONOS	PELIGROS POTENCIALES	PUNTOS CLAVE
7	Enviar goma por la faja área, para alimentar la manta de goma que va hacia la faja pivot.	5			- Cortes - Quemadura - Atrapamiento	- Uso de guantes de lona largos. - Estar concentrado en todo momento. - No meter la mano en los puntos de atrapamiento.
8	Habilitar el mezclado del nuevo compuesto.	2				Considerar el tiempo de mezcla para habilitar la corrida del nuevo compuesto
9	Cuando la manta de goma sale con hueco parar la faja pivot y cortar la manta	3				Revisar constantemente el flujo de goma.
10	Cortar nuevamente el manto de goma	3			Cortes	
11	Empalmar manto de goma a la faja pivot	3				Para empalmar, retroceder la manta de goma de la faja pivot a 50 cm aprox para un buen empalme
12	Mientras se mantiene el flujo de goma hacia la faja pivot, limpiar los restos de goma debajo del molino con el escobillón y levantarlos con la lampa hacia el molino	22				
13	Dejar el molino vacío para el cambio de código	-				Evitar la mezcla de compuestos diferentes

Nota: Actividad realizada con el molinero del Banbury. Elaboración propia

Figura 19*Estándar de limpieza del sensor de la cadena en zona de apilado*

STANDARD WORK - BB#1 - BB#2 - Misceláneo Apilador					
ACTIVIDAD : LIMPIEZA DEL SENSOR EN LA CADENA DE LA ZONA DE APILADO DEL BANBURY PARA EVITAR PARADAS					
 Seguridad  Calidad  M. Ambiente  Proceso  Standard Work					
PASOS	ACCIÓN	INFORMACIÓN VISUAL	ICONOS	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	PUNTOS CLAVE
1	Poner la máquina en manual para que no avance la cadena			Manija Manual	Evitaremos que la cadena se mueva y se evitará accidentes cuando se limpia el sensor
2	Limpiar los sensores			Sensor	Limpiar cada punto del sensor para que esté libre de partícula
3	Resetear la máquina			Botón de reseteo	Se resetea para activar la maquina
4	Mover la manija en automático para que avance la cadena			Verificar que la cadena avance	En caso la cadena no avance porque se activó el sensor a pesar de haber realizado la limpieza, se debe llamar al eléctrico de turno

Nota: Elaboración propia

Figura 20

Reflector de sensor antes de la reubicación



Nota: El reflector del sensor se encontraba expuesto a falsos contactos. Elaboración propia

Figura 21

Reflector de sensor reubicado



Nota: El sensor reubicado en una mejor posición, mitiga el riesgo de que la cadena pare en un falso contacto. Elaboración propia.

Para reducir la falla de la dificultad de comunicación entre el operador y el molinero, se reparó el intercomunicador y se incluyó dentro de la inspección de trabajo de los técnicos de mantenimiento.

Figura 22

Intercomunicador del operador y molinero reparado



Nota: Intercomunicador del lado izquierdo es del operador y del lado derecho es del molinero. Elaboración propia.

Para reducir la falla en el pesado de aceite se consideró la inspección del sistema de pesado de aceite en los mantenimientos preventivos.

Para reducir la falla en el sistema de corte de los códigos Q1147, B2551, B337X, G9204, se realizó un control visual sobre las indicaciones del manómetro para el tipo de corte que el molinero iba a realizar, este control visual fue capacitado a los molineros.

Figura 23*Control visual del manómetro para compuestos en tiras*

Lección de un punto (LUP)		☐ Habilidad básica ☐ Problema ☒ Mejora ☐ Seguridad / Ambiente	18
ÁREA: DIV. A	MÁQUINA: BANBURY		
TEMA: CONTROL VISUAL DEL MANÓMETRO PARA COMPUESTOS EN TIRAS			

CORRECTO

Se recomienda guiarse de los rangos de colores del manómetro para su uso correcto para los diferentes códigos de compuestos en tiras.

De 20 a 30 psi
B2551 (Steelastic) recomendable 30 psi.

De 30 A 50 Psi
B337X (Pestañas) recomendable 40 psi.

De 50 a 70 psi
G9204 (Entubadora) recomendable 60 psi.
Q1147 (Steelastic) recomendable 70 psi

Fecha: 05/05/2021	Creado por: M. CHAVEZ	Revisado por: G. REINOSO	
OPTIMIZACIÓN DE PLANTA...Todos comprometidos en la búsqueda de la excelencia operacional			

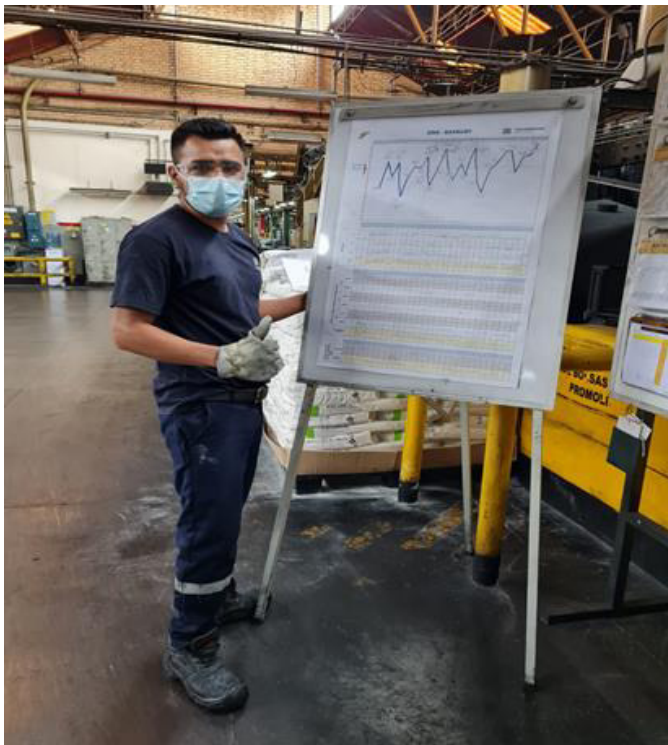
Elaboración propia.

Nota:

Para reducir la falla potencial de que no se realiza el reconocimiento a los trabajadores que cumplen con los indicadores, se comenzó a publicar los resultados y reconocer al equipo por el cumplimiento de los objetivos. La comunicación al equipo sobre los resultados de los indicadores ha sido un factor importante para que el equipo conozca su rendimiento y eso los motive a demostrar cada día lo mejor de sí.

Figura 24

Publicación de resultados y reconocimiento



Nota: Elaboración propia.

5.1.4.1. Implementación de 5S

Uno de los principales objetivos de la empresa es ofrecer productos de calidad cumpliendo con los tiempos de producción. La implementación de las 5S ayuda a cumplir con estos objetivos mediante el orden y la limpieza evitando los

reprocesos y defectos en el producto, ayuda a mantener la vida útil de las máquinas, de la infraestructura y previene accidentes. Para mitigar la falla en la demora de despegar la goma pegada en la compuerta y que la mezcla de compuesto se pegue en el lado posterior del molino, se realizó un plan de implementación de las 5S el cual tuvo como paso inicial una capacitación al equipo del área y se auditó al lugar de trabajo.

Tabla 25

Plan de implementación 5S en el área del Banbury

Implementación de 5S en el área del Banbury				Fecha		14-Abr	19-Abr	26-Abr	3-May	10-May	17-May
				Semana		13	14	15	16	17	18
Fase del Proyecto	Inicio	Fin	Duración (días)	SEGUIMIENTO							
Capacitación Inicial	14/04/2021	15/04/2021	2								
Capacitar al equipo del área.	14/04/2021	14/04/2021	1								
Compartir material de apoyo.	15/04/2021	15/04/2021	1								
S1: Clasificar (SEIRI)	19/04/2021	23/04/2021	5								
Realizar el layout del área.	19/04/2021	19/04/2021	1								
Tomar foto del antes.	20/04/2021	20/04/2021	1								
Clasificar todos los artículos en el área.	21/04/2021	21/04/2021	1								
Definir las cantidades mínimas y máximas para los artículos.	22/04/2021	23/04/2021	2								
S2: Ordenar (SEITON)	26/04/2021	30/04/2021	5								
Establecer áreas de uso común.	26/04/2021	26/04/2021	1								
Organizar el área de tal manera que los elementos estén en el punto de uso.	27/04/2021	27/04/2021	1								
Organizar alambres y cables.	28/04/2021	30/04/2021	3								
S3: Limpiar (SEISO)	3/05/2021	7/05/2021	5								
Limpiar el área que esté libre de basura, polvo, aceite.	3/05/2021	4/05/2021	2								
Crear lista de verificación de limpieza.	5/05/2021	5/05/2021	1								
Educación a los colaboradores con el uso de la lista de verificación.	6/05/2021	7/05/2021	2								
S4 : Estandarizar (SEIKETSU)	10/05/2021	14/05/2021	5								
Delimitar las zonas, etiquetar artículos, realizar controles visuales para los elementos móviles	10/05/2021	12/05/2021	3								
Elaborar lecciones de un punto si es necesario.	13/05/2021	13/05/2021	1								
Seguimiento de las acciones correctivas.	14/05/2021	14/05/2021	1								
S5 : Disciplina (SHITSUKE)	17/05/2021	17/05/2021	1								
Verificar el cumplimiento de las 4S y que las acciones correctivas sean completadas dentro de un mes.	17/05/2021	17/05/2021	1								

Nota: Elaboración Propia

5.1.4.1.1 Capacitación inicial

Capacitar sobre la implementación de las 5S al equipo del área del Banbury ha sido fundamental para alimentar el conocimiento y generar un compromiso del equipo para poder mejorar las condiciones de trabajo y su rendimiento. Los temas que se abordaron en la capacitación fueron:

- Qué son las 5S
- Importancia de la implementación de las 5S
- Beneficios de las 5S
- Quiénes participan en las 5S
- Roles y responsabilidades en las 5S
- Significado de cada etapa de las 5S
- Video de sensibilización de la implementación de las 5S en la misma marca en Brasil
- Juego de caja de herramientas

Se realizó un tríptico de las 5S el cual fue compartido con el equipo del Banbury, material de apoyo para la implementación de las 5S, el cual se presenta en el ANEXO 1.

Se realizó una auditoría inicial donde el resultado obtenido fue de “0” donde se encontraban documentos desactualizados.

Tabla 26

Resultado inicial de las 5S

Área		Banbury		Puntuación de las 5S:		0
Responsable del Área		Jefe de producción				
Auditores		Líder del proyecto				
Fecha		14/04/2021				
Paso de las 5S	Puntuación	Elementos de auditoría	Notas de Puntuación	Sí	No	Comentarios
PASO 1 Clasificar	0.2	Límites de la Organización en el Lugar de Trabajo determinados	¿Se han determinado los límites del área donde se está implementando 5S en un plano?		X	No se encuentra actualizado
	0.4	Fotos tomadas de "antes"	¿Existen fotos de la situación inicial del área (el antes)?		X	No se encuentra actualizado
	1.0	Clasificar todos los artículos en el área	¿El área ha sido organizada y todos los elementos no necesarios han sido desalojados?		X	
PASO 2 Ordenar	1.2	Áreas de uso común establecidas	¿Hay un área que es utilizado por mas de una persona? Revisar Mapa de zonas de uso común donde están ubicados los elementos necesarios.		X	
	1.6	Área organizada de tal manera que los elementos están en el punto de uso	¿Está organizada la zona? ¿Están los elementos en el punto de uso?		X	
	2.0	Alambres y cables organizados. No hay riesgos	¿Están los cables atados y ordenados o fuera de la vista? ¿Está la zona libre de peligros de tropiezo?		X	
PASO 3 Limpiar	2.4	Área limpia libre de contaminación.	¿Son necesarias las lecciones de un punto en el área? Si las LUPs no son necesarias, marque "Sí". Si son necesarias, ¿Se han creado las lecciones de un punto?		X	
	2.8	Lista de verificación de limpieza creada	¿Se ha creado la lista de Verificación de Barrido Visual para el área?		X	
	3.0	Asociados educados en el uso de la lista de verificación	¿Saben los asociados como utilizar la lista de verificación?		X	

Área		Banbury		Puntuación de las 5S:		0
Responsable del Área		Jefe de producción				
Auditores		Líder del proyecto				
Fecha		14/04/2021				
Paso de las 5S	Puntuación	Elementos de auditoría	Notas de Puntuación	Sí	No	Comentarios
PASO 4 Estandarizar	3.2	Definir las cantidades mínimas y máximas para los artículos	¿Se calculan las cantidades Mínimas y Máximas de los gabinetes de suministros? Las líneas de nivel mínimo y máximo son aceptables		X	
	3.4	Delimitación de las zonas de trabajo y elementos móviles	¿Las zonas de trabajo y los elementos móviles tienen un control visual en donde se almacena (tableros de sombra, contornos, etiquetas en el lugar de origen, o imagen de cómo debería ser el área)?		X	
	3.6	Todos los artículos etiquetados o enumerados en un manifiesto	¿Están todos los artículos en un gabinete o escritorio en un manifiesto o etiquetados?		X	
	3.8	Lecciones de un punto en uso (si es necesario)	¿Son necesarias las lecciones de un punto en el área? Si las LUPs no son necesarias, marque "Sí". Si son necesarias, ¿Se han creado las lecciones de un punto y se están utilizando?		X	
	4.0	Seguimiento de las acciones correctivas	¿Las acciones correctivas están siendo rastreadas en la hoja de planes de acción? ¿Está correcta la hoja de plan de acción (oportunidad detectada, fechas, responsables, etc)?		X	

Área		Banbury		Puntuación de las 5S:		0
Responsable del Área		Jefe de producción				
Auditores		Líder del proyecto				
Fecha		14/04/2021				
Paso de las 5S	Puntuación	Elementos de auditoría	Notas de Puntuación	Sí	No	Comentarios
PASO 5 Disciplina	4.2	La lista de verificación se realiza correctamente	¿Se está haciendo correctamente la lista de Verificación de Barrido Visual y cada día/turno? ¿Esta actualizado?		X	
	4.4	Docuementos actualizados: límites, equipo, última auditoría, lista de acciones correctivas.	¿Están los siguientes documentos en un tablero o exhibidos en el área? ¿Están todos los documentos actualizados? - Límites de Área (Imagen o dibujo) - Equipo de trabajo - Última auditoría y lista de verificación - Lista de acciones correctivas		X	
	4.6	Todos los artículos en la ubicación correcta	¿Están los elementos en el área y en la ubicación correcta (de acuerdo con los Controles visuales o Manifiestos)?		X	
	4.8	Todos los artículos en las cantidades correctas	¿Están los elementos en los gabinetes de suministros o contenedores en las cantidades correctas (según las cantidades Mínimas y Máximas o las líneas Mín / Máx)?		X	
	5.0	Acciones correctivas completadas dentro de un mes.	¿Se están completando las acciones correctiva?		X	

Nota: Elaboración Propia

5.1.4.1.2 Clasificar (Seiri)

El objetivo de clasificar es separar los elementos que sirven de los que no sirven, para ello es importante conocer el área de trabajo por lo que se realizó como paso inicial un layout el cual es una ayuda para establecer el alcance de la implementación de las 5S en el área. Luego se tomó las fotos de la situación inicial del área para poder identificar las mejoras y se procedió a clasificar los elementos del área separando lo que sirve de lo que no sirve, los elementos que no sirven fueron retirados.

Figura 25

Layout Banbury 1

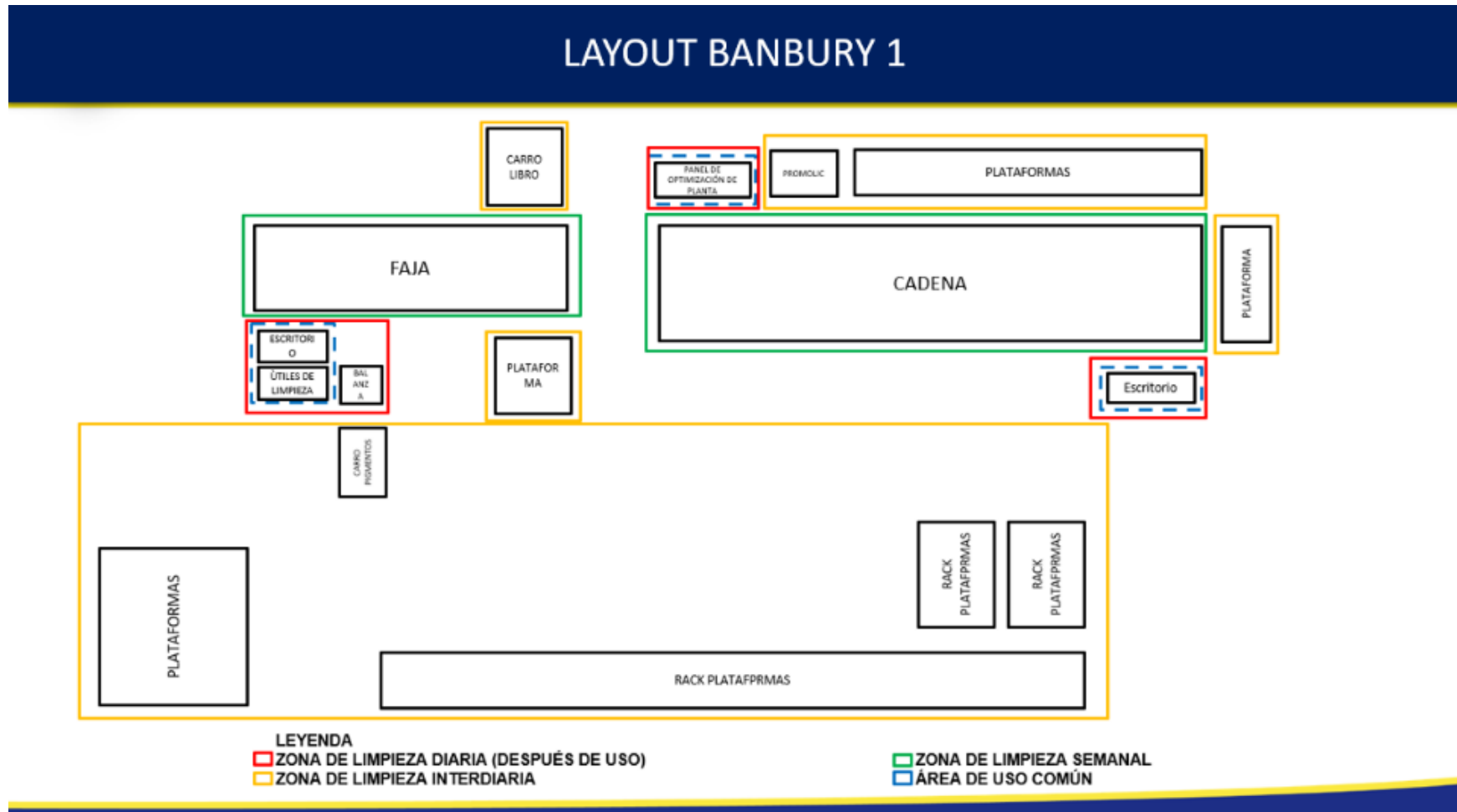
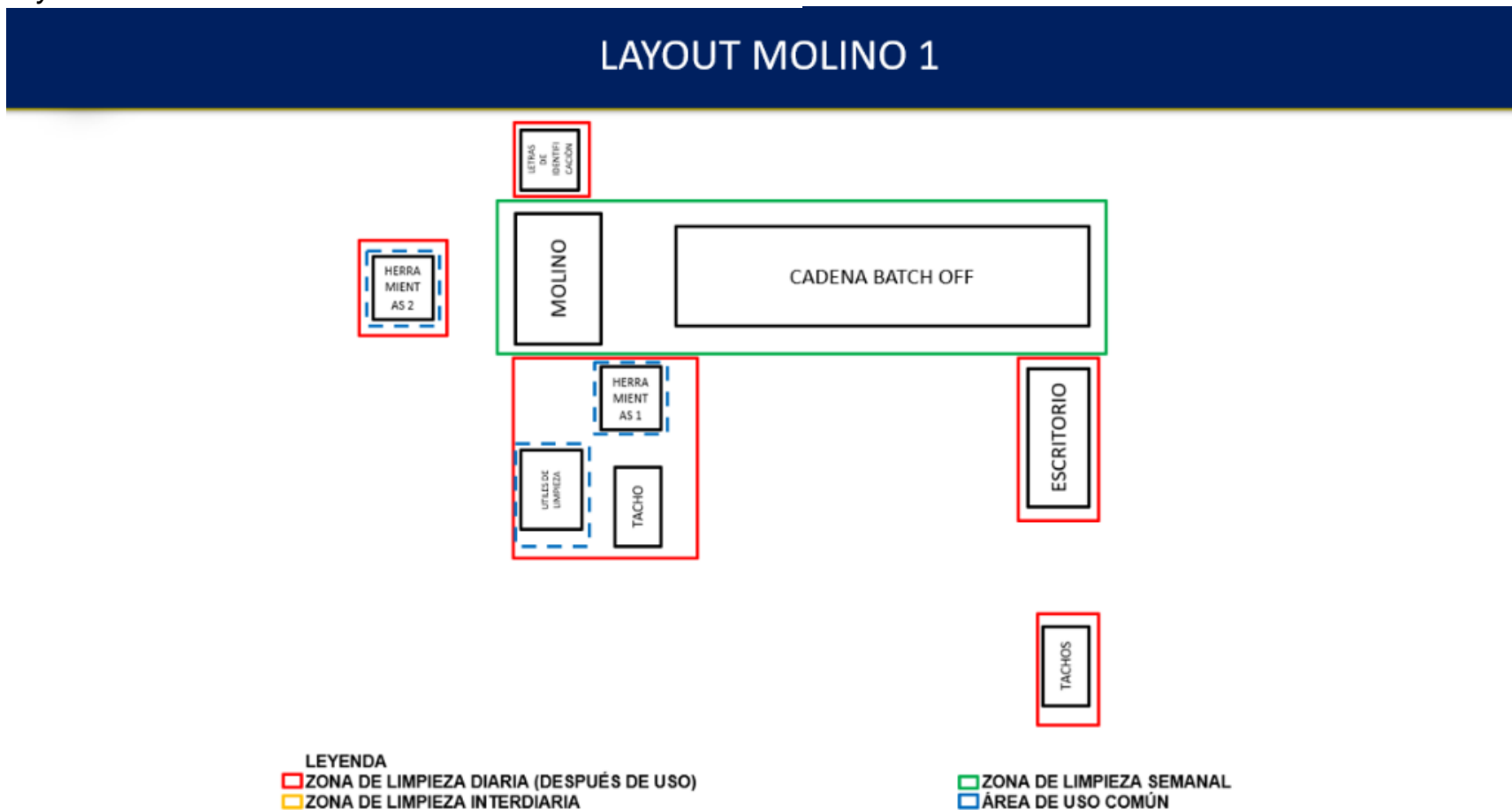
**Nota:** Elaboración Propia

Figura 26*Layout del Molino 1*

Nota: Elaboración Propia

Figura 27

Layout del Banbury 2

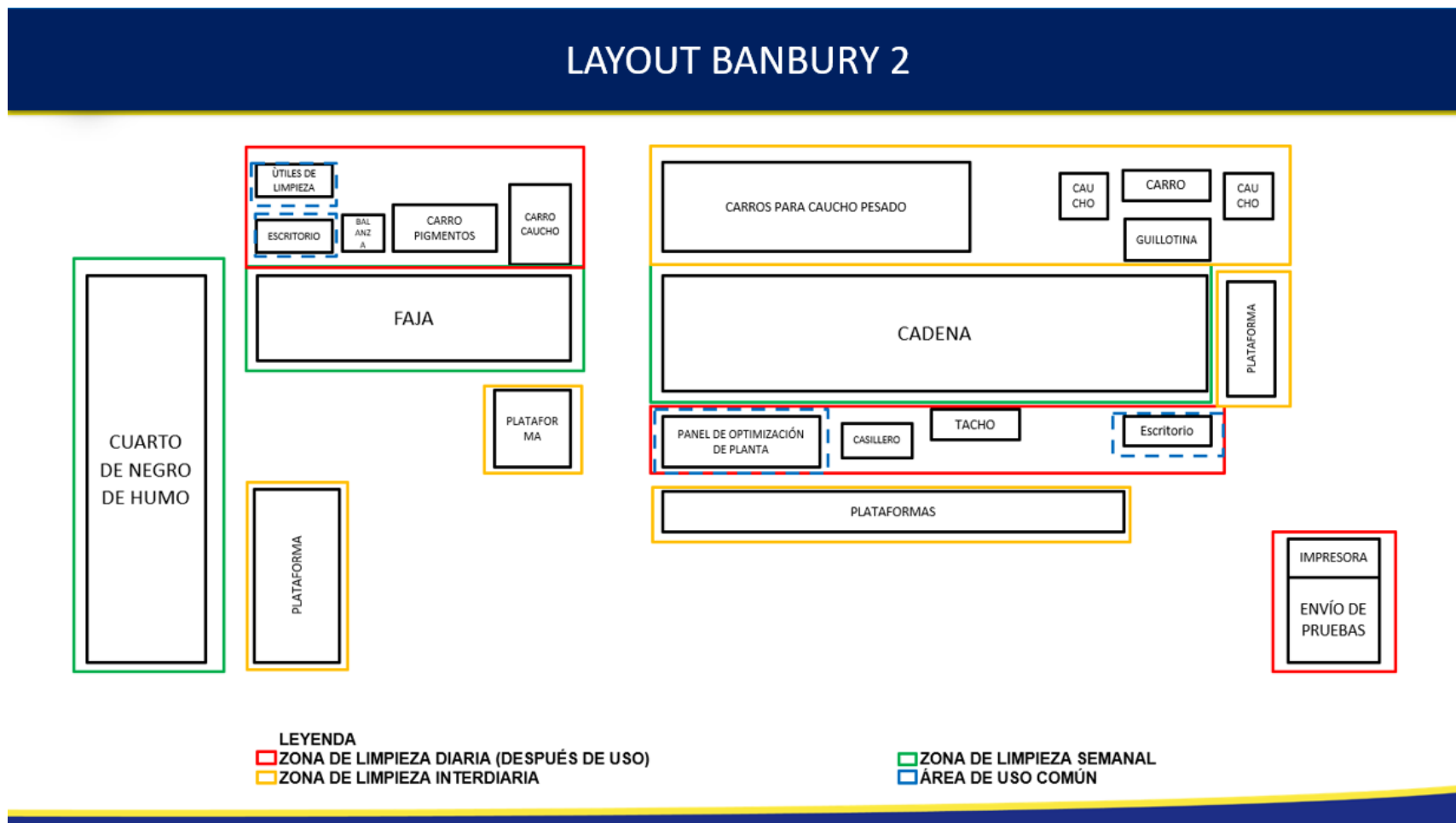
**Nota:** Elaboración Propia

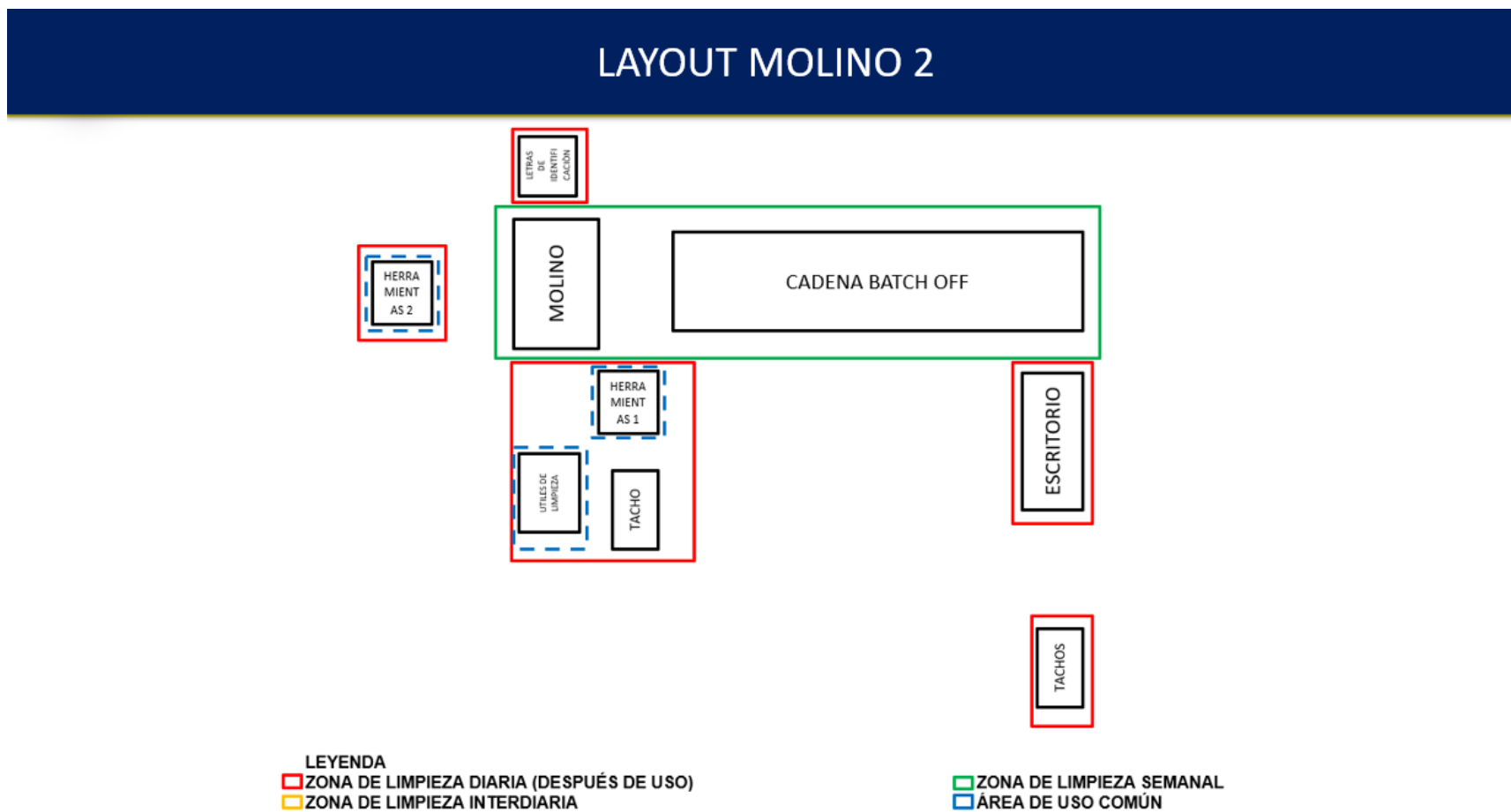
Figura 28*Layout del Molino 2***Nota:** Elaboración Propia

Figura 29

Documento de fotos del antes

FOTOS DEL ANTES

Zona del molinero



Zona del operador



Zona del apilador



Nota: Elaboración Propia

Figura 30

Criterios de clasificación

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN BANBURY 1									
ZONAS	LISTA DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS - CAMERON				FRECUENCIA DE USO				UBICACIÓN
	ÍTEM	¿Es necesario?	CANTIDAD		HORA	TURNO	DÍA	SEMANA	MES
			MIN	MAX					COMENTARIO
ZONA MOLINO 1	JALADOR	SÍ	2	2		X			UTILES DE LIMPIEZA
	ESCOBA	SÍ	1	1		X			UTILES DE LIMPIEZA
	RECOGEDOR	SÍ	1	1		X			UTILES DE LIMPIEZA
	LAMPA	SÍ	1	1		X			MOLINO
	LLAVE	SÍ	1	1		X			MOLINO
	BARRETA	SÍ	1	1		X			HERRAMIENTAS 1
	ESCOBILLÓN	SÍ	1	1		X			HERRAMIENTAS 1
	ESPÁTULA	SÍ	1	1		X			HERRAMIENTAS 2
	LAMPA	SÍ	1	1		X			HERRAMIENTAS 2
	TELEFONO	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	DESENGRASANTE	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	PAÑOS	SÍ	5	10		X			ESCRITORIO
	ESPÁTULA	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	GUANTE DE LONA	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	CAJA DE GUANTES	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	ROLLO DE PAÑOS	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	KIT DE DESINFECCIÓN	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	TOMATODO	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	DESENGRASANTE BIDÓN	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	DESENGRASANTE SPRAY	SÍ	1	2		X			ESCRITORIO
	AFLOJATODO	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	TARRO DE LECHE	SÍ	1	1		X			ESCRITORIO
	ALCOHOL	SÍ	1	1		X			CADENA BATCH OF
	TEXINA	SÍ	1	1		X			CADENA BATCH OF
	CUCHILLO	SÍ	1	1		X			CADENA BATCH OF
	PIEDRA PARA AFILAR	SÍ	1	1		X			CADENA BATCH OF
	BALDE	SÍ	1	1		X			CADENA BATCH OF

Nota: Elaboración Propia

5.1.4.1.3 Ordenar (Seiton)

El objetivo de ordenar es establecer cada cosa en su lugar, es por esa razón que se establecieron áreas de uso común para organizar las herramientas en

su punto de uso; en la figura se muestran recuadros con líneas separadas el cual representan las zonas de uso común, se compraron herramientas y se colocaron en las zonas de uso, así como también se compraron escritorios para el molinero y el operador.

Figura 31

Artículos en el punto de uso



Nota: Elaboración Propia

5.1.4.1.4 Limpiar (Seiso)

En el día de parada del Banbury para que se realice el mantenimiento preventivo, el cual se realiza 1 vez a la semana, se planificó una limpieza del área brindando al equipo los implementos necesarios, luego se procedió a realizar una lista de verificación de limpieza que tiene como objetivo verificar la limpieza y el orden realizado por el personal del turno anterior después de terminar su trabajo, para la verificación mencionada se capacitó al equipo.

Figura 32*Limpieza***Nota:** Elaboración Propia**Figura 33***Inspección visual de limpieza***Nota:** Elaboración Propia

5.1.4.1.5 Estandarizar (Seiketsu)

El objetivo de estandarizar es que se logre identificar fácilmente dónde se encuentran las herramientas, materiales y equipos móviles, así como también poder conocer las cantidades que se tiene de acuerdo a la capacidad. Con respecto a la estandarización se definieron las cantidades mínimas y máximas que fueron identificadas en un documento que se llama manifiesto del escritorio, se delimitaron el lugar de trabajo y los equipos móviles, este último es importante su delimitación ya que cuando se deje de usar una herramienta, se podrá conocer el lugar donde se debe guardar y esté disponible cuando un compañero de trabajo lo necesite usar, generando buena eficiencia en el tiempo de búsqueda. También se etiquetaron las herramientas para poder encontrarlas en un solo vistazo. En caso de encontrarse oportunidades de mejora se registra y se realiza un seguimiento.

Figura 34

Manifiesto de escritorio

MANIFIESTO ESCRITORIO MOLINO 2

A

A		
	MIN	MAX
CHECK LIST	1	1
REPORTE DE TIEMPO	5	30
INDICADORES DIARIOS	2	2
AVISO DE CALIDAD	1	10
INDICADOR DE TIEMPO	1	1

B

B		
	MIN	MAX
TELÉFONO	1	1
CUADERNILLO SET UP	1	1
CÉDULA	1	1

C

C		
	MIN	MAX
DESENGRASANTE SPRAY	1	1
PAÑOS	5	10
ESPATULA	1	1

D

D		
	MIN	MAX
GUANTE DE LONA (PAR)	1	1
CAJA DE GUANTES	1	1
ROLLO DE PAÑOS	1	1

E

E		
	MIN	MAX
KIT DE DESINFECCIÓN	1	1
TOMATODO	1	1

F

F		
	MIN	MAX
DESENGRASANTE (BIDÓN)	1	1
DESENGRASANTE (SPRAY)	1	2

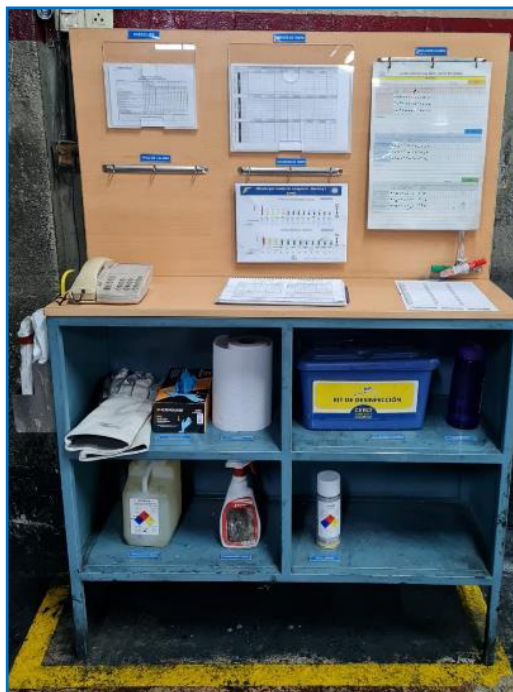
G

G		
	MIN	MAX
AFLOJATODO	1	1
TARRO DE LECHE	6	24

Nota: Elaboración Propia

Figura 35

Identificaciones en el escritorio



Nota: Elaboración Propia

Figura 36

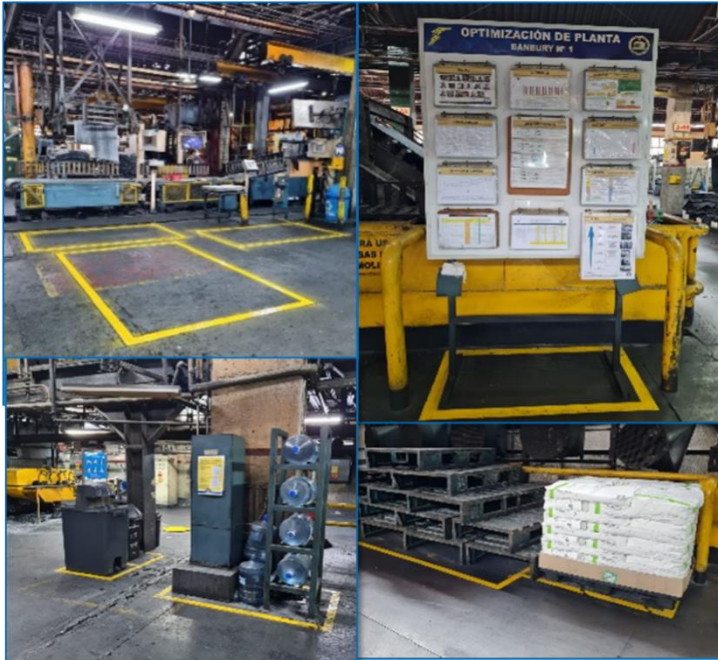
Herramientas identificadas



Nota: Elaboración Propia

Figura 37

Lugares delimitados



Nota: Elaboración Propia

5.1.4.1.6 Disciplina (Shitsuke)

El propósito de este último paso es fomentar el hábito de aplicar todos los principios de las 5S, ya que esto contribuye a mejorar el área mediante la reducción de los tiempos empleados en la búsqueda de herramientas y equipos, así como la disminución de la contaminación de productos por suciedad. Para asegurar el cumplimiento, se ha realizado una auditoría en el área, en la que se verificó que todos los puntos de la auditoría fueran cumplidos, alcanzando una puntuación máxima de cinco puntos. Para seguir controlando la implementación de la mejora, se propone realizar auditorías mensuales.

Tabla 27

Resultado de la auditoría 5S después de la implementación

Área		Banbury		Puntuación de las 5S:		5
Responsable del Área		Jefe de producción				
Auditores		Líder del proyecto				
Fecha		17/05/2021				
Paso de las 5S	Puntuación	Elementos de auditoría	Notas de Puntuación	Sí	No	Comentarios
PASO 1 Clasificar	0.2	Límites de la Organización en el Lugar de Trabajo determinados	¿Se han determinado los límites del área donde se está implementando 5S en un plano?	x		
	0.4	Fotos tomadas de "antes"	¿Existen fotos de la situación inicial del área (el antes)?	x		
	1.0	Clasificar todos los artículos en el área	¿El área ha sido organizada y todos los elementos no necesarios han sido desalojados?	x		
PASO 2 Ordenar	1.2	Áreas de uso común establecidas	¿Hay un área que es utilizado por mas de una persona? Revisar Mapa de zonas de uso común donde están ubicados los elementos necesarios.	x		
	1.6	Área organizada de tal manera que los elementos están en el punto de uso	¿Está organizada la zona? ¿Están los elementos en el punto de uso?	x		
	2.0	Alambres y cables organizados. No hay riesgos	¿Están los cables atados y ordenados o fuera de la vista? ¿Está la zona libre de peligros de tropiezo?	x		
PASO 3 Limpiar	2.4	Área limpia libre de contaminación.	¿Son necesarias las lecciones de un punto en el área? Si las LUPs no son necesarias, marque "Sí". Si son necesarias, ¿Se han creado las lecciones de un punto?	x		
	2.8	Lista de verificación de limpieza creada	¿Se ha creado la lista de Verificación de Barrido Visual para el área?	x		
	3.0	Asociados educados en el uso de la lista de verificación	¿Saben los asociados como utilizar la lista de verificación?	x		

Área		Banbury		Puntuación de las 5S:		5
Responsable del Área		Jefe de producción				
Auditores		Líder del proyecto				
Fecha		17/05/2021				
Paso de las 5S	Puntuación	Elementos de auditoría	Notas de Puntuación	Sí	No	Comentarios
PASO 4 Estandarizar	3.2	Definir las cantidades mínimas y máximas para los artículos	¿Se calculan las cantidades Mínimas y Máximas de los gabinetes de suministros? Las líneas de nivel mínimo y máximo son aceptables	x		
	3.4	Delimitación de las zonas de trabajo y elementos móviles	¿Laz zonas de trabajo y los elementos móviles tienen un control visual en donde se almacena (tableros de sombra, contornos, etiquetas en el lugar de origen, o imagen de cómo debería ser el área)?	x		
	3.6	Todos los artículos etiquetados o enumerados en un manifiesto	¿Están todos los artículos en un gabinete o escritorio en un manifiesto o etiquetados?	x		
	3.8	Lecciones de un punto en uso (si es necesario)	¿Son necesarias las lecciones de un punto en el área? Si las LUPs no son necesarias, marque "Sí". Si son necesarias, ¿Se han creado las lecciones de un punto y se están utilizando?	x		
	4.0	Seguimiento de las acciones correctivas	¿Las acciones correctivas están siendo rastreadas en la hoja de planes de acción? ¿Está correcta la hoja de plan de acción (oportunidad detectada, fechas, responsables, etc)?	x		

Área		Banbury		Puntuación de las 5S:		5
Responsable del Área		Jefe de producción				
Auditores		Líder del proyecto				
Fecha		17/05/2021				
Paso de las 5S	Puntuación	Elementos de auditoría	Notas de Puntuación	Sí	No	Comentarios
PASO 5 Disciplina	4.2	La lista de verificación se realiza correctamente	¿Se está haciendo correctamente la lista de Verificación de Barrido Visual y cada día/turno? ¿Esta actualizado?	x		
	4.4	Docuementos actualizados: límites, equipo, última auditoría, lista de acciones correctivas.	¿Están los siguientes documentos en un tablero o exhibidos en el área? ¿Están todos los documentos actualizados? - Límites de Área (Imagen o dibujo) - Equipo de trabajo - Última auditoría y lista de verificación - Lista de acciones correctivas	x		
	4.6	Todos los artículos en la ubicación correcta	¿Están los elementos en el área y en la ubicación correcta (de acuerdo con los Controles visuales o Manifiestos)?	x		
	4.8	Todos los artículos en las cantidades correctas	¿Están los elementos en los gabinetes de suministros o contenedores en las cantidades correctas (según las cantidades Mínimas y Máximas o las líneas Mín / Máx)?	x		
	5.0	Acciones correctivas completadas dentro de un mes.	¿Se están completando las acciones correctiva?	x		

Nota: Elaboración Propia

5.1.5. Controlar

5.1.5.1. Plan de control

En esta fase, se estableció un plan de control para asegurar que la ejecución de las mejoras propuestas genere buenos resultados y que se pueda mantener en el tiempo.

Tabla 28

Plan de control

PLAN DE CONTROL		
Item a Auditar	Frecuencia Auditoria	Responsable
Publicación de indicadores (tiempo de cambio de compuesto y OEE)	Diario	Líder del proyecto
Auditoría 5S	MENSUAL	Líder del proyecto
Trabajadores entrenados con las lecciones de un punto	MENSUAL	Líder del proyecto
Trabajadores entrenados con los estándares de trabajos	MENSUAL	Líder del proyecto
Inspección de la limpieza del sensor reubicado	MENSUAL	Líder del proyecto
Inspección de la velocidad de pesado de aceite	QUINCENAL	Líder de mantenimiento
Monitoreo de la revisión de la balanza de negro de humo	QUINCENAL	Líder de mantenimiento
Inspección del estado del intercomunicador	QUINCENAL	Líder de mantenimiento

Nota: Elaboración Propia

5.1.5.2. Resultados

5.1.5.2.1. Resultados de evaluación Pretest

Para el análisis de productividad se presenta los resultados obtenidos antes de implementar las mejoras del proyecto como la eficiencia con el resultado del OEE y eficacia con el cálculo de Cantidad de lo producido/Cantidad de lo planificado.

Tabla 29

Productividad Pretest

Fecha	Eficiencia	Producido (lbs/día)	Planificado (lbs/día)	Eficacia	Productividad
01/02/2021	71%	10790	12353	87%	62%
02/02/2021	61%	9359	12353	76%	47%
03/02/2021	79%	12092	12353	98%	78%
04/02/2021	68%	10341	12353	84%	57%
05/02/2021	69%	10569	12353	86%	59%
06/02/2021	69%	10478	12353	85%	58%
07/02/2021	71%	10859	12353	88%	63%
08/02/2021	71%	10798	12353	87%	62%
09/02/2021	73%	11118	12353	90%	66%
10/02/2021	72%	11019	12353	89%	65%
11/02/2021	63%	9656	12353	78%	50%
12/02/2021	63%	9625	12353	78%	49%
13/02/2021	74%	11194	12353	91%	67%
14/02/2021	68%	10318	12353	84%	57%
15/02/2021	70%	10600	12353	86%	60%
16/02/2021	80%	12191	12353	99%	79%
17/02/2021	75%	11422	12353	92%	69%
18/02/2021	60%	9191	12353	74%	45%
19/02/2021	72%	11026	12353	89%	65%
20/02/2021	65%	9953	12353	81%	53%
21/02/2021	69%	10455	12353	85%	58%
22/02/2021	70%	10668	12353	86%	60%
23/02/2021	75%	11354	12353	92%	69%
24/02/2021	71%	10737	12353	87%	61%
25/02/2021	68%	10379	12353	84%	57%
26/02/2021	78%	11818	12353	96%	74%
27/02/2021	74%	11224	12353	91%	67%
28/02/2021	69%	10508	12353	85%	59%
Promedio	70%	10705	12353	87%	61%

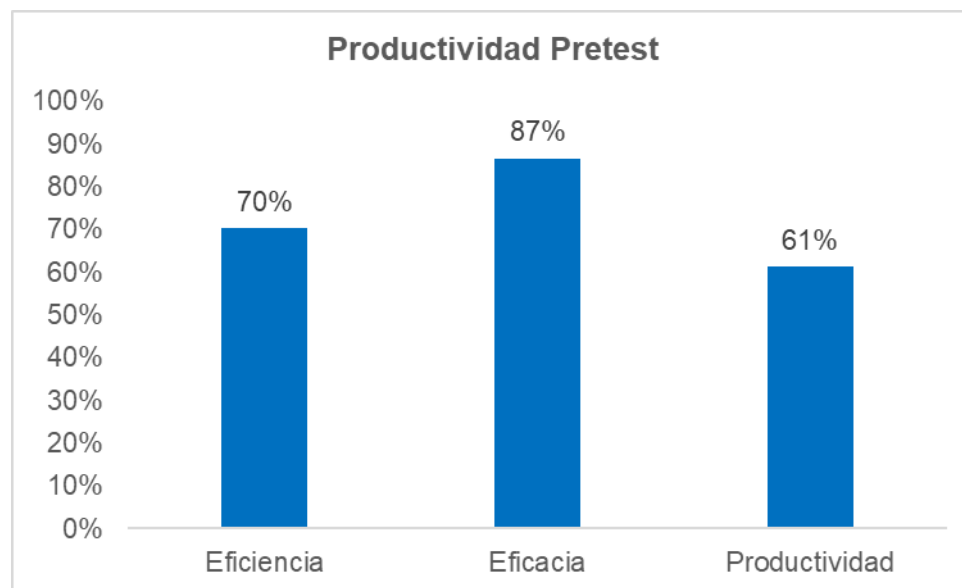
Nota: Elaboración Propia

Tabla 30*Resumen de Productividad Pretest del DMAIC*

Eficiencia	Eficacia	Productividad
70%	87%	61%

Nota: Elaboración Propia

Se concluye que la eficiencia del área es de 70%, eficacia de 87% y Productividad de 61%.

Figura 38*Productividad Pretest***Nota:** Elaboración Propia**5.1.5.2.2. Resultados de evaluación Posttest**

Posterior a la implementación de la metodología DMAIC, se realizó una evaluación Posttest .

Después de la implementación se evidencia un incremento en los resultados de la eficiencia y eficacia como también la productividad.

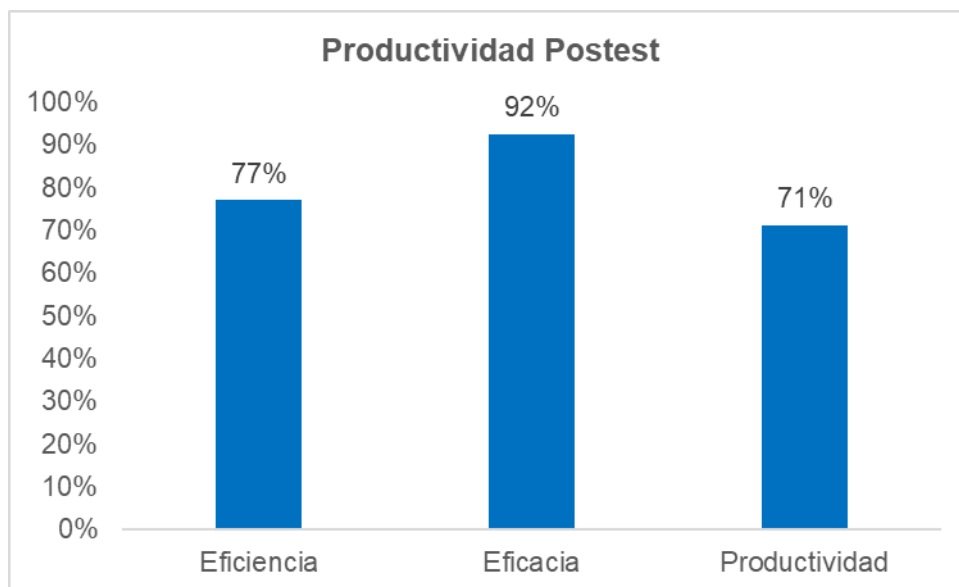
Tabla 31*Productividad Posttest del DMAIC*

Fecha	Eficiencia	Producido (lbs/día)	Planificado (lbs/día)	Eficacia	Productividad
01/06/2021	77%	11477	12353	93%	72%
02/06/2021	73%	10819	12353	88%	64%
03/06/2021	78%	11547	12353	93%	73%
04/06/2021	76%	11240	12353	91%	69%
05/06/2021	78%	11527	12353	93%	72%
06/06/2021	80%	11928	12353	97%	78%
07/06/2021	79%	11651	12353	94%	74%
08/06/2021	79%	11789	12353	95%	76%
09/06/2021	78%	11539	12353	93%	73%
10/06/2021	79%	11675	12353	95%	74%
11/06/2021	75%	11166	12353	90%	68%
12/06/2021	81%	11992	12353	97%	78%
13/06/2021	79%	11730	12353	95%	75%
14/06/2021	81%	12002	12353	97%	79%
15/06/2021	76%	11235	12353	91%	69%
16/06/2021	77%	11359	12353	92%	70%
17/06/2021	79%	11764	12353	95%	75%
18/06/2021	75%	11186	12353	91%	68%
19/06/2021	74%	11003	12353	89%	66%
20/06/2021	73%	10886	12353	88%	65%
21/06/2021	78%	11616	12353	94%	74%
22/06/2021	78%	11507	12353	93%	72%
23/06/2021	73%	10765	12353	87%	63%
24/06/2021	75%	11141	12353	90%	68%
25/06/2021	74%	11042	12353	89%	67%
26/06/2021	75%	11092	12353	90%	67%
27/06/2021	78%	11547	12353	93%	73%
28/06/2021	78%	11626	12353	94%	74%
Promedio	77%	11423	12353	92%	71%

Nota: Elaboración Propia**Tabla 32***Resumen de Productividad Posttest*

Eficiencia	Eficacia	Productividad
77%	92%	71%

Nota: Elaboración Propia

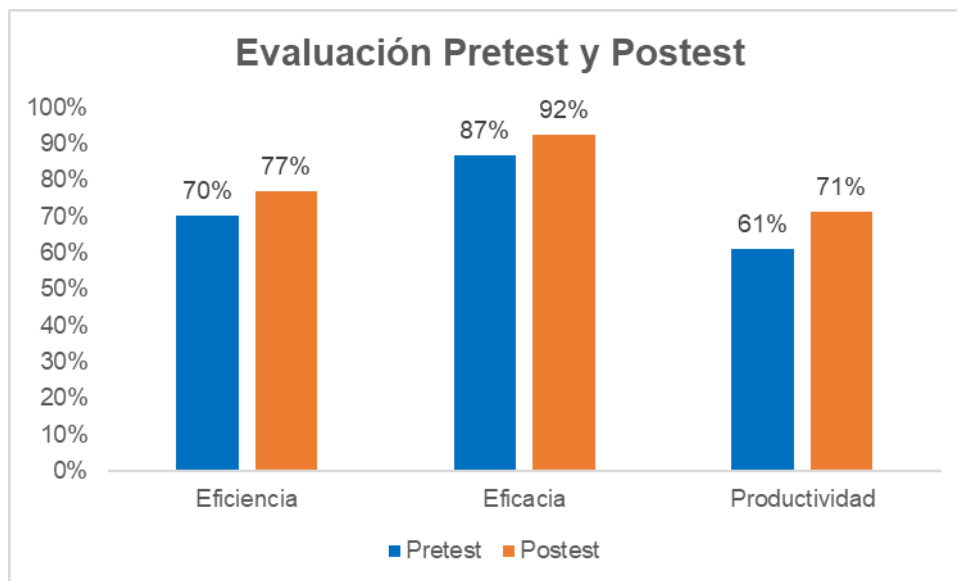
Figura 39*Productividad Posttest***Nota:** Elaboración Propia**Comparativa de resultados**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se muestra una variación positiva en la eficiencia de 7%, eficacia de 5% y productividad de 10%

Tabla 33*Evaluación Pretest y Posttest por variable de estudio*

	Eficiencia	Eficacia	Productividad
Pretest	70%	87%	61%
Posttest	77%	92%	71%

Nota: Elaboración Propia

Figura 40*Pretest vs Posttest***Nota:** Elaboración Propia**5.1.5.2.3. Resultado de hipótesis de productividad**

En cuanto a la productividad se muestran los resultados del antes y después, donde se concluye que el indicador incrementa de 61% a 71% lo que significa una mejora en los resultados después de la implementación de la metodología DMAIC.

Tabla 34*Productividad Pretest y Postest por día de estudio*

Item	Antes	Después
1	62%	72%
2	47%	64%
3	78%	73%
4	57%	69%
5	59%	72%
6	58%	78%
7	63%	74%
8	62%	76%
9	66%	73%
10	65%	74%
11	50%	68%
12	49%	78%
13	67%	75%
14	57%	79%
15	60%	69%
16	79%	70%
17	69%	75%
18	45%	68%
19	65%	66%
20	53%	65%
21	58%	74%
22	60%	72%
23	69%	63%
24	61%	68%
25	57%	67%
26	74%	67%
27	67%	73%
28	59%	74%
Promedio	61%	71%

Nota: Elaboración Propia**Prueba de Normalidad**

Para la validación de la hipótesis se ha realizado una prueba de normalidad de la variable productividad, se optó realizar el análisis con el uso de la normalidad a partir de la prueba de Shapiro-Wilk al tener datos ≤ 50 datos.

Hipótesis

Ho: La variable productividad tiene una distribución normal.

H1: La variable productividad no tiene una distribución normal.

Nivel de significancia = 5% = 0.05

Decisión

- Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula
- Si $p > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula

Tabla 35

Análisis estadístico de Productividad con Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Productividad antes	0.975	28	0.711
Productividad después	0.967	28	0.510

Nota: Elaboración Propia

De acuerdo al resultado del p para los datos de productividad del antes y después, el p resulta ser mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula por consiguiente la variable productividad tiene una distribución normal.

Prueba de t-Student

Luego de conocer que la variable productividad tiene una distribución normal, se realiza una prueba de t-Student en el SPSS.

Decisión

Si $p \leq 0.05$ La implementación de la metodología DMAIC incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

Si $p > 0.05$ La implementación de la metodología DMAIC no incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

El resultado de $p = 0$ y se concluye que la implementación de la metodología DMAIC incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

Tabla 36

Análisis estadístico de Productividad con Prueba t-Student para cálculo de p

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
Productividad antes	-							
Productividad después	10.000	9.137	1.727	-13.543	-6.457	5.791	27	0.000

Nota: Elaboración Propia

La media de la productividad después de la implementación es mayor a la productividad del antes con una diferencia de 10%.

Tabla 37

Análisis estadístico de Productividad con Prueba t-Student para cálculo de la media

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Productividad antes	61.29	28	8.388	1.585
Productividad después	71.29	28	4.345	0.821

Nota: Elaboración Propia

5.1.5.2.4. Resultado de hipótesis de eficiencia

En cuanto a la eficiencia se muestran los resultados del antes y después, donde se concluye que el indicador incrementa de 70% a 77% lo que significa

una mejora en los resultados después de la implementación de la metodología DMAIC.

Tabla 38

Eficiencia Pretest y Postest por día de estudio

Item	Antes	Después
1	71%	77%
2	61%	73%
3	79%	78%
4	68%	76%
5	69%	78%
6	69%	80%
7	71%	79%
8	71%	79%
9	73%	78%
10	72%	79%
11	63%	75%
12	63%	81%
13	74%	79%
14	68%	81%
15	70%	76%
16	80%	77%
17	75%	79%
18	60%	75%
19	72%	74%
20	65%	73%
21	69%	78%
22	70%	78%
23	75%	73%
24	71%	75%
25	68%	74%
26	78%	75%
27	74%	78%
28	69%	78%
Promedio	70%	77%

Nota: Elaboración Propia

Validación de las hipótesis

Prueba de Normalidad

Para la validación de la hipótesis se ha realizado una prueba de normalidad de la variable eficiencia, se optó realizar el análisis con el uso de la normalidad a partir de la prueba de Shapiro-Wilk al tener datos ≤ 50 datos.

Hipótesis

Ho: La variable eficiencia tiene una distribución normal.

H1: La variable eficiencia no tiene una distribución normal.

Nivel de significancia = 5% = 0.05

Decisión

- Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula
- Si $p > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula

Tabla 39

Análisis estadístico de Eficiencia con Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia antes	0.969	28	0.549
Eficiencia después	0.936	28	0.087

Nota: Elaboración Propia

De acuerdo al resultado del p para los datos de eficiencia del antes y después, el p resulta ser mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula por consiguiente la variable eficiencia tiene una distribución normal.

Prueba de t-Student

Luego de conocer que la variable eficiencia tiene una distribución normal, se realiza una prueba de t-Student en el SPSS.

Decisión

Si $p \leq 0.05$ La implementación de la metodología DMAIC incrementa la eficiencia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

Si $p > 0.05$ La implementación de la metodología DMAIC no incrementa la eficiencia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

El resultado de $p = 0$ y se concluye que la implementación de la metodología DMAIC incrementa la eficiencia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

Tabla 40

Análisis estadístico de Eficiencia con Prueba t-Student para cálculo de p

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Eficiencia antes Eficiencia después	-6.714	5.127	0.969	-8.702	-4.726	- 6.930	27	0.000

Nota: Elaboración Propia

La media de la eficiencia después de la implementación es mayor a la eficiencia del antes con una diferencia de 6.714%.

Tabla 41

Análisis estadístico de Eficiencia con Prueba t-Student para cálculo de la media

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Eficiencia antes	70.29	28	4.965	0.938
Eficiencia después	77.00	28	2.373	0.448

Nota: Elaboración Propia

5.1.5.2.5. Resultado de hipótesis de eficacia

En cuanto a la eficacia se muestran los resultados del antes y después, donde se concluye que el indicador incrementa de 87% a 92% lo que significa una mejora en los resultados después de la implementación de la metodología DMAIC.

Tabla 42*Eficacia Pretest y Postest por día de estudio*

Ítem	Antes	Después
1	87%	93%
2	76%	88%
3	98%	93%
4	84%	91%
5	86%	93%
6	85%	97%
7	88%	94%
8	87%	95%
9	90%	93%
10	89%	95%
11	78%	90%
12	78%	97%
13	91%	95%
14	84%	97%
15	86%	91%
16	99%	92%
17	92%	95%
18	74%	91%
19	89%	89%
20	81%	88%
21	85%	94%
22	86%	93%
23	92%	87%
24	87%	90%
25	84%	89%
26	96%	90%
27	91%	93%
28	85%	94%
Promedio	87%	92%

Nota: Elaboración Propia**Validación de las hipótesis****Prueba de Normalidad**

Para la validación de la hipótesis se ha realizado una prueba de normalidad de la variable eficacia, se optó realizar el análisis con el uso de la normalidad a partir de la prueba de Shapiro-Wilk al tener datos ≤ 50 datos.

Hipótesis

Ho: La variable eficacia tiene una distribución normal.

H1: La variable eficacia no tiene una distribución normal.

Nivel de significancia = 5% = 0.05

Decisión

- Si $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula
- Si $p > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula

Tabla 43

Análisis estadístico de Eficacia con Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia antes	0.970	28	0.575
Eficacia después	0.958	28	0.318

Nota: Elaboración Propia

De acuerdo al resultado del p para los datos de eficacia del antes y después, el p resulta ser mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula por consiguiente la variable eficacia tiene una distribución normal.

Prueba de t-Student

Luego de conocer que la variable eficacia tiene una distribución normal, se realiza una prueba de t-Student en el SPSS.

Decisión

Si $p \leq 0.05$ La implementación de la metodología DMAIC incrementa la eficacia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

Si $p > 0.05$ La implementación de la metodología DMAIC no incrementa la eficacia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

El resultado de $p = 0$ concluye que la implementación de la metodología DMAIC incrementa la eficacia en el proceso de producción de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático.

Tabla 44

Análisis estadístico de Eficacia con Prueba t-Student para cálculo de p

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Eficacia antes	-5.679	6.412	1.212	-8.165	-3.192	-4.686	27	0.000
Eficacia después								

Nota: Elaboración Propia

La media de la eficacia después de la implementación es mayor a la eficacia del antes con una diferencia de 5.679%.

Tabla 45

Análisis estadístico de Eficacia con Prueba t-Student para cálculo de la media

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Eficacia antes	86.71	28	6.005	1.135
Eficacia después	92.39	28	2.820	0.533

Nota: Elaboración Propia

5.1.5.2.6. Resultado de tiempo de cambio de código de compuesto

El tiempo de cambio de código de compuesto se redujo de 2.96 minutos a 1.78 minutos.

Tabla 46

Tiempo de cambio de código de compuesto Pretest y Posttest

Item	Antes	Después
1	3.04	1.37
2	3.54	2.20
3	3.39	1.83
4	3.54	1.11
5	3.55	1.84
6	3.12	1.45
7	3.09	1.62
8	2.94	1.33
9	3.21	1.31
10	2.43	1.61
11	4.74	2.13
12	3.22	1.29
13	2.91	1.05
14	2.88	1.02
15	2.60	2.33
16	2.66	3.09
17	2.22	1.81
18	2.36	1.96
19	2.55	2.96
20	3.77	4.20
21	3.13	1.51
22	2.97	1.16
23	1.99	2.53
24	2.42	1.61
25	2.67	1.36
26	2.21	1.29
27	2.18	1.16
28	3.71	1.78
Promedio	2.96	1.78

Nota: Elaboración Propia

5.1.5.2.7. Resultado de ahorro.

Para un periodo de 28 días y la diferencia de tiempo de cambio de código de compuesto de 1.12 minutos, se genera un ahorro de 6262 soles en el mes del posttest.

Tabla 47

Ahorro del proyecto

	Datos
Tiempo pre-Test (min)	2.96
Tiempo post-Test (min)	1.78
Δ tiempo	1.12
Cambio de código al mes post-Test	1519
Costo de producción (soles/min)	3.68
Ahorro (soles/mes)	S/ 6,262

Nota: Elaboración Propia

Después de validar la efectividad al ejecutar las acciones de mejora, se realizó un análisis del nivel de prioridad de riesgo para cada falla potencial, obteniendo un resultado de prioridad de riesgo Bajo.

Tabla 48**Resultado del AMEF**

N°	Proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	NPR	Resultado	Acciones recomendadas	Responsables	Fecha	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Resultado
1	Mezclar compuestos	Diferente forma de trabajar de los molineros	Variabilidad en el rendimiento	8	Falta de trabajo estándar para la mezcla de los compuestos	10	Inspección simultánea con la operación	3	240	Medio	Realizar un estándar de trabajo para el proceso de cambio de código de compuesto y capacitar al personal	Líder del Proyecto	12/05/2021	2	10	1	20	Bajo
2	Laminar	Sensor lee falso contacto	Se detiene la cadena y el laminador debe de resetear manualmente para que la cadena esté operativa. Posibilidad de que se queme el compuesto en el molino	8	El sensor se encuentra debajo del engranaje de la cadena, estando expuesta a la caída de aceite y suciedad	6	Inspección simultánea con la operación	3	144	Medio	Reubicar el sensor de la zona de apilado	Líder del Proyecto	5/05/2021	1	1	1	1	Bajo
											Realizar estándar de limpieza diaria por turno de los sensores	Líder del Proyecto	16/04/2021	1	6	1	6	
3	Mezclar compuestos	Falla en el pesado de aceite	Falla en la válvula del pesado	6	No se realizan los mantenimientos preventivos del sistema del pesado de aceite	8	Inspección simultánea con la operación	3	144	Medio	Considerar la inspección del sistema de pesado de aceite en los mantenimientos preventivos	Líder del Proyecto	14/04/2021	1	2	1	2	Bajo

N°	Proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	NPR	Resultado	Acciones recomendadas	Responsables	Fecha	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Resultado
4	Mezclar compuestos	Falla en el sistema de corte de los códigos Q1147, B2551, B337X, G9204	No se realizan los cortes de acuerdo a las especificaciones de calidad	6	Falta de indicador visual para el molinero en cuanto al uso de la palanca de evacuación y manómetro	8	Inspección simultánea con la operación	3	144	Medio	Realizar un estándar visual de las indicaciones del manómetro para cada código	Líder del Proyecto	5/05/2021	1	1	1	1	Bajo
5	Todos los procesos	No se hace un reconocimiento a los trabajadores cuando cumplen con los indicadores	Trabajadores desmotivados	6	No se ha establecido un reconocimiento por cumplimiento de indicadores	7	Seguimiento interno de los indicadores	3	126	Medio	Colocación de indicadores de desempeño y reconocimiento por cumplimiento.	Líder del Proyecto	14/04/2021	1	1	1	1	Bajo
6	Mezclar compuestos	Dificultad en la comunicación con el operador	Pérdida de los compuestos mezclados	6	Intercomunicador que conecta la comunicación del molinero y el operador está malogrado	7	Inspección simultánea con la operación	2	84	Bajo	Reparar intercomunicador para mejorar la comunicación del operador con el molinero	Coordinador de mantenimiento	12/05/2021	1	1	1	1	Bajo
7	Cargar el material	Demora en despegar la goma pegada en la compuerta	La operación se detiene al no cerrarse la compuerta por donde ingresa los insumos	6	Falta de herramientas de limpieza para el área	7	Inspección simultánea con la operación	2	84	Bajo	Implementar 5s en el área de trabajo	Líder del Proyecto	14/04/2021	1	1	1	1	Bajo
8	Mezclar compuestos	La mezcla de compuesto se pega en el lado posterior del molino	Demora en despegar la goma y posibilidad de que se queme la goma	6	Falta de herramientas de limpieza para el área	7	Inspección simultánea con la operación	2	84	Bajo	Implementar 5s en el área de trabajo	Líder del Proyecto	14/04/2021	1	1	1	1	Bajo

Nota: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Los resultados de esta tesis evidencian que la implementación de la metodología DMAIC incrementa la productividad en la producción de láminas de compuestos para el sector neumático, lo que ha generado cambios notables en el área, mejorando tanto la eficiencia como la eficacia y promoviendo la mejora continua dentro de la empresa.

De acuerdo con Socconini (2015), en la presente investigación ha sido fundamental definir el problema, ya que es el punto de partida para enfocar el análisis y las mejoras. En la investigación se definió que el principal problema de la baja eficiencia, eficacia y productividad era el alto tiempo de cambio de código de compuesto.

Pyzdek y Keller (2010) fundamentan que la carta del proyecto incluye aspectos clave, las cuales se consideraron en la presente investigación como descripción del problema, los objetivos del proyecto en el que se establecieron metas y plazos, adicionalmente se incluyó un cuadro de beneficio estimado mensual.

Como indicó Socconini (2015), en la fase de medir se describe el proceso y se mide para obtener datos, los cuales de acuerdo a lo indicado se realizaron en la presente investigación donde la data obtenida fue analizada en la fase de analizar.

Tal como Narvaez (2019), en su investigación “Aplicación de un modelo de mejoramiento de la productividad basado en Lean Six Sigma a la empresa D'MAX SPORT S.A.S fabricante de calzado”, usó el diagrama de Ishikawa y la propuesta de las 5S para identificar las principales causas, estas herramientas también fueron usadas como referencia en la presente investigación para encontrar las causas que generan una baja productividad. El diagrama de Ishikawa o causa efecto para el análisis de las principales causas también fue usada por Juárez (2018), en su investigación sobre la “Implementación de la metodología DMAIC para la mejora de un proceso productivo en una empresa del ramo logístico”.

En la presente investigación se usó como mejora la herramienta de las 5S tal como indica Madariaga (2019), que consistió en implementar los cinco pasos que son clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener una disciplina las cuales generaron tener una zona de trabajo seguro y productivo.

En el libro de The Council for Six Sigma Certification (2018), indica que el monitoreo permite supervisar las mejoras implementas, es por esa razón que en la presente investigación se estableció una matriz de plan de control basada en una serie de actividades los cuales permitieron asegurar que las acciones implementadas fueron efectivas.

Guerrero (2020), en su investigación “Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa Luisa Postres utilizando la metodología Six sigma y el ciclo DMAIC” redujo el tiempo de producción en línea en 1.37 horas, es decir de una media de 9.005 horas a 7.63 horas. En la presente

investigación también con la implementación de la metodología DMAIC se pudo reducir el tiempo del cambio de código de compuesto de 2.96 minutos a 1.78 minutos, reduciéndose en 1.18 minutos.

Como se puede observar en la tabla 38, la eficiencia en la producción de láminas de compuestos para el sector neumático también ha mejorado, aumentando del 70% al 77%, como resultado de la implementación de la metodología DMAIC. Este resultado es comparable a lo obtenido por Huamán (2019), cuya investigación, que forma parte de estudios previos de esta tesis, concluyó que la implementación de la metodología Six Sigma con el uso de DMAIC permitió incrementar la eficiencia en la fabricación de pañales de la línea Nazca, Santa Clara, de 72% a 80%.

Por último, como se muestra en la tabla 42, también se evidencia que la eficacia en la producción de láminas de compuestos para el sector neumático ha mejorado, pasando del 87% al 92%, como resultado de la implementación de la metodología DMAIC. Este resultado coincide con lo señalado por Sánchez (2018), quien en su investigación concluyó que gracias a la aplicación de la metodología DMAIC se logró aumentar la eficacia en el área de corte de la empresa Fitesa Perú, pasando del 40.9% al 87.8%.

Como se observa en la tabla 34, se demuestra que la productividad en la producción de láminas de compuestos para el sector neumático ha aumentado del 61% al 71%, resultado directo de la implementación de la metodología DMAIC. Este hallazgo es comparable a lo encontrado por Vilela (2018), cuya investigación, que forma parte de estudios previos de esta tesis, mostró que la productividad de productos de embalaje

en Sivein S.A.C. creció del 55.93% al 81.92% gracias a la aplicación de la misma metodología. Además, se alinea con lo señalado por Benites (2019), quien afirma que el proceso de fabricación de ductos en láminas de acero galvanizado para climatización en JK Projects Perú mejoró un 8.8% en productividad global debido a la implementación de la metodología Six Sigma DMAIC.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Con los resultados obtenidos se concluye que es válida la hipótesis que sostiene que con la aplicación de la metodología DMAIC se incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos en el sector neumático de 61 a 71%.

Con los resultados obtenidos se concluye que es válida la hipótesis que sostiene que con la aplicación de la metodología DMAIC se incrementa la eficiencia en el proceso de producción de láminas de compuestos en el sector neumático de 70% a 77%.

Con los resultados obtenidos se concluye que es válida la hipótesis que sostiene que con la aplicación de la metodología DMAIC se incrementa la eficacia en el proceso de producción de láminas de compuestos en el sector neumático de 87% a 92%.

Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se logró identificar que el tiempo de cambio de código de compuesto era un factor a mejorar por lo que se logró reducir el tiempo de 2.96 a 1.78 minutos, logrando incrementar la eficiencia y eficacia y adicionalmente generó un ahorro de S/ 6,262.00 en un mes para la empresa.

Se concluye que la aplicación de la metodología DMAIC no genera costos ni gastos elevados para las gerencias.

7.2. Recomendaciones

Realizar reuniones semanales con el equipo que implementa la metodología DMAIC para mantener el compromiso en el proyecto y concluir en el tiempo planificado.

Controlar la permanencia de las acciones para sostener la mejora.

Realizar mensualmente las auditorías de 5S para mantener la mejora.

Publicar diariamente los indicadores y presentarlo al equipo para que conozcan sus resultados y estos puedan ser analizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustín, J. (2012). *Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. MARCOMBO, S.A.
- Alamar Belenguer, J. y Guijarro Tormo, R. (2018). *El libro de la productividad en la empresa española 2018. Resultae*. <https://www.resultae.com/wp-content/uploads/2018/04/resultae-ebook-capitulo-2.pdf>
- Alcívar Cedeño, F. M., Brito Ochoa, M. P., y Guerrero Carrasco, M. J. (2016). *Auditoría en las empresas*. Revista Contribuciones a la Economía, 14(3).
- Benites Leyva, J. M. (2019). *Evaluación y propuesta de mejora de la productividad en el proceso de fabricación de ductos en láminas de acero galvanizado para climatización en la empresa JK Projects Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23673>
- Buzón Quijada, J. A. (2019). *Operaciones y procesos de producción*. España: Editorial Elearning, S.L.
- Carro, R., y González, D. (2012). *Productividad y Competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Chase, R., y Jacobs, F. (2014). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. (15ta ed.). McGraw-Hill.
- Club responsables de gestión de calidad. (26 de enero de 2016). *Lección de Un Punto*. <https://clubresponsablesdecalidad.com/leccion-de-un-punto/>
- Contreras Márquez, J. (5 de agosto de 2018). *Eficacia, Eficiencia y Productividad*. <https://www.linkedin.com/pulse/eficacia-eficiencia-y-productividad-jos%C3%A9-contreras-m%C3%A1rquez/>
- Creswell, J. W. y Creswell, J. D. (2018). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE.
https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswel

I.pdf

Escaño González, J. M., García Caballero, J., y Nuevo García, A. (2019). *Integración de Sistemas de automatización industrial*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Evans, J. y Lindsay, W. (2015). *Administración y control de calidad*. (9na ed.). Cengage Learning.

Goodyear. (s.f). ¿Cómo se fabrica un neumático?

https://www.goodyear.eu/es_es/consumer/learn/how-tires-are-made.html

Guerrero Citelly, J. F. (2020). *Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa Luisa Postres utilizando la metodología Six Sigma y el ciclo DMAIC* [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes].

<https://repositorio.uniandes.edu.co/flip/?pdf=/bitstreams/7670ea7d-91ed-4e45-9c6b-60d94dee7a8a/download>

Guesta Altieri, Y. (2020). *Lo nuevo de Excel 2019*. Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.

Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad* (3era ed.) McGRAW-HILL.

<https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>

Hernández Matías, J. C y Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing: conceptos técnica e implantación*. Fundación EOI.

Hernández Sampiere, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Huamán Choque, P. (2018). *Seis Sigma para Mejora de la productividad en la Fabricación de Pañales de la Línea Nazca, Santa Clara 2019* [Tesis de pregrado, Cesar Vallejo].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_88811b8dbea474620879373883dde591/Details

Ibermática. (23 de abril de 2020). *OEE: ¿Qué es, cómo se calcula y cómo optimizarlo?*. <https://ibermaticaindustria.com/blog/oe-que-es-como-se-calcula-y-como-optimizarlo/>

INEI (2020). *Producción Nacional*. https://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/02-informe-tecnico-produccion-nacional-dic-2020.pdf

Juárez Téllez, J. E. (2018). *Implementación de la metodología DMAIC para la mejora de un proceso productivo en una empresa del ramo logístico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000781663/3/0781663.pdf>

Juez, J. (2020). *Productividad Extrema Como Ser Más Eficiente, Producir Más, y Mejor*. Julio Juez. https://www.google.com.pe/books/edition/Productividad_Extrema/2YznDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Productividad+Extrema+Como+Ser+M%C3%A1s+Eficiente,+Producir+M%C3%A1s,+y+Mejor&printsec=frontcover

Kanban Tool. (16 de febrero de 2021). *¿Qué es la Eficiencia General de los Equipos (OEE)?*. <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/eficiencia-general-de-los-equipos>

leansolutions. (s.f.). *Análisis de modo y efecto de falla*. <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

Lopez Herrera, J. (2013). *Productividad*. Palibrio. <https://www.google.com.pe/books/edition/+Productividad/ObSOAgAAQBAJ?h>

l=es-

419&gbpv=1&dq=inauthor:%22JORGE+LOPEZ+HERRERA%22&printsec=fro
ntcover

Madariaga Neto, F. (2019). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bubok Publishing.

Membrado Martínez, J. (2013). *Metodologías avanzadas para la planificación y mejora*. Ediciones Díaz de Santos, S.A..
https://www.google.com.pe/books/edition/_/WSMBAQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1

Mexpolimeros. (s.f.). *Mezclador Banbury*.

<https://www.mexpolimeros.com/pro/mezclador%20banbury.html#>

Mordor Intelligence. (s.f.). *Análisis de participación y tamaño del mercado de neumáticos para automóviles tendencias de crecimiento y pronósticos*.
<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/automotive-tires-market>.

Narvaez Romo, G. (2019). *Aplicación de un modelo de mejoramiento de la productividad basado en Lean Six Sigma a la empresa D'MAX SPORT S.A.S fabricante de calzado*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/6eeb109e-88c5-41a5-98ad-af1792e2bffb/content>

Observatorio de Complejidad Económica. (s.f.). *Neumáticos (llantas neumáticas) nuevos de caucho*. <https://oec.world/es/profile/hs/rubber-tires?disaggregationYearSelector=2020&growthSelector=value2&yearSelecto>

r1=2020&yearSelector2=2019&yearSelector4=2020&yearSelector5=2020&diversificationFrontierYearSelector=2020

Plúas Ríos, M. G., Méndez Mantuano, M. O., Plúas Rogel, D. R. y Huayamave Rosado, Á. R. (2019). *Mejora del proceso continuo mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la línea de producción chocolatera de una empresa alimenticia*.

PRODUCE. (05 de mayo de 2005). *Decreto Supremo N.º 019-2005-PRODUCE*.

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1735717/01%20DS019-2015-produce%20RT%20Neum%C3%A1ticos%20%281%29.pdf.pdf?v=161584913](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1735717/01%20DS019-2015-produce%20RT%20Neum%C3%A1ticos%20%281%29.pdf.pdf?v=1615849138)

8

Pyzdek, T., y Keller, P. (2010). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill.

RAE. (s.f.). *Real Academia Española*. <https://dle.rae.es/neum%C3%A1tico?m=form>

Romero Saldaña, M. (2016). Metodología de la investigación: Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 105-114.

Salazar López, B. (01 de noviembre de 2019). *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*. <https://ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

Sanchez Gomez, L. (2018). *Aplicación de metodología DMAIC, para aumentar la productividad en el área de corte, de la empresa FITESA PERÚ, Cajamarquilla, 2017 – 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22876>

Sánchez Turcios, R. A. (2015). t-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(1), 59-61.

Socconini, L. (2015). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. Marge Books.

The Council for Six Sigma Certification. (2018). *Six Sigma a Complete Step-by-Step Guide*. The Council for Six Sigma Certification.

Valles Romero, J. A. (2015). *Dinámica Industrial de la Producción a la Distribución*. United States: McGraw-Hill open-publishing.

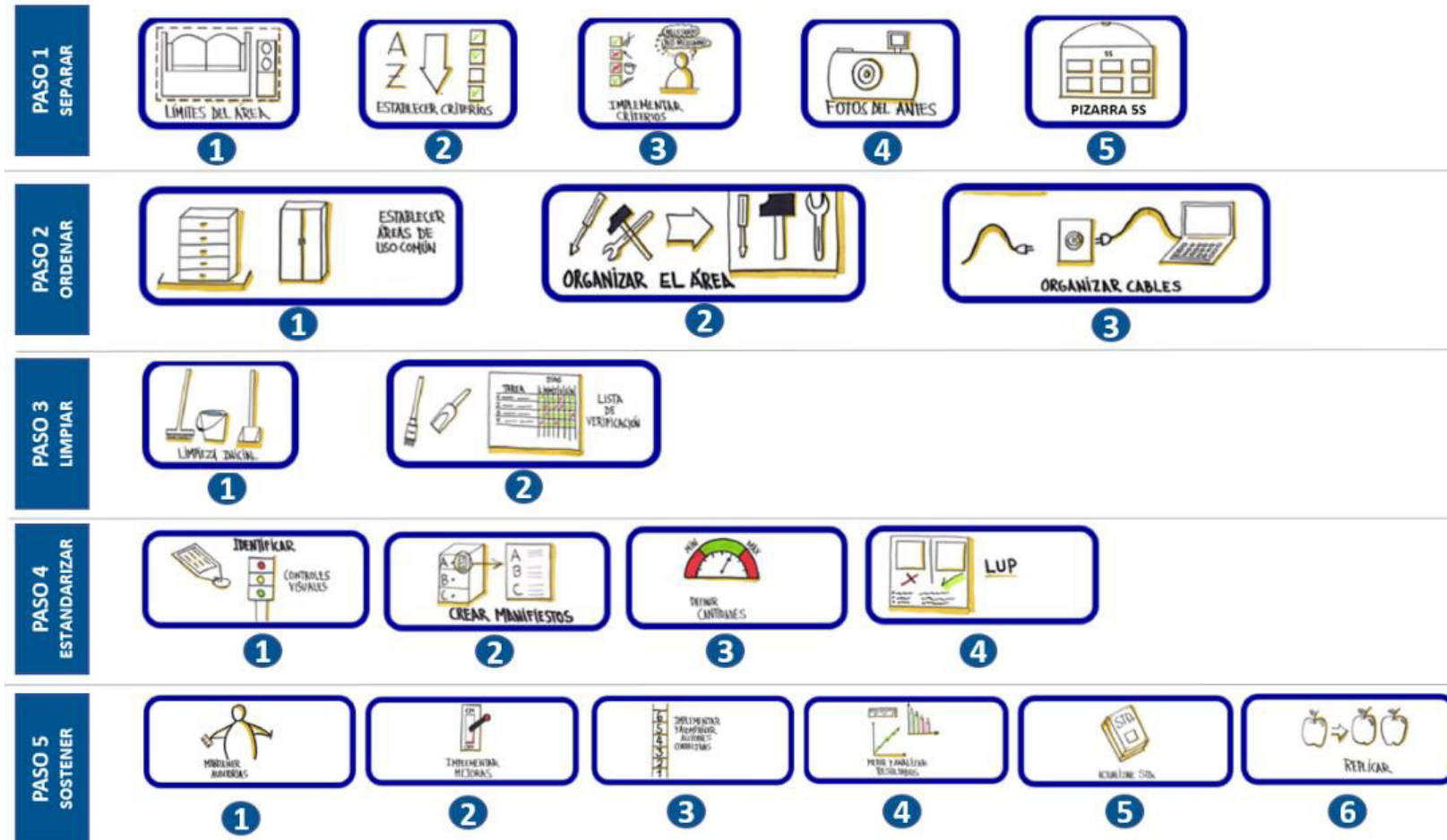
Vilela Villegas, E. N. (2018). *Implementación de la metodología DMAIC para mejorar la productividad de productos de embalaje en la empresa Sivein S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo.]
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22844>

ANEXOS

Anexo 1. Tríptico del programa de implementación de 5S



ACTIVIDADES



Nota: Elaboración propia