

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DEL
LEAN MANUFACTURING PARA REDUCIR LOS TIEMPOS
MUERTOS EN UNA EMPRESA REENCAUCHADORA DE
NEUMÁTICOS EN LIMA 2020**

TESIS
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR:

Bach. ALE LOYOLA, MARTIN AARÓN

Bach. JUAN DE DIOS VILLANUEVA, GREYS JENIFER

ASESOR: Mg. ZELADA GARCÍA GIANNI MICHAEL

LIMA – PERÚ
2020

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros padres y toda nuestra familia por apoyarnos y estar con nosotros en todo momento a lo largo de nuestra carrera.

Ale Loyola, Martin Aarón.

Juan De Dios Villanueva, Greys Jenifer.

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, por darnos vida y salud para cumplir nuestras metas; a nuestros docentes asesores por guiarnos en el camino del conocimiento, al representante legal de Conti Tread Peru S.A.C. por permitirnos aplicar nuestros conocimientos en sus instalaciones.

ÍNDICE

RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1. Formulación y delimitación del problema.....	3
1.1.1. Problema General.....	4
1.1.2. Problemas Específicos.....	4
1.2. Importancia y justificación del estudio	4
1.2.1. Importancia del estudio	4
1.2.2. Justificación teórica.....	5
1.2.3. Justificación práctica	5
1.2.4. Justificación social	5
1.3. Delimitaciones del estudio.....	6
1.3.1. Delimitación Temporal.....	6
1.3.2. Delimitación Espacial	6
1.4. Limitaciones de la Investigación.....	6
1.4.1. Limitaciones del entorno.	6
CAPÍTULO II: OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo General	7
2.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	8
3.1. Marco Histórico	8
3.2. Investigaciones relacionadas con el tema.....	9
3.2.1. Nacionales	9
3.2.2. Internacionales	12

3.2.3.	Estado del Arte.....	14
3.3.	Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	15
3.3.1.	Proceso de reencauche.....	15
3.3.1.1.	Subprocesos.....	15
3.3.2.	Productividad.....	18
3.3.2.1.	Limitantes de la productividad.....	18
3.3.3.	Tipos de desperdicios según Lean Manufacturing.....	19
3.3.4.	Lean Manufacturing.....	23
3.3.4.1.	Pilares del Lean Manufacturing.....	24
3.3.5.	Herramientas más relevantes del Lean Manufacturing.....	25
3.3.5.1.	Value Stream Mapping (VSM).....	25
3.3.5.2.	Las 5'S.....	29
3.3.5.3.	SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambios rápidos).....	35
3.3.5.4.	AMEF.....	38
3.3.5.5.	Poka Yoke.....	43
3.3.6.	Prueba de hipótesis.....	45
3.3.6.1.	Diferencia de Medias.....	45
3.3.6.2.	Comparación de medias: pruebas para datos apareados.....	46
3.3.6.3.	Pruebas no paramétricas para datos apareados en la comparación de dos grupos	47
3.4.	Definición de términos básicos.....	48
CAPÍTULO IV: HIPÓTESIS.....		49
4.1.	General.....	49
4.2.	Específicas.....	49
4.3.	Variables.....	50
4.3.1.	Definición conceptual de las variables independientes.....	50

4.3.2.	Definición conceptual de las variables dependientes	51
4.3.3.	Operacionalización de las Variables Independientes	52
4.3.4.	Operacionalización de variables dependientes	53
4.4.	Tipo y método de investigación	54
4.5.	Población de estudio.....	55
4.6.	Diseño Muestral	55
4.7.	Relación de variables.....	55
4.8.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	56
4.9.	Procedimientos para la recolección de datos	56
4.10.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	57
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		58
5.1.	Presentación de Resultados.....	58
5.1.1.	Descripción de la Realidad	58
5.1.1.1.	Antecedentes de la Empresa	58
5.1.1.2.	Misión.....	58
5.1.1.3.	Visión	58
5.1.1.4.	Organigrama general actual de la empresa Conti Tread Peru S.A.C. octubre 2020.....	59
5.1.1.5.	Organigrama funcional actual de la unidad de producción de la empresa Conti Tread Peru S.A.C. octubre 2020	60
5.1.1.6.	Layout actual del área de Reencauche	61
5.1.2.	Análisis de la realidad	62
5.1.2.1.	Evaluación Interna	62
5.1.2.2.	Evaluación Externa	62
5.1.2.3.	Identificación de la zona piloto en el área de Reencauche	62
5.1.2.4.	Análisis de los problemas en los procesos de Reencauche	63

5.1.2.5.	Análisis de las causas	65
5.1.2.6.	Distribución de las causas	66
5.1.2.6.1.	Problema Específico 1:.....	66
5.1.2.6.2.	Problema Especifico 2:.....	73
5.1.2.6.3.	Problema Especifico 3:.....	76
5.1.3.	Propuestas de solución	83
5.1.3.1.	Aplicación de las 5´S	83
5.1.3.2.	Aplicación de Poka Yoke	87
5.1.3.3.	Aplicación de la Metodología SMED	90
5.2.	Análisis de Resultados.....	97
5.2.1.	Resultados 5´S	97
5.2.1.1.	Prueba de Hipótesis 1	100
5.2.2.	Resultados Poka Yoke.....	103
5.2.2.1.	Prueba de Hipótesis 2	106
5.2.3.	Resultados SMED	108
5.2.3.1.	Prueba de Hipótesis 3	111
5.3.	Resumen de Resultados	113
CONCLUSIONES		114
RECOMENDACIONES		115
REFERENCIAS		116

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	120
Anexo 2: Matriz de Operacionalización	121
Anexo 3: Formato de evaluación 5'S	122
Anexo 4: Lista de chequeo de operación "Raspado"	123
Anexo 5: Lista de chequeo de operación "Embandado"	124
Anexo 6: Modelo de Formato SMED-POKA YOKE	125
Anexo 7: Distribución del estadístico de Shapiro-Wilk (w) para el contraste de normalidad	126
Anexo 8: Carta de permiso para el uso de información Contitread Perú S.A.C.	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de productividad.....	18
Figura 2:Partes del Mapa de Valor- Flujo de material.....	26
Figura 3: Partes del Mapa de Valor- Flujo de información.....	26
Figura 4: Partes del Mapa de Valor.....	27
Figura 5: Partes del Mapa de Valor.....	27
Figura 6: Procedimientos de SMED.....	38
Figura 7: Procedimiento para realizar un AMEF.....	40
Figura 8: Procedimiento para realizar un AMEF.....	40
Figura 9: Procedimiento para realizar un AMEF.....	41
Figura 10: Procedimiento para realizar un AMEF.....	41
Figura 11: RPN.....	42
Figura 12: Cuadro de análisis de modo y efecto falla de un proceso.....	42
Figura 13: Organigrama General Actual de la Empresa Conti Tread Peru S.AC. Octubre 2020.....	59
Figura 14: Organigrama Funcional Actual de la Unidad de Producción de la Empresa Conti Tread Peru S.A.C. octubre 2020.....	60
Figura 15: Layout Conti Tread Peru S.A.C.....	61
Figura 16: Zona Piloto.....	63
Figura 17: Diagrama de Pareto de frecuencias - Zona piloto.....	65
Figura 18:Diagrama de Ishikawa.....	65
Figura 19: Desorden en área de retazos de banda, retazos no clasificados sin identificar antes de implementar las 5'S.....	66
Figura 20: Desorden en racks de rollos de banda, retazos combinados sin identificar. Área corte de banda antes de implementar las 5'S.....	66
Figura 21: Desorden en la mesa de trabajo de la estación de reparación, materiales sin organización antes de implementar las 5'S.....	67
Figura 22: Desorden en la mesa de herramientas, falta de clasificación y selección de herramientas aptas para uso antes de implementar las 5'S.....	67
Figura 23: Desorden en el almacén de materia prima, Costales, goma cojín y cementos sin organizar y fuera de lugar antes de implementar las 5'S.....	67

Figura 24: Formato de evaluación 5´S – SELECCIONAR (Seiri)	68
Figura 25: Formato de evaluación 5´S – ORDENAR (seiton)	69
Figura 26: Formato de evaluación 5´S – Limpieza (SEISO).....	70
Figura 27: Tiempos muertos por fallos u olvidos - Layout	73
Figura 28: Tiempos muertos por preparación- Layout.....	76
Figura 29: SMED-DAP operación de raspado	77
Figura 30: SMED-DAP operación de escareado	78
Figura 31: SMED-DAP operación de reparado	78
Figura 32: SMED-DAP operación de rellenado	79
Figura 33: SMED-DAP operación de embandado.....	80
Figura 34: Clasificación de herramientas a conservar y eliminar en la mesa de trabajo de la estación de reparación y en la mesa de Herramientas generales durante la aplicación de las 5´S.....	83
Figura 35: Organización de las bandas de rodamiento en el almacén de retazos y en el rack de corte de banda después de aplicada las 5´S.	84
Figura 36: Organización de la mesa de herramientas después de aplicada las 5´S.....	84
Figura 37: Limpieza del área de embandado después de aplicada las 5´S.	85
Figura 38: Resultados de la auditoría 5´S después de la prueba piloto	86
Figura 39: Lista de chequeo de operación "Rellenado"	87
Figura 40: Lista de chequeo de operación " Reparado"	88
Figura 41: Lista de chequeo de operaciones y señalización de la estación de reparación.	89
Figura 42: Lista de chequeo de operación " Escariado"	91
Figura 43: Lista de chequeo de materiales y operaciones en la estación raspado.	92
Figura 44: DAP- SMED "Raspado" luego de mejoras.....	93
Figura 45: DAP-SMED " Escareado" luego de mejoras	93
Figura 46: DAP-SMED "Reparado" luego de mejoras	94
Figura 47: DAP-SMED " Rellenado" luego de mejoras	94
Figura 48: DAP-SMED "Embandado" luego de mejoras	95
Figura 49: Ubicación de mejoras SMED.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición conceptual de las variables independientes	50
Tabla 2: Definición conceptual de variables dependientes	51
Tabla 3: Operacionalización de variables independientes.....	52
Tabla 4: Operacionalización de variables dependientes.....	53
Tabla 5: Clasificación según frecuencia de problemas	64
Tabla 6. Tabla de tiempos antes de 5´S	71
Tabla 7. Prueba de normalidad 5´S	72
Tabla 8. Toma de tiempos de reprocesos	74
Tabla 9. Prueba de normalidad - Poka Yoke	75
Tabla 10. Toma de tiempos Cambios y preparación de equipos o herramientas.....	81
Tabla 11. Prueba de normalidad SMED.....	82
Tabla 12. Tabla de tiempos después de 5´S.....	97
Tabla 13. Prueba de normalidad	98
Tabla 14. Comparación de tiempos 5´S	99
Tabla 15. Datos de las variables.....	101
Tabla 16. Prueba de hipótesis Diferencia de medias 5´S	101
Tabla 17. Tabla de tiempos después de Poka Yoke.....	103
Tabla 18. Prueba de normalidad Poka Yoke.....	104
Tabla 19. Comparación de tiempos Poka Yoke.....	105
Tabla 20. Datos de las variables Poka Yoke.....	106
Tabla 21. Prueba de hipótesis Diferencia de medias Poka Yoke.....	107
Tabla 22. Tabla de tiempos después de SMED	108
Tabla 23. Prueba de normalidad SMED.....	109
Tabla 24. Comparación de tiempos SMED	110
Tabla 25. Datos de las variables SMED.....	111
Tabla 26. Prueba de hipótesis Diferencia de medias SMED	112
Tabla 27: Resumen de Resultados	113

RESUMEN

La presente investigación sobre la reducción de los tiempos muertos en el área de producción de una empresa renovadora de neumáticos tuvo como objetivo reducir los tiempos muertos de las operaciones del proceso de reencauche, mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing como 5'S, Poka Yoke y SMED. El tipo de investigación fue explicativa y descriptiva de diseño cuasi experimental. Se hizo el análisis de los tiempos muertos de las operaciones del proceso de reencauche en el periodo comprendido de enero del 2019 a octubre del 2020, se identificaron y analizaron las operaciones que conforman el proceso, así como la toma de tiempos en tareas que no agregaban valor, se pudieron identificar los tiempos muertos en la búsqueda de herramientas, tiempos muertos por traslados hacia el almacén de materia prima, tiempos muertos en el cambio de herramientas y tiempos muertos por reproceso originados por fallos en desarrollo de operaciones. La prueba piloto en el área designada constó en clasificar limpiar y ordenar las mesas de trabajo, el almacén de materia prima y los racks de banda; además de elaborar listas de procesos y herramientas necesarias para cada estación; finalmente un sistema de trabajo de reduce los cambios de herramientas y preparación de materia prima con la ayuda de un carrito porta herramientas, dando como resultado la reducción de tiempos muertos de las operaciones de reencauche. Las conclusiones son favorables con la hipótesis que indica una reducción en los tiempos muertos en la búsqueda de material en proceso y herramientas mediante la implementación de las 5'S, la reducción de tiempos muertos en los fallos u olvidos de operación mediante el Poka Yoke y la reducción de tiempos en cambio y preparación de herramienta mediante el SMED.

Palabras claves: 5'S, Poka Yoke, SMED, tiempos muertos.

ABSTRACT

The present research on the reduction of downtime in the production area of a tire renovation company, aimed to reduce downtime of the retreading process operations, through the implementation of Lean Manufacturing tools such as 5'S, Poka Yoke and SMED. The type of research was explanatory and descriptive with a quasi-experimental design. The analysis of the dead times of the retreading process operations was made in the period from January 2019 to October 2020, the operations that make up the process were identified and analyzed, as well as the taking of times in tasks that did not add value, it was possible to identify the dead times in the search for tools, dead times due to transfers to the raw material warehouse, dead times in the change of tools and dead times due to reprocessing caused by failures in the development of operations. The pilot test in the designated area consisted of classifying, cleaning and ordering the work tables, the raw material warehouse and the band racks; in addition to preparing lists of processes and tools necessary for each station; finally, a work system reduces tool changes and raw material preparation with the help of a tool trolley, resulting in a reduction of downtime in retreading operations. The conclusions are favorable with the hypothesis that indicates a reduction in the downtime in the search for material in process and tools through the implementation of the 5'S, the reduction of downtime in the failures or forgetfulness of operation through the Poka Yoke and the reduction of times in change and preparation of tool by means of the SMED.

Keywords: 5's, Poka Yoke, SMED, time-outs.

INTRODUCCIÓN

La investigación se realiza con la finalidad de reducir los tiempos muertos del proceso de producción en una empresa reencauchadora de neumáticos, para ello se ejecuta una prueba piloto en las operaciones donde se observaron tiempos muertos por traslados, búsqueda de herramientas y materia prima, cambio de herramientas y errores en las operaciones. Para el análisis situacional se levanta información documentaria tales como los reportes de producción, así como el registro de tiempos por operación y la revisión diaria de la ejecución del proceso por parte de los operarios del área de reencauche.

Los resultados de las investigaciones muestran la importancia de la aplicación de las Herramientas 5'S, Poka Yoke y SMED para reducir los tiempos muertos de las operaciones en el proceso de reencauche de neumáticos.

El desarrollo de la tesis se divide en 5 capítulos los cuales abarcan el desarrollo secuencial de la investigación.

En el capítulo I, se desarrolla la descripción del problema, los objetivos, la delimitación espacial, así como la justificación e importancia; entendiendo de esta manera la situación inicial de la empresa y las expectativas que se tuvieron para la aplicación de esta investigación.

En el capítulo II, se describe y se cita los antecedentes que sirven de aporte en el estudio de investigación, así como las bases teóricas y la definición de términos básicos, en este capítulo se puede conocer los resultados que se han obtenido en otras empresas aplicando las herramientas mencionadas lo cual permitió tener un punto de comparación cuando se obtuvieron los resultados, la teoría citada amplió el panorama cognitivo para aplicar de mejor manera las herramientas del lean Manufacturing.

En el capítulo III, se describe la hipótesis general como las secundarias, la definición conceptual y la Operacionalización de variables, tentando un resultado global que es la reducción de los tiempos muertos en el proceso de reencauche.

En el capítulo IV, se define la población y la muestra, el tipo, nivel y diseño de investigación, los instrumentos de recolección de datos y el análisis de la investigación.

En el capítulo V, se desarrolla el análisis de resultados análisis de la realidad, correlación de variables, validación de la hipótesis, análisis y resultados. Comprobándose la reducción de los tiempos muertos con la aplicación de las 5'S en 52%, Poka Yoke en un 35% y SMED en un 38%.

Finalmente se tiene los anexos y las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Formulación y delimitación del problema

El reporte del Instituto de Estudios Económicos y Sociales indica que entre enero y abril del 2018 la industria que fabrica neumáticos, reencauche y reconstrucción de neumáticos cayó 6.3% respecto al mismo periodo del año anterior, resultado por las menores ventas producto de la disminución de la demanda local. (Sociedad Nacional de Industrias (SNI), 2018)

De acuerdo con la última Encuesta Mensual Manufacturera (EMM) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, las actividades productivas orientadas al reencauche y reconstrucción de neumáticos aumentó su producción 95,5% en julio, y entre enero y julio ha crecido 26,5%. (Becerra, 2018)

La empresa donde se realizará la investigación pertenece a la industria de fabricación de productos de caucho, esta se llama CONTI TREAD PERÚ S.A.C., empresa dedicada al reencauche de llantas. La empresa tiene como objetivo mejorar su calidad y productividad con la finalidad de ser competitivos frente a las otras empresas del mismo sector industrial. En la actualidad la empresa presenta problemas de productividad ya que se encuentra mermada debido a los tiempos muertos que contemplan en la producción generándose así la necesidad de hacer horas extras para cumplir con los pedidos en las fechas pactadas.

Estos tiempos muertos se localizan en el almacén de materias primas debido a la falta de orden, clasificación y señalización de la ubicación de la materia prima, al momento de buscar estos materiales y herramientas.

Otro problema son los tiempos muertos generados por reprocesos que nacen de los fallos y olvidos de las actividades semipermanentes realizadas por los operarios, tales como: Mal cálculo del tiempo de secado de banda, olvido de trabajar la pestaña del neumático, olvido de rellenar las pestañas del neumático, etc.

Por último, se observaron tiempos muertos que surgen por la preparación ineficiente de las herramientas y traslados innecesarios al momento de reabastecerse de materia prima.

1.1.1. Problema General

¿En qué medida la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing reduce los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?

1.1.2. Problemas Específicos

- a) ¿En qué medida influye la aplicación del método de las 5'S en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?
- b) ¿En qué medida influye la aplicación del método Poka Yoke en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?
- c) ¿En qué medida influye la aplicación del método SMED en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?

1.2. Importancia y justificación del estudio

1.2.1. Importancia del estudio

La presente investigación se realiza debido a la necesidad de reducir los tiempos muertos del área de reencauche, para ello, se hace la revisión de los registros de tiempos por operación, los registros de actividades por cada operación, así mismos videos del proceso de reencauche donde se evidencia la existencia de tiempos muertos en distintos procesos y zonas del proceso como en el almacén de materia prima, en las operaciones de rellenado, embandado, escariado, reparación y envelopado. Los tiempos muertos que se evidencian en el proceso de reencauche impactan en la producción ya que al estar presentes disminuye el tiempo de un flujo continuo y no agregan valor al producto final.

1.2.2. Justificación teórica

Socconini (2019) menciona que:

El verdadero poder de Lean Manufacturing radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que esconde toda empresa, pues siempre existirán desperdicios que podrán ser eliminados. Se trata de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre serán un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos. (p. 21)

La investigación presentada busca identificar y reducir las causas que generan tiempos muertos en la productividad de las operaciones del proceso de reencauche, mediante las herramientas de Lean Manufacturing; SMED, Poka Yoke, 5'S.

1.2.3. Justificación práctica

La presente investigación se realiza porque se tiene la necesidad de eliminar tiempos que no agregan valor al proceso de reencauche, ayudar a reconocer las causas que originan los tiempos muertos y a la toma de medidas correctivas, proporcionando información relevante con respecto al proceso de reencauche.

1.2.4. Justificación social

La investigación tiene importancia social ya que la implementación de las herramientas SMED, 5'S, Poka Yoke buscan reducir considerablemente las causas que generan tiempos muertos, los cuales generan retrasos en los procesos. De esta manera el personal ejecute las tareas sin retrasos, ágil y sin riesgos en su área de trabajo.

1.3. Delimitaciones del estudio

1.3.1. Delimitación Temporal

El estudio abarca el periodo comprendido entre enero del 2019 y octubre del 2020.

1.3.2. Delimitación Espacial

La presente investigación está comprendida en la Provincia de Lima Metropolitana, distrito de San Martín de Porres, Pro Industrial. En la empresa Conti Tread Perú S.A.C. en el área de producción.

1.4. Limitaciones de la Investigación

1.4.1. Limitaciones del entorno.

Debido al estado de emergencia en el que se encuentra el país en 2020 se dificulta la obtención de información, la producción de la planta ha disminuido y aún no deciden si seguirán en funcionamiento, esta sería la posible mayor limitación que tendríamos para implementar las propuestas y medir sus resultados.

CAPÍTULO II: OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Cuantificar la reducción de tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos con la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Cuantificar la reducción de tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos con la aplicación de las 5's.

- b) Cuantificar la reducción de tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos con la aplicación del método Poka Yoke.

- c) Cuantificar la reducción de tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos con la aplicación del método SMED.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Marco Histórico

El concepto Lean se originó en Japón después de la Segunda Guerra Mundial cuando los fabricantes japoneses se dieron cuenta de que no podían permitirse la inversión masiva requerida para reconstruir las instalaciones devastadas. Toyota produce automóviles con menor inventario, el esfuerzo humano, la inversión y los defectos e introdujo una mayor y creciente variedad de productos. Lean Manufacturing da a los fabricantes una ventaja competitiva mediante la reducción de coste y la mejora de la productividad y la calidad.

(Kuldip & Jaiprakash, 2014, p.877)

Mientras en la industria automovilística norteamericana se utilizaba un método de reducción de costos al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, en Toyota se plantea la fabricación, a un buen precio, de pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes. El reto de los japoneses fue lograr beneficios de productividad sin aprovechar los recursos de las economías de escala y la estandarización taylorista y fordiana.

(Rajadell & Sánchez, 2010, p.5)

Los fabricantes de todo el mundo están tratando ahora de adoptar la producción lean, pero se están encontrando con que el camino es accidentado. Todas las compañías que primero dominaron este sistema tenían su sede en un país, Japón. Cuando la producción Lean se ha extendido a Norteamérica y a la Europa Occidental bajo sus auspicios, se han originado guerras comerciales y una creciente resistencia a las inversiones extranjeras.

(Womack & Jones, 2017, p.1)

3.2. Investigaciones relacionadas con el tema

3.2.1. Nacionales

Gómez (2017) realizó una investigación sobre la Implementación de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la confiabilidad de los equipos de frío en el área de mantenimiento en la empresa Jochemai S.A.C. El objetivo general fue incrementar la confiabilidad de los equipos con los mismos o menores recursos como, mano de obra, maquinaria haciendo uso de herramientas como 5'S, Poka Yoke y TPM. Utilizó un diseño Cuasi experimental y su muestra estuvo conformada por la producción de equipos durante las 12 semanas de la implementación. Utilizó la técnica de análisis de documentos y observación directa. Los resultados mejoraron satisfactoriamente la confiabilidad en un 11.65%. A partir de los resultados concluyó que la implementación de herramientas lean manufacturing contribuye a la mejora de la confiabilidad de los equipos de frío lo que a la vez significa un ahorro monetario de 27060 soles en reproceso de equipos defectuosos.

Salas (2017) realizó una investigación sobre la Aplicación de las herramientas Lean manufacturing para la mejora de la productividad en el área de almacén de la empresa Dione Ingenieros GLP GNV S.A.C. Su objetivo general fue determinar de qué manera la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing como Poka Yoke y 5'S mejoraría la Productividad en el área de almacén de la empresa Dione Ingenieros GLP GNV S.A.C. Utilizó un diseño experimental con una población de 30 órdenes de pedido antes y después. Empleó la técnica de recolección de datos mediante datos históricos de la empresa. Los resultados lograron eliminar las causas que originaban la baja productividad, reconocer las nuevas limitaciones y proceder con el cambio y la mejora continua de la empresa. A partir de los resultados concluyó que la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing mejoran la productividad en el área de almacén de la empresa Dione Ingenieros GLP GNV S.A. Cabe resaltar que

la productividad antes de la implementación les resultaba un promedio de 67%, y después de la implementación de la propuesta es un promedio de 86% %, logrando mejorar la productividad en 27%.

Ferreyra & Natividad (2019) realizaron una investigación sobre una Propuesta de mejora de la Productividad del área de flexibles de una empresa manufacturera de productos plásticos descartables mediante la Metodología lean Manufacturing. Su objetivo general fue demostrar mediante una prueba piloto, en la zona de Sellado del Área de flexibles, la mejora de la productividad usando las herramientas 5'S, Poka Yoke y SMED de la Metodología Lean Manufacturing. Utilizaron un diseño explicativo de tipo cuasiexperimental y la muestra estuvo conformada por la producción de bolsas del área de Flexibles de una empresa de manufactura de productos plásticos descartables producidos en el periodo 2018 – 2019. Utilizaron la técnica de observación directa y revisión de los partes de producción del proceso de sellado. Los resultados permitieron un incremento en la productividad mediante una reducción de tiempos muertos por desorganización del 63.87%, la reducción de tiempos durante el cambio de bobina en el proceso de sellado del 53.89% y la reducción de tiempos de cambio de herramienta en el proceso de sellado del 44.30%.

Arroyo (2018) realizó una investigación sobre la Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica. Su objetivo general fue mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica en términos que se traduzca en rentabilidad para la empresa a partir de la implementación del Lean Manufacturing haciendo uso de herramientas como Single Minute Exchange of Die (SMED), Just in Time y estandarización de operaciones. El estudio tuvo un diseño de investigación es no experimental, transversal, descriptivo y la muestra estuvo conformada por los procesos más críticos del proceso, donde se encuentran los mayores desperdicios del proceso productivo. Utilizaron la técnica de observación participativa para poder determinar

los procesos más críticos. Sus resultados fueron una reducción de 47% del setup de las paradas programadas en el proceso roll forming postes y perfiles, una reducción de 59% del tiempo de reproceso en el proceso de granallado y una reducción de 17% del tiempo de fabricación en el ciclo productivo generado por el incremento de la producción en un 25% realizada en el sistema de producción. De acuerdo a los resultados obtenidos concluyeron que en la actualidad la aplicación del Lean Manufacturing a través de su metodología e implementación de las herramientas, mejora el sistema de producción en las empresas productivas aplicadas.

Chacón (2019) realizó una investigación sobre la Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing para mejorar la Productividad de la Empresa de Calzados CHANG S.R.L. El objetivo general fue aplicar las herramientas de Lean Manufacturing como 5'S, Poka Yoke y VSM para incrementar la productividad de la empresa de calzado CHANG. El estudio tuvo un diseño pre-experimental y la muestra esta compuesta por los tiempos operativos del proceso productivo en el periodo de 20 días. Utilizó técnicas como encuestas, observación sistemática y un programa de inducción. Los principales resultados obtenidos son una mejora en la productividad de Mano de Obra con un incremento del 21%, se obtuvo una mejora del 35% en la productividad de Materia Prima gracias a la implementación de los Poka Yoke los cuales permitieron una optimización del 5,1% de cuero y por ultimo la mejora que se obtuvo en la Productividad Total con un 14% de mejora. De acuerdo a los resultados obtenidos concluyó que la aplicación de herramientas Lean Manufacturing permiten analizar causas que ocasionan desperdicios e implementar mejoras que producen un resultado satisfactorio en la mejora de la productividad.

3.2.2. Internacionales

Martínez (2016) realizó una investigación sobre la Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el comando logístico “Reino de Quito” N°25(COLG) en el departamento de mantenimiento. El objetivo general fue mejorar la productividad en el comando logístico Reino Quito a través de las herramientas Lean Manufacturing como las 5’S, VSM Y TPM. El estudio tuvo un diseño explicativo y descriptivo y la muestra está compuesta por los procesos del departamento de mantenimiento. Se utilizaron técnicas de observación participativa para identificar los procesos críticos. A partir de los resultados concluyó que las herramientas 5 S y mantenimiento autónomo se puede plantear que, para elaborar 125 artículos el tiempo total de producción como promedio disminuyó 235 minutos, el resultado de la aplicación de la auditoría de la herramienta 5 S mejoró en un 53 %, el OEE incrementaría su valor en un 12% aproximadamente, el MTBF aumentaría 10.3 horas entre fallas y el MTTR disminuiría a 0.6 horas como promedio por falla.

Carpio (2012) realizó una investigación sobre la Implementación de manufactura esbelta en la línea de producción de la empresa Sedemi S.C.C. El objetivo general fue implementar el sistema de Manufactura Esbelta en la línea de producción en la Empresa Sedemi S.C.C usando herramientas como 5’S y Kanban. El estudio tuvo un diseño descriptivo y la muestra está compuesta por 14 personas pertenecientes al área de abastecimiento. Se utilizaron como instrumento una encuesta y el estudio cronométrico para el análisis del proceso. Los resultados han logrado alcanzar los objetivos como: eliminar residuos y disminución de tiempos en el proceso de producción. A partir de los resultados concluyó que las técnicas de Manufactura Esbelta seleccionadas permitieron aumentar la productividad al sacar mayor provecho de los factores humano y de máquinas en función del tiempo. Al aplicarlas técnicas se logró estandarizar tiempos de 413 minutos produciendo 6,3 toneladas diarias a 525 minutos produciendo 8,93 toneladas en el proceso de producción. Con

lo que se aumenta en un 29,45% a la producción diaria y se reduce las actividades muertas en un 45,34%.

Beltrán & Soto (2017) realizaron una investigación sobre la Aplicación de herramientas Lean Manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S. El objetivo general fue Aplicar herramientas Lean Manufacturing como 5´S, SMED, Kaizen y VSM que permitan mejorar los procesos y actividades relacionadas al área de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S. El estudio tuvo un diseño de tipo explicativo y con una muestra que toma el proceso del área de recepción y despacho de material de la empresa. Se utilizó como técnica la observación de campo para analizar, cuantificar e identificar los procesos más críticos. A partir de los resultados logrados concluyeron que la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing permitieron reducir los desperdicios de tiempo de espera y movimientos en el área de recepción en un 20% y 7,2 %, en el área de despacho en un 23,6% y 37,2% respectivamente; lo cual se ve reflejado en los diagramas de recorrido y el VSM actual, donde presento una reducción en el tiempo de ciclo de 52.8 minutos.

Bonilla & Chacon (2017) realizaron una investigación sobre una Propuesta de mejora de procesos productivos mediante la filosofía Lean Manufacturing en la empresa tintorería Mega procesos y Terminados S.A.S. de Bogotá D.C. El objetivo general es Diseñar una propuesta de mejora para la empresa Tintorería Mega procesos y Terminados S.A.S haciendo uso de herramientas como las 5´S, Poka Yoke y TPM enfocado en el proceso productivo de la misma, mediante la cual se puedan disminuir las mudas, los costos del proceso y tiempos de entrega del producto final. El estudio es de tipo explicativo y la muestra está formada por el área de producción de la empresa. Se utilizó como técnica la observación de campo y como instrumento la información de los KPI´s de meses anteriores. A partir de los resultados obtenidos concluyeron que la implementación de la propuesta por medio de la adopción de la filosofía Lean Manufacturing y sus componentes, permiten desarrollar alternativas

de eficiencia, fiabilidad, calidad, y disponibilidad total de la planta de un 59% a un 79% , permitiendo que por medio del personal a cargo y en labor de la empresa se adopten los componentes mencionados y se cree una relación de confianza enfocada en el empoderamiento en beneficio del incremento de utilidades y adopción de tecnologías que permitan ser más competentes en el mercado global.

Molina (2016) realizó una investigación sobre Lean Manufacturing en los procesos de un centro de distribución para incrementar la productividad. El objetivo general es diseñar un programa bajo la metodología de Lean Manufacturing en los procesos de un centro de distribución para incrementar la productividad haciendo uso de las herramientas 5´S, Poka Yoke, Just in Time y Kanban. El estudio es de tipo cuantitativa documental monográfico y la muestra está formada por las operaciones en el centro de distribución de productos secos. Se utilizó como herramientas como documentos, el histórico de datos y antecedentes de la empresa proporcionados por el personal administrativo. A partir de los resultados obtenidos concluyó que la implementación de Lean Manufacturing mejoraron los movimientos de cajas de 15 a 25 cajas distribuidas, la cantidad de tarimas que contiene los productos a vender aumentaron de 10 a 12 demostrando un mejor uso del espacio de la tienda.

3.2.3. Estado del Arte

El análisis del estado del arte que aquí se plasma sobre las investigaciones que se han realizado considerando diferentes variables del problema haciendo uso de las herramientas Lean Manufacturing para eliminar desperdicios en una determinada área.

De los resultados obtenidos de las investigaciones antes mencionadas se concluye que la implementación de las herramientas Lean Manufacturing como 5`S, TPM, Poka Yoke, SMED, Kanban, Just in Time; cumplen satisfactoriamente con el objetivo principal que los autores proponen en

sus investigaciones, el cual es reducir o eliminar los distintos desperdicios que afectan a la productividad en diferentes tipos de empresas y sus distintos problemas que tienen en sus áreas de trabajo, estos desperdicios son: Tiempos muertos, Movimientos y procesos innecesarios, Sobreproducción, Fallos en productos o procesos.

Los resultados son favorecedores alcanzando incrementos en la productividad de hasta 63.87% como lo indican Ferreyra & Natividad (2019) además de la reducción de las actividades muertas en un 45,34% según Carpio (2012); dichas métricas nos apoyan a mantener una hipótesis optimista sobre los resultados que obtendremos con esta tesis.

3.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

3.3.1. Proceso de reencauche

3.3.1.1. Subprocesos

a) Limpieza

El neumático ingresa a la máquina donde se limpiarán los laterales con cepillos industriales mientras van girando para abarcar toda el área.

b) Inspección Inicial

El técnico especializado hace una inspección visual y manual de un talón a otro, por dentro y por fuera. El objetivo es detectar y marcar todos los daños visibles. (Bridgestone Americas Tire Operations, LLC.)

c) Raspado

En esta etapa, se infla la cubierta hasta alcanzar su forma operativa. El proceso elimina la superficie desgastada de la banda de rodamiento, rectifica la redondez y prepara la superficie para

una nueva banda de rodamiento. (Bridgestone Americas Tire Operations, LLC., 2020)

d) Escareado

Con la utilización de cepillos especiales se elimina todo el material dañado identificado durante la inspección inicial y se realizan las reparaciones correspondientes para devolverle la vida útil a la cubierta. (Bridgestone Americas Tire Operations, LLC., 2020)

e) Reparación

Proceso en el que se trabajan los daños más profundos del neumático, con la ayuda del taladro y la goma extruida se reparan los daños pasantes y finalmente se aplican los parches y selladores. (Bridgestone Americas Tire Operations, LLC., 2020)

f) Cementado

En este proceso el neumático ingresa a la máquina de cementado donde ayudados de un rodillo activado por pedal haremos girar el casco mientras aplicamos dos capas de cemento (caucho líquido) en la banda de rodamiento y en las áreas trabajadas de los laterales, se dejará pre secar entre 30 y 40 minutos.

g) Rellenado

Con la tira extruida y una extrusora al neumático apoyado en dos rodillos, se crea una capa de unión sin curar sobre la superficie de la cubierta preparada y se rellenan todas las imperfecciones. La cubierta está lista para una nueva banda de rodamiento.

h) Embandado

El neumático se coloca en la embandadora neumática y se infla hasta alcanzar su forma operativa esto permitirá identificar si

alguna superficie de la banda de rodamiento quedó sin repararse al presentar fuga de aire, mientras va girando se le coloca la goma cojín y luego se hace presión con un rodillo para extraer las burbujas de aire. Se retira la película protectora de la Goma Cojín y se aplica [...] una nueva banda de rodamiento, prestando especial atención a los detalles. La banda de rodamiento debe estar derecha y perfectamente centrada sobre la cubierta. (Bridgestone Americas Tire Operations, LLC., 2020)

i) Rolado

Con el fin de compactar la banda con la cubierta se procede a realizar un rolado independiente, esto previene futuros desprendimientos de banda.

j) Envelopado

Continental denomina este proceso como encamizado, consta de envolver el neumático con una cubierta exterior denominada envelope y una interior llamada innerlope, se conecta la manguera de vacío y estas dos cubiertas ejercerán presión entre el casco y la banda logrando así una adhesión perfecta en el vulcanizado.

k) Vulcanizado

La cámara de curado [autoclave] hace que la capa de unión del neumático se cure y se adhiera de forma permanente a la nueva banda de rodamiento. (Bridgestone Americas Tire Operations, LLC., 2020)

l) Inspección final

Se repite la inspección visual y manual para garantizar que se cumplan nuestras especificaciones de calidad. (Bridgestone Americas Tire Operations, LLC., 2020)

3.3.2. Productividad

El concepto de productividad es la relación entre la cantidad de salidas que pueden ser bienes y servicios, y la cantidad de entradas representadas con la cantidad de recursos utilizados, ver como referencia la figura 1.



Figura 1: Modelo de productividad

Fuente: (Soconini, Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación, 2019, p. 14)

3.3.2.1. Limitantes de la productividad

Soconini (2019) menciona que:

En los negocios, la productividad no es infinita. Esta se ve afectada por una gama muy amplia de problemas que limitan los resultados que se pueden obtener a partir de los recursos disponibles. Los ingenieros japoneses han clasificado estos limitantes en tres grupos a los que llamaron las 3 «Mu»: Muri (Sobrecarga), Mura (Variabilidad) y Muda (Desperdicio).

Sobrecarga: La productividad de las actividades empresariales y las personas disminuye cuando se les impone una carga de trabajo que rebasa su capacidad. Si a los operadores se les exige que produzcan por arriba de sus límites normales, o cuando a las maquinas se les hace

producir por encima de su capacidad, se provoca un agotamiento de los recursos más valiosos de la organización, disminuyendo así la productividad.

Variabilidad: Se refiere a la falta de uniformidad generada desde los elementos de entrada de los procesos, como los materiales, las especificaciones, el entrenamiento, las habilidades, los métodos y las condiciones de la maquinaria; esto produce, a su vez, una falta de uniformidad en los procesos, lo que se traduce en la generación de productos o servicios que tampoco son uniformes, es decir, muestran variabilidad.

Desperdicios: Uno de los principales objetivos de Lean Manufacturing es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios en la industria, ya que reducen diariamente la capacidad de las empresas y representan un reto para administradores, gerentes y empleados en general. (pp. 31-33)

3.3.3. Tipos de desperdicios según Lean Manufacturing

Un desperdicio es toda operación que utiliza los recursos superiores a los mínimos y no genera valor.

Hernández & Vizán (2013) mencionan que:

Lean define despilfarro como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. Los tipos de despilfarros sobre los que se centra el Lean Manufacturing; almacenamiento, sobreproducción, tiempo de espera, transporte o movimientos innecesarios, defectos, rechazos y reprocesos.

a) Exceso de almacenamiento

Características

- Excesivo espacio del almacén.
- Contenedores o cajas demasiado grandes.
- Rotación baja de existencias.

- Costes de almacén elevados.
- Excesivos medios de manipulación (carretillas elevadoras, etc.).

Causas posibles:

- Procesos con poca capacidad.
- Cuellos de botella no identificados o fuera de control.
- Tiempos de cambio de máquina o de preparación de trabajos excesivamente largos.
- Previsiones de ventas erróneas.
- Sobreproducción.
- Reprocesos por defectos de calidad del producto.
- Problemas e ineficiencias ocultas.

b) Sobreproducción

Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria.

La sobreproducción es un desperdicio crítico porque no incita a la mejora ya que parece que todo funciona correctamente.

Características:

- Gran cantidad de stock.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipos sobredimensionados.
- Tamaño grande de lotes de fabricación.
- Falta de equilibrio en la producción.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipamiento obsoleto.

Causas posibles:

- Procesos no capaces y poco fiables.
- Reducida aplicación de la automatización.

- Tiempos de cambio y de preparación elevados.
- Respuesta a las previsiones, no a las demandas.
- Falta de comunicación.

c) Tiempo de espera

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo.

Características:

- El operario espera a que la máquina termine.
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.
- Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas.
- Tiempo para ejecutar reproceso.
- La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario.

Causas posibles:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos.
- Desequilibrios de capacidad.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas.
- Producción en grandes lotes.
- Baja coordinación entre operarios
- Tiempos de preparación de máquina /cambios de utillaje elevados.

d) Transporte y movimientos innecesarios

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores.

Características

- Los contenedores son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales.
- Los equipos de mantenimiento circulan vacíos por la planta.

Causas posibles:

- Layout obsoleto.
- Gran tamaño de los lotes.
- Procesos deficientes y poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.
- Baja eficiencia de los operarios y las máquinas.
- Reprocesos frecuentes.

e) Defectos, rechazos y reprocesos

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida,

eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales.

Características:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos.
- Espacio y técnicas extra para el reproceso.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja motivación de los operarios.

Causas posibles:

- Movimientos innecesarios
- Proveedores o procesos no capaces
- Errores de los operarios.
- Formación o experiencia de los operarios inadecuada.
- Técnicas o utillajes inapropiados.
- Proceso productivo deficiente o mal diseñado. (pp. 22-27)

3.3.4. Lean Manufacturing

Lean manufacturing es una filosofía y metodología que se basa en las personas definiendo la forma de mejora y optimización de un sistema de producción teniendo como enfoque identificar y eliminar todo tipo de desperdicio.

“El lean manufacturing tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka, jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón”. (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 1)

Hernández & Vizán (2013) mencionan que:

Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. (p. 6)

3.3.4.1. Pilares del Lean Manufacturing

Rajadell & Sánchez (2010) mencionan que los pilares son:

Primer pilar: Kaizen

El concepto de kaizen debe interpretarse como lo mejor en un sentido tanto espiritual como físico. Comprende tres componentes esenciales: percepción (descubrir los problemas), desarrollo de ideas (hallar soluciones creativas), y finalmente, tomar decisiones, implantarlas y comprobar su efecto.

Segundo pilar: El control total de la calidad

El Control Total de la Calidad presenta tres características básicas:

Todos los departamentos participan del control de calidad. El control de calidad durante la fabricación (mediante el autocontrol y otras técnicas) reduce los costes de producción y los defectos, garantizando los costes bajos para el consumidor y la rentabilidad para la empresa.

Todos los empleados participan del control de la calidad, pero también se incluyen en esta actividad, proveedores, distribuidores y otras personas relacionadas con la empresa. El control de la calidad se encuentra totalmente integrado con las otras funciones de la empresa.

Tercer pilar: El just in time (JIT)

El JIT se pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas y en el instante preciso, por ejemplo, un proceso

productivo se dice que funciona en JIT cuando dispone de la habilidad para poner a disposición de sus clientes “los artículos exactos, en el plazo de tiempo y en las cantidades solicitadas”. El periodo de tiempo que preocupa al cliente es el plazo de entrega (lead time), es decir el tiempo transcurrido desde que el cliente pasa un pedido hasta que recibe el material. Este es el tiempo de que dispone el cliente para planificar sus compras y lógicamente éste estará más satisfecho cuanto menor y más fiable sea el plazo de entrega. (pp. 12-15)

3.3.5. Herramientas más relevantes del Lean Manufacturing

3.3.5.1. Value Stream Mapping (VSM)

Es una herramienta esencial en la aplicación del Lean Manufacturing promovida por Shigeo Shingo y Taiichi Ohno en los 80's, esta permite tener una visión clara de toda la cadena de valor, desde que el cliente hace un pedido hasta la entrega del producto final e identificar oportunidades de mejora Kaizen en cada operación realizada.

Rajadell & Sánchez (2010) mencionan que:

VSM es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se trata de plasmar en un papel de una manera sencilla y visual, todas aquellas actividades que se realizan actualmente para obtener un producto, para identificar así cuál es la cadena de valor (actividades necesarias para transformar materiales e información en un producto terminado o en un servicio). (p. 34)

a) Partes del Mapa de Valor

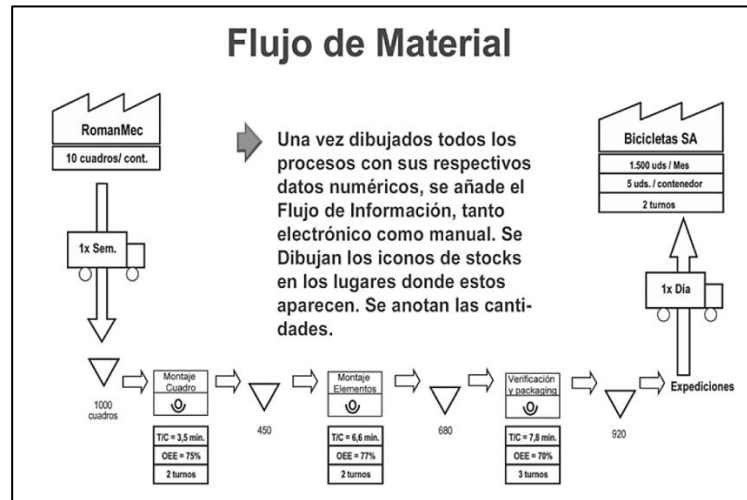


Figura 2: Partes del Mapa de Valor- Flujo de material
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 43)

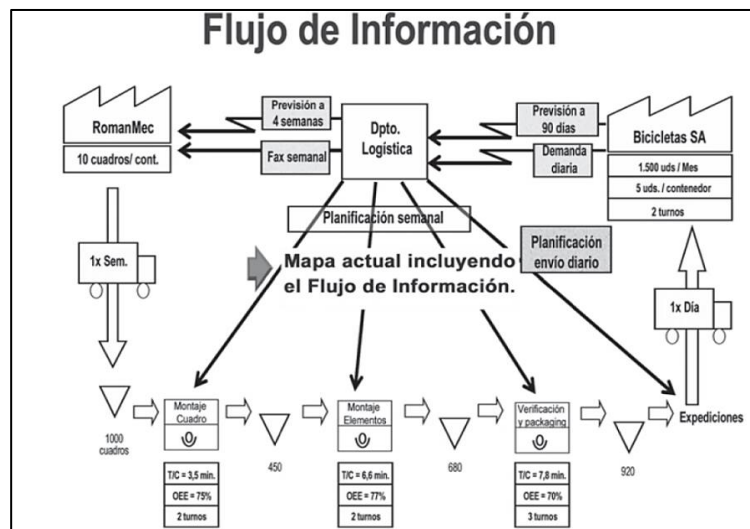


Figura 3: Partes del Mapa de Valor- Flujo de información
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 43)

b) Simbología




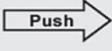

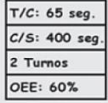





Simbolos del Flujo de Materiales	 Operación de Valor Añadido	 Operación de Control	 1000 piezas 1.3 días Material Parado	 Movimiento de Materiales Empujado
 Movimiento de Material Tirado	 T/C: 65 seg. C/S: 400 seg. 2 Turnos OEE: 60% Datos de Proceso	 máx. 30 Piezas —FIFO— Flujo de Materiales en Secuencia	 Localizaciones Externas	
 Viernes & Miércoles Transporte por Camión	 Transporte interno	 Supermercado		

Figura 4: Partes del Mapa de Valor
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 40)




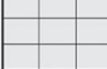






Simbolos del Flujo de Información	 Flujo de Información Manual	 Flujo de Información Electrónico	 Plano Diario Plan de Producción	 Caja de Nivelado
 Kanban de Lote de Producción	 Kanban de Movimiento	 Kanban de Producción	 Movimiento de Kanban en Lote	
 Secuenciador	 Ajustes "Informales" del Plan de Producción			

Figura 5: Partes del Mapa de Valor
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 41)

c) Procedimiento

Socconini (2019) nos da a conocer que el procedimiento es el siguiente:

Establecer familias de productos

Para establecer las familias de productos, se deben listar todos los números de parte e indicar las operaciones por las que pasa un producto, así como anotar el tiempo de ciclo para cada operación.

Una familia es un grupo de números de parte que pasan por el mismo número de operaciones y cuyo tiempo total agregado no excede del 30 % sobre el rango.

Tiempo de ciclo: tiempo que transcurre desde que empieza una operación hasta que termina.

Crear el mapa de valor actual

- Obtener los datos del tiempo de ciclo para cada operación del proceso.
- Obtener los datos de disponibilidad de cada equipo del proceso.
- Obtener el tiempo de cambio de producto en cada operación del proceso
- Determinar los inventarios observados en cada etapa de proceso, empezando con el de materia prima, después los inventarios en proceso y finalmente el de producto terminado.
- Conocer la demanda del cliente, la manera en que pide y las cantidades que solicita.
- Determinar cómo se preparan los pronósticos de compra, la forma de pedir y las cantidades que se piden a las empresas proveedoras.
- Comprender la secuencia de flujo del proceso y de la información.
- Dibujar el símbolo correspondiente al cliente y conectarlo con el símbolo de control de proceso mediante las flechas de información.
- Escribir MRP, si la compañía utiliza MRP para la planificación de los materiales.
- Dibujar las flechas de información hacia la empresa proveedora.
- Conectar al proveedor con el almacén de materiales.
- Dibujar la secuencia de proceso y considerar los inventarios intermedios.
- Dibujar el símbolo del proceso de control de información.

- Usando las casillas de proceso, hacer el siguiente segmento del mapa: procesos básicos de producción.
- Sumar los plazos de cada proceso y de cada triángulo de inventario en el flujo de material para obtener una estimación bastante precisa del plazo de entrega de la producción total.
- Sumar el tiempo de cada proceso de valor agregado o de transformación de la cadena de valor y compararlo con lo obtenido en el punto anterior.
- Realizar mejoras mediante la aplicación de eventos kaizen.

3.3.5.2. Las 5'S

Las 5'S es una herramienta y disciplina que tiene como objetivo mejorar la productividad del lugar de trabajo mediante la implementación de hábitos de orden y limpieza.

También se define las 5'S como la “Técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo” (Hernández & Vizán, 2013, p. 34)

Ventajas de aplicar las 5'S

Rajadell & Sánchez (2010) mencionan que las ventajas son:

- La extraordinaria simplicidad de los conceptos que maneja.
- El gran componente visual y de alto impacto en corto tiempo para el personal, lo cual permite mejorar su participación en nuevas iniciativas de mejora.
- Facilita la comunicación con el resto de los empleados, porque como es sabido, los materiales, componentes y equipos que no se usan se convierten en obstáculos que dificultan las relaciones personales.
- Evita reclamaciones de los clientes relativas a la calidad de los productos.

- La mejora de la calidad de vida en el área de trabajo y la seguridad. (pp. 40-50)

Fases de implantación de las 5'S

Rajadell & Sánchez (2010) nos dan a conocer las siguientes fases:

a) Seleccionar (Seiri)

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios para la tarea que se realiza. Por tanto, consiste en separar lo que se necesita de lo que no se necesita, y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos inútiles que originan despilfarros:

- Incremento de manipulaciones y transportes.
- Accidentes personales.
- Pérdida de tiempo en localizar cosas.
- Obsoletos, no conformes, etc.
- Coste del exceso de inventario.
- Falta de espacio.

La aplicación del Seiri comporta:

- Separar aquello que es realmente útil de aquello que no lo es.
- Mantener lo que se necesita y eliminar lo que sobra.
- Separar los elementos necesarios según su uso y a la frecuencia de utilización.
- Aplicar estas normas tanto a materiales tangibles (herramientas, máquinas, piezas, etc.) como intangibles (información, ficheros, etc.).

Los beneficios del Seiri se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Liberación de espacio útil en plantas y oficinas.
- Reducción del tiempo necesario para acceder a los materiales, herramientas, utillajes, etc.

- Facilidad para el control visual.
- Aumento de la seguridad en el lugar de trabajo.

b) Ordenar (Seiton)

Organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se puedan encontrar con facilidad. Para esto se ha de definir el lugar de ubicación de estos elementos necesarios e identificarlos para facilitar la búsqueda y el retorno a su posición. La actitud que más se opone a lo que representa Seiton, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del Seiton comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado.
- Evitar duplicidades (cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa).

Los beneficios del Seiton se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Una mayor facilidad para el acceso rápido a los elementos que se necesitan.
- Una mejora en la productividad global de la planta.
- Un aumento de la seguridad en el lugar de trabajo.
- Una mejora de la información para su accesibilidad y localización.

Reglas de sentido común para ordenar las cosas:

1. Eliminar la suciedad, el polvo, el óxido, la electricidad estática y otras partículas extrañas, colocando los artículos en sobres, cajas de plástico o recubriéndolos con inhibidores de corrosión.

2. Decidir los niveles de existencias (máximo y mínimo). Los indicadores de cantidad limitan el número de estantes y espacios a utilizar para mantener stocks. Cuando no se pueden señalar cantidades exactas, al menos hay que indicar cantidades máximas y mínimas.
3. Ordenar los objetos de manera que las personas no tropiecen con ellos, delimitando zonas de paso, de almacenamiento, etc.
4. Organizar estantes y muebles en lugares específicos.
5. Ordenar las áreas de almacenaje para facilitar el transporte y para que los artículos se almacenen y utilicen preferentemente por el método FIFO (first in first out). Etiquetar y asignar números de localización a las áreas de almacenaje e indicar el punto de pedido (unidades disponibles en el momento de lanzar una orden de aprovisionamiento), el tamaño del lote y el plazo de entrega.
6. Ordenar las cosas según líneas rectas, en ángulos rectos, en vertical o en paralelo.
7. Marcar en rojo los contenedores y estantes de artículos defectuosos o de rechazo.
8. No colocar nunca cosas directamente sobre el suelo.
9. Escribir claramente las indicaciones de las localizaciones. Confeccionar, colocar o colgar placas o tableros de señales que indiquen de forma clara, los nombres de las cosas, los códigos de los estantes o muebles para definir el lugar en donde debe colocarse cada cosa. (pp. 54-56)

c) **Limpieza e inspección (Seiso)**

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar el fuguai (palabra japonesa traducible por defecto) y eliminarlo. En otras palabras, Seiso da una idea de anticipación para prevenir defectos. La aplicación del Seiso comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de las causas de la suciedad que en las de sus consecuencias.

Los beneficios del Seiso se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Una reducción del riesgo potencial de accidentes.
- Un incremento de la vida útil de los equipos.
- Una reducción del número de averías.
- Un efecto multiplicador porque la limpieza tiende a la limpieza.

d) **Estandarizar (seiketsu)**

Seiketsu es la metodología que permite consolidar las metas alcanzadas aplicando las tres primeras “S”, porque sistematizar lo hecho en los tres pasos anteriores es básico para asegurar unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para aplicar un procedimiento o una tarea de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales.

La estandarización fija los lugares donde deben estar las cosas y donde deben desarrollarse las actividades, y en especial la limpieza e inspecciones, tanto de elementos fijos (máquinas y

equipamiento) como móviles (por ejemplo, lo que nos llega de los proveedores).

La aplicación del seiketsu comporta:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras “S”.
- Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que estos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la enorme importancia de aplicar los estándares.

Los beneficios del seiketsu se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Un conocimiento más profundo de las instalaciones.
- La creación de hábitos de limpieza.
- El hecho de evitar errores en la limpieza, que en algunas ocasiones pueden provocar accidentes.
- Una mejora manifiesta en el tiempo de intervención sobre averías.

e) Disciplina (shitsuke)

Shitsuke se puede traducir por disciplina o normalización, y tiene por objetivo convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Uno de los elementos básicos ligados a shitsuke es el desarrollo de una cultura de autocontrol, el hecho de que los miembros de la organización apliquen la autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S, siendo ésta la fase más fácil y difícil a la vez:

- La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas.

- La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación.

La aplicación del shitsuke comporta:

- Respetar las normas y estándares reguladores del funcionamiento de una organización.
- Reflexionar sobre el grado de aplicación y cumplimiento de las normas.
- Mantener la disciplina y la autodisciplina, mejorando el respeto del propio ser y de los demás.
- Realizar auditorías que deben ser conocidas por todos los miembros del equipo para facilitar la autoevaluación.

Los beneficios del shitsuke se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos.
- Una mejora del ambiente de trabajo, que contribuirá al incremento de la moral. (pp. 58-70)

3.3.5.3. SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambios rápidos)

Socconini (2019) refiere que:

SMED (Single Minute Exchange of Die) significa cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de 10 minutos.

El tiempo de cambio es el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza buena de un lote anterior, hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote después del cambio.

SMED se utiliza cuando necesitamos reducir los tiempos de ciclo aprovechando al máximo el tiempo disponible para producir y utilizando menos tiempo para cambiar herramientas. (p. 186)

a) Fases de la metodología SMED

Hernández & Vizán (2013) mencionan que:

Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación. Estos estudios suelen encuadrarse en cuatro fases bien diferenciadas:

Fase 1: Diferenciación de la preparación externa y la interna

Por preparación interna, se entienden todas aquellas actividades que para poder efectuarlas la máquina se detiene.

La preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona.

El principal objetivo de esta fase es separar la preparación interna de la preparación externa, y convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa. Para convertir la preparación interna en preparación externa y reducir el tiempo de esta última, son esenciales los puntos siguientes:

- Preparar previamente todos los elementos: plantillas, técnicas, troqueles y materiales...
- Realizar el mayor número de reglajes externamente.
- Mantener los elementos en buenas condiciones de funcionamiento.
- Crear tablas de las operaciones para la preparación externa.
- Utilizar tecnologías que ayuden a la puesta a punto de los procesos.
- Mantener el buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de los elementos principales y auxiliares (5S).

Fase 2: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones

Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo. A tales efectos se consideran clave para la mejora continua de las mismas los siguientes puntos:

- Estudiar las necesidades de personal para cada operación.
- Estudiar la necesidad de cada operación.
- Reducir los reglajes de la máquina.
- Facilitar la introducción de los parámetros de proceso.
- Establecer un estándar de registro de datos de proceso.
- Reducir la necesidad de comprobar la calidad del producto.

Fase 3: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo

Todas las medidas tomadas a los efectos de reducir los tiempos de preparación se han referido hasta ahora a las operaciones o actividades. La siguiente fase debe enfocarse a la mejora del equipo:

- Organizar las preparaciones externas y modificar el equipo de forma tal que puedan seleccionarse distintas preparaciones de forma asistida.
- Modificar la estructura del equipo o diseñar técnicas que permitan una reducción de la preparación y de la puesta en marcha.
- Incorporar a las máquinas dispositivos que permitan fijar la altura o la posición de elementos como troqueles o plantillas mediante el uso de sistemas automáticos.

Fase 4: Preparación Cero

El tiempo ideal de preparación es cero por lo que el objetivo final debe ser plantearse la utilización de tecnologías adecuadas y el diseño de dispositivos flexibles para productos pertenecientes a la misma familia. Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se traducen en una mayor capacidad de respuesta rápida a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad de la línea), permitiendo la aplicación posterior de los principios y técnicas Lean como el flujo pieza a pieza, la producción mezclada o la producción nivelada. (pp. 43-44)

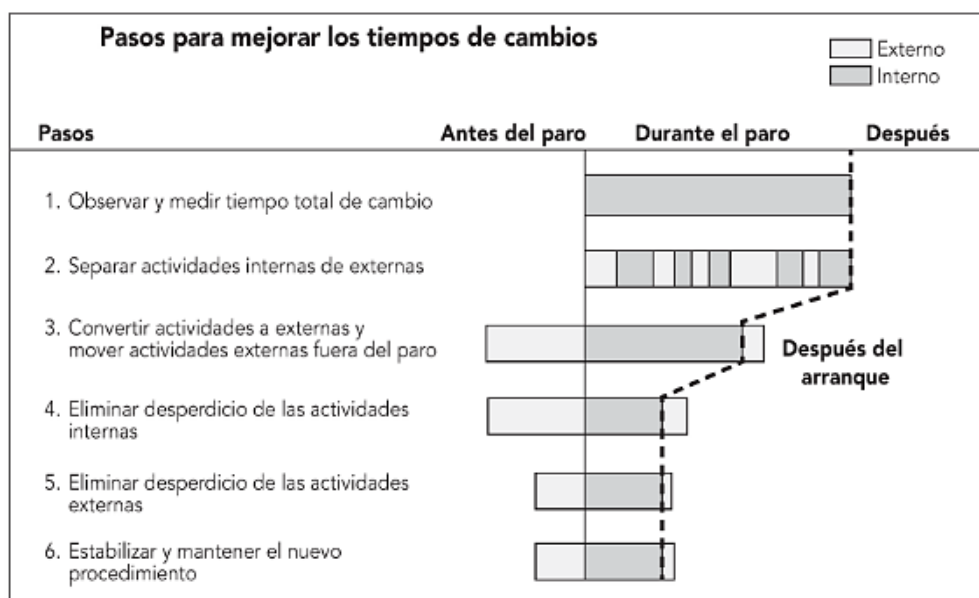


Figura 6: Procedimientos de SMED

Fuente: (Socconini, LEAN MANUFACTURING PASO a PASO, 2019, p.187)

3.3.5.4. AMEF

AMEF es una herramienta que nos ayuda evaluar y reconocer fallas potenciales de productos y procesos además de los efectos de estas.

Socconini (2019) refiere que:

El AMEF es una herramienta muy poderosa que permite identificar fallas en productos y procesos y evaluar objetivamente sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un

método documentado de prevención. Además, el AMEF es un documento vivo en el que podemos almacenar una gran cantidad de datos sobre nuestros procesos y productos, por lo que constituye una Fuente invaluable de información. (p.198)

a) Tipos de AMEF

Según Socconini (2019) existen 4 tipos:

- **Producto:** Sirve para detectar posibles fallas en el diseño de productos y anticiparse al efecto que puedan tener en el usuario o proceso de fabricación.
- **Proceso:** Es un análisis de las Fallas que pueden suceder en cada etapa del proceso y se utiliza para prevenir que esas Fallas tengan efectos negativos en el usuario del producto o servicio o en etapas posteriores del proceso.
- **Sistemas:** Se utiliza en el diseño del software para anticipar fallas en su funcionamiento.
- **Varios:** Existen AMEF para muchos otros tipos de fallas que generen efectos negativos y cuyas causas deban documentarse para anticipar problemas. (p.198)

b) Procedimiento para llevar a cabo el AMEF

Socconini (2019) refiere el siguiente procedimiento, ver figura 7, 8, 9 y 10.

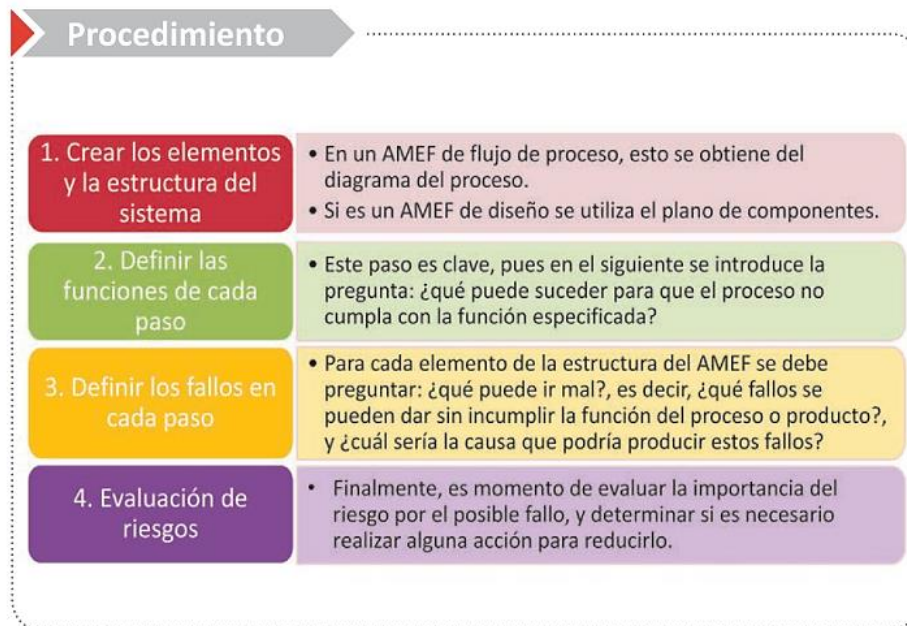


Figura 7: Procedimiento para realizar un AMEF
Fuente: (Socconini, Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación, 2019, p. 241)

1.- Crear los elementos y estructura del sistema

- Estructurado jerárquicamente (forma árbol).
- Se crea de lo general a lo particular, con tantos niveles como sea necesarios.

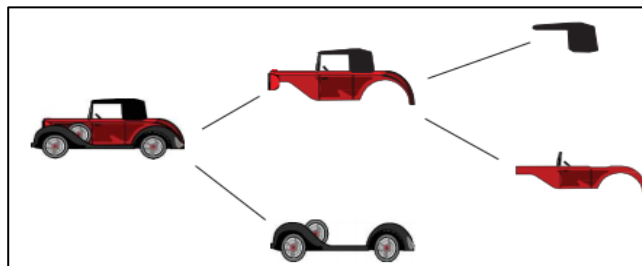


Figura 8: Procedimiento para realizar un AMEF
Fuente: (Socconini, Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación, 2019, p. 241)

2.- Definir las funciones de cada paso

- Las especificaciones y requerimientos son básicos para el proceso.
- Colocar funciones de nivel superior en términos generales.

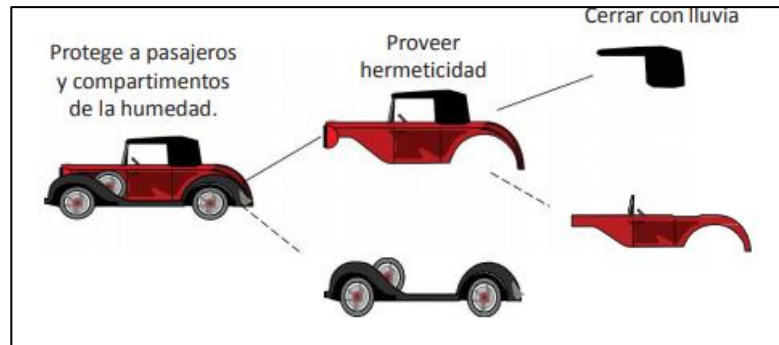


Figura 9: Procedimiento para realizar un AMEF

Fuente: (Socconini, Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación, 2019, p. 242)

3.- Definir las fallas en cada paso

- Agregar todos los posibles mal funcionamientos a cada función, desde el elemento raíz hasta los elementos del sistema.

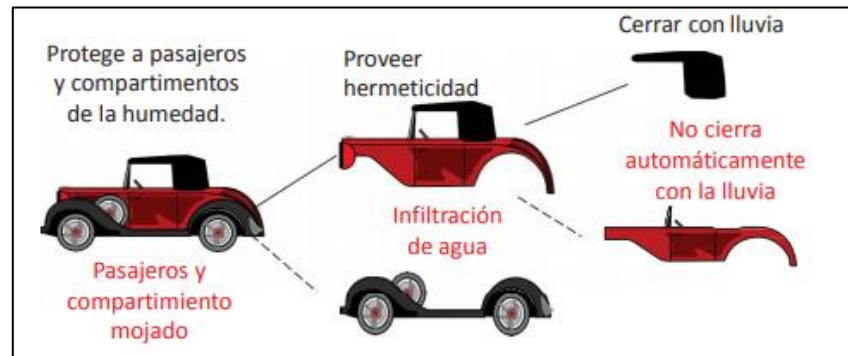


Figura 10: Procedimiento para realizar un AMEF

Fuente: (Socconini, Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación, 2019, p. 243)

4.- Evaluación de riesgos

Métodos de control:

- Medidas preventivas: Actividades planeadas para evitar la ocurrencia.
- Medidas de detección: Actividades para la detección de la causa o el modo de falla resultante.

Evaluación:

- Severidad: Con respecto al defecto
- Ocurrencia: Probabilidad de ocurrencia de la causa de la falla

- Detección: Probabilidad de no detectar la causa o el modo de falla. (pp.241 – 244)


Como herramienta de análisis tenemos el RPN que nos permite dar valor a los riesgos y fallos dentro de un producto o proceso.

RPN (Risk Priority Number) Número de prioridad de riesgos= S x O x D

CALIFICACIÓN	SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCIÓN
1	Menor: Cliente no lo nota	$x < 1$ ppm	Muy Alta: Probabilidad de detectar el defecto (siempre)
2	Baja: Ligera incomodidad del Cliente, probablemente note un pequeño deterioro	$1 < x < 250$	Alta: Probabilidad de detectar el defecto (casi siempre)
3			
4	Media: Alguna insatisfacción del Cliente, nota un deterioro en el desempeño del producto	$250 < x < 12,500$	Moderada: Se puede detectar el defecto
5			
6			
7	Alta: Alto grado de insatisfacción del Cliente, hace inoperable el producto	$12,500 < x < 50,000$	Baja: Probablemente no se detecte el defecto
8			
9	Muy Alta: Cliente molesto, producto inseguro	$50,000 < x$	No se puede detectar
10			

Figura 11: RPN

Fuente: (Socconini, Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación, 2019, p. 245)

Núm.	Función del proceso	Modo de fallo	Efecto de fallo	Mecanismo de fallo	Controles para modo de fallo		RPN
	¿Cuál es la función del proceso?	¿Qué puede fallar? ¿Qué defecto se puede generar?	¿En qué puede afectar? ¿Qué consecuencia puede tener?		OCC	DECT	
3	Ensamblar conector y ventiladores en chasis	Conector invertido	 Explotar al conectar a la corriente	9	4	4	144

Acciones correctivas recomendadas	Responsable y fecha	Acciones implementadas y fecha de efectividad	SEV	OCC	DECT	RPN
1. Accesorios (poka-yoke) para asegurar el ensamble correcto del conector	P.J. Fox (10/10/2019)	1. Accesorios	9	1	1	9
2. Prueba funcional de la fuente al 100 % del producto	M.F. Ruiz (10/10/2019)	2. Prueba funcional al 100 %				



Figura 12: Cuadro de análisis de modo y efecto falla de un proceso

Fuente: (Socconini, Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación, 2019, p. 246)

3.3.5.5. Poka Yoke

Es una herramienta creada en los años 60's por Shigeo Shingo. El menciona que la gran mayoría de los defectos se generan por fallos humanos y pensó que la mejor manera es asegurando la calidad durante las operaciones. Es por ello esta herramienta busca eliminar o prevenir equivocaciones, ya sean de ámbito humano o automatizado.

a) Categoría de los elementos Poka Yoke

Socconini (2019) refiere lo siguiente:

Los dispositivos poka yoke son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en defectos, y permiten que los operadores se concentren en sus actividades. Los sistemas poka yoke permiten realizar la inspección al 100 % y, por ende, emprender acciones inmediatas cuando se presentan defectos. En la aplicación de Lean Manufacturing una regla muy importante es que ninguna operación mande productos defectuosos a la siguiente operación, porque se interrumpe el flujo continuo y se empieza la generación de excesos o mudar. (p.209)

Según Socconini (2019) existen cuatro Fuentes de los defectos

Materiales

- Dañados.
- Equivocados.
- Que no cumplen con las especificaciones
- Obsoletos.

Mano de obra

- Mala capacitación
- Errores inadvertidos
- Equivocaciones
- Descuidos
- Mal uso de los equipos

Métodos

- Incompletos
- Poco comprensibles o complejos
- Obsoletos
- Falta de documentación

Maquinaria

- Mantenimiento
- Malos ajustes
- Cambios deficientes
- Suciedad y contaminantes hacia los productos
- Instalaciones inadecuadas. (p.209)

b) Clasificación de los mecanismos Poka Yoke

Socconini (2019) define 4 tipos de Poka Yoke:

1) Poka Yokes Físicos: Estos dispositivos orientados a prevenir errores en productos y/o procesos, sirve para identificar errores o inconsistencias físicas.

2) Poka Yokes secuenciales: Estos dispositivos buscan la manera de seguir un orden predeterminado, debido a que cualquier cambio u omisión en el mismo puede resultar en error.

3) Poka Yokes de agrupamiento: Estos dispositivos utilizan kits que preparan los elementos como materiales o piezas, de tal manera que se tenga todo listo y no falte ninguno al realizar la operación.

4) Poka Yokes de información: Estos sistemas retroalimentan a la persona con información clara, sencilla y completa de lo que es necesario para evitar errores. (pp. 211-212)

3.3.6. Prueba de hipótesis

3.3.6.1. Diferencia de Medias

Moral (2006) menciona que hay pruebas paramétricas y no paramétricas:

a) Prueba paramétrica para datos independientes en la comparación de dos grupos

En toda prueba existe una hipótesis nula que es normalmente la igualdad de medias, frente a la hipótesis alternativa, que engloba la existencia de un rasgo diferencial entre las medias, es decir, no son iguales. En la prueba t de Student, el estadístico de contraste utilizado para probar la hipótesis nula planteada (las medias de los dos grupos son iguales) se construye en función de las diferencias registradas entre los valores de la variable de estudio evaluada en cada uno de los grupos a comparar. Para ello se utiliza la información procedente de las medias y desviaciones estándar (medidas resumen) de cada uno de los grupos de estudio. El estadístico que se calcula varía ligeramente en base a si las varianzas de los dos grupos en estudio son conocidas, desconocidas pero iguales o desconocidas y distintas.

El primer problema para resolver es el de encontrar un método estadístico que nos permita decidir si la varianza en ambos grupos es o no la misma.

El test de la razón de varianzas o test de Levene viene a resolver este problema. Bajo la suposición de que las dos poblaciones siguen una distribución normal y tienen igual varianza ($H_0: \sigma_1 = \sigma_2$) se espera que la razón de varianzas siga una distribución F de Snedecor con parámetros (n-1) y (m-1):

$$F = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{\hat{S}_1^2}{\hat{S}_2^2}$$

Esta prueba permitirá conocer si las varianzas de los dos grupos de observaciones son o no iguales. Si su p-valor es menor a 0,05,

rechazaremos la hipótesis nula y supondremos que la variabilidad en ambos grupos es sustancialmente distinta (varianzas no homogéneas). Por lo tanto, el estadístico a calcular variará ligeramente en función de las variabilidades muestrales. El estadístico para utilizar sería el siguiente. (p.167)

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)\hat{S}_1^2 + (m-1)\hat{S}_2^2}{n+m-2}} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}$$

b) Pruebas no paramétricas en la comparación de medias para datos independientes

Las pruebas no paramétricas se basan mayoritariamente en la ordenación de las observaciones registradas en la muestra. Para poder cuantificar dicha ordenación se identifican los valores reales registrados en la variable de interés con unos valores llamados rangos. El valor del rango que se asigna a cada una de las observaciones de la muestra es un número natural que oscila entre 1 y n, donde n es el tamaño de la muestra, y que identifica el tipo de ordenación realizada por la prueba en cuestión.

La manera en que se asignan los rangos (se realiza la ordenación) dependerá de la hipótesis planteada y por tanto de la prueba no paramétrica que sea necesario utilizar. (p.172)

3.3.6.2. Comparación de medias: pruebas para datos apareados

Moral (2006) refiere lo siguiente:

Que la base de las pruebas para la comparación de medias apareadas consiste en analizar las diferencias entre las observaciones de un mismo individuo. Suponiendo que la variable aleatoria que define la diferencia entre dos observaciones registradas en un mismo individuo (modelo antes-después) fuera una variable aleatoria que se distribuyera normalmente, y queremos contrastar la hipótesis de que

se produjo un efecto entre ambas observaciones (cambio). En el caso de resultar cierta, el estadístico de contraste que utilizaríamos se distribuiría según la ley de probabilidad de la t de Student, por lo que la prueba que resultaría más adecuada sería la prueba paramétrica de la t de Student para datos apareados. El estadístico de contraste desarrollado a partir del planteamiento de la hipótesis a contrastar es:

$$t = \frac{\bar{d}}{\hat{S}_d} \sqrt{n}$$

donde:

d: media muestral de la diferencia entre las observaciones “pre” y “post”.

n: tamaño de la muestra.

Sd: desviación estándar muestral de las diferencias.

tn-1: ley de probabilidad de la t de Student con n-1 grados de libertad.

El cálculo del intervalo de la diferencia de medias al 95% de confianza, responde a la siguiente fórmula (p.176)

$$\left(\bar{d} \pm t_{0.975}^{n-1} \frac{\hat{S}_d}{\sqrt{n}} \right)$$

3.3.6.3. Pruebas no paramétricas para datos apareados en la comparación de dos grupos

Moral (2006) refiere los siguiente:

La prueba de contraste de hipótesis análoga, en su versión no paramétrica es la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Básicamente, la prueba consiste en ordenar las diferencias de menor a mayor y obtener sus rangos respectivos. A continuación, se suman los rangos correspondientes a las diferencias negativa y a las diferencias positivas, es decir cuando la primera observación es mayor que la segunda, y a la inversa, cuando la segunda observación es mayor a la

primera. Una vez construido el estadístico de contraste se evalúa a partir de las tablas de Wilcoxon si se encuentra dentro de la región crítica, para decidir si se acepta la hipótesis nula (no hay diferencias en las observaciones apareadas) o se rechaza (si las hay). (p.177)

3.4. Definición de términos básicos

- a) Raspado. - Operación que consiste en retirar la cocada de caucho del neumático.
- b) Productividad. - Relación entre los productos obtenidos y los recursos utilizados para dicho fin.
- c) Tiempos muertos. - Refiere a todos los tiempos que no agregan valor al producto.
- d) Cocada. - Nombre común que se le da al diseño de la banda de rodamiento.
- e) Escareado. - Operación que consiste en cortar todos los alambres expuestos que estén dentro de los límites aceptables.
- f) Envelope e inner. - Elementos utilizados para lograr el vacío y presión en los neumáticos a vulcanizar.
- g) Datos apareados. - Refiere cuando en el momento del análisis se desea tener en cuenta que unos ciertos valores se hallan agrupados de forma natural (2 o más mediciones efectuadas en el mismo individuo) o artificial (casos/testigos con correspondencia entre cada caso y un testigo de las mismas características).
- h) Prueba paramétrica. - Es una herramienta estadística que se utiliza para el análisis de los factores de la población. Esta muestra debe cumplir ciertos requisitos como el tamaño, ya que mientras más grande sea, más exacto será el cálculo.

CAPÍTULO IV: HIPÓTESIS

4.1. General

La aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing reducen los tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos.

4.2. Específicas

- a) La aplicación del método 5´S influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos.

- b) La aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos.

- c) La aplicación del método SMED influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos.

4.3. Variables

4.3.1. Definición conceptual de las variables independientes

Tabla 1: Definición conceptual de las variables independientes

PROBLEMA	TIPO	VARIABLE	DEFINICIÓN	TÉCNICAS
¿En qué medida la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing reduce los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Lean Manufacturing	Según Socconini (2019): Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo.	Técnicas de recolección de datos Para la información se procederá a recoger información mediante observación directa y revisión de los registros de tiempos por cada operación del proceso de reencauche. También se desarrolló un formato de evolución de situación actual del proceso de reencauche basado en la metodología 5'S.
¿En qué medida influye la aplicación del método de las 5'S en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Metodología 5'S	Según Socconini (2019): Las 5 S constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando cambios en los procesos en cinco etapas, cada una de las cuales servirá de fundamento a la siguiente, para así mantener sus beneficios a largo plazo.	Técnicas de procesamiento de datos: Para la presente investigación se utilizó el programa Microsoft Excel para el procesamiento de data del proceso de reencauche.
¿En qué medida la aplicación del método Poka Yoke en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Metodología Poka Yoke	Según Socconini (2019): Los dispositivos Poka Yoke son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en defectos, y permiten que los operadores se concentren en sus actividades.	Específicamente un diagrama Pareto, un diagrama lineal, un diagrama Ishikawa y una lista de observaciones.
¿En qué medida influye la aplicación del método SMED en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Metodología SMED	Según Socconini (2019): Single minute exchange of die (SMED) significa cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de diez minutos. El tiempo de cambio es el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza buena de un lote anterior, hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote después del cambio.	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

4.3.2. Definición conceptual de las variables dependientes

Tabla 2: Definición conceptual de variables dependientes

PROBLEMA	TIPO	VARIABLE	DEFINICIÓN	TÉCNICAS
¿En qué medida la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing reduce los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos muertos	Se refiere a los tiempos que no agregan valor añadido al producto debido a fallos, paros, reprocesos, traslados y desorganización.	Técnicas de recolección de datos Para la información se procederá a recoger información mediante observación directa y revisión de los registros de tiempos por cada operación del proceso de reencache. También se desarrolló un formato de evolución de situación actual del proceso de reencache basado en la metodología 5'S.
¿En qué medida influye la aplicación del método de las 5'S en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos muertos por desorganización	Se refiere a los tiempos que no agregan valor añadido al producto debido a una falta de organización en el proceso de reencache.	Técnicas de procesamiento de datos: Para la presente investigación se utilizó el programa Microsoft Excel para el procesamiento de data del proceso de reencache. Específicamente un diagrama Pareto, un diagrama lineal, un diagrama Ishikawa y una lista de observaciones.
¿En qué medida la aplicación del método Poka Yoke en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos muertos por reprocesos de operaciones	Se refiere a los tiempos que no agregan valor añadido al producto debido a fallos y olvidos durante el desarrollo de las operaciones de reencache.	
¿En qué medida influye la aplicación del método SMED en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos por preparaciones ineficientes.	Se refiere a los tiempos que no agregan valor añadido al producto debido a una a cambios de herramientas, preparación de materia prima lentos y traslados innecesarios.	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

4.3.3. Operacionalización de las Variables Independientes

Tabla 3: Operacionalización de variables independientes

PROBLEMA	TIPO	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR
¿En qué medida la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing reduce los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Lean Manufacturing	5'S, Poka Yoke, SMED.	
¿En qué medida influye la aplicación del método de las 5'S en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Metodología 5'S	Clasificación, organización, limpieza, estandarización, disciplina.	
¿En qué medida la aplicación del método Poka Yoke en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Metodología Poka Yoke	Identificación de fallos, dispositivo Poka Yoke.	
¿En qué medida influye la aplicación del método SMED en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencachadora de neumáticos?	VARIABLE INDEPENDIENTE	Metodología SMED	Identificación de actividades internas, identificación de actividades externas.	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

4.3.4. Operacionalización de variables dependientes

Tabla 4: Operacionalización de variables dependientes

PROBLEMA	TIPO	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR
¿En qué medida la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing reduce los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos muertos	Tiempos por desorganización, tiempos por reprocesos y paros, tiempos por preparaciones lentas y traslados innecesarios	SI
¿En qué medida influye la aplicación del método de las 5'S en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos muertos por desorganización	Tiempos, búsqueda de materia prima y herramientas.	I1= Tiempos por desorganización actual / Tiempos de desorganización mejorado
¿En qué medida la aplicación del método Poka Yoke en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos muertos por reprocesos de operaciones	Tiempos, fallos u olvidos de operación.	I2= Tiempos de preparación de herramientas y operaciones actual / Tiempo mejorado de preparación de herramientas y operaciones
¿En qué medida influye la aplicación del método SMED en la reducción de los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos?	VARIABLE DEPENDIENTE	Tiempos por preparaciones ineficientes.	Tiempos, preparación de herramientas o de la operación, traslados innecesarios.	I3= Tiempos por reprocesos actual / Tiempo mejorado por reprocesos

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

4.4. Tipo y método de investigación

El tipo de investigación será cuantitativa ya que según Hernández et al (2014) el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas; se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (p. 4)

De alcance descriptivo, según Hernández et al (2014) una investigación de alcance descriptivo busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (p.92)

Y también de alcance explicativo que “los estudios explicativos pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian”. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 95)

Con un diseño transversal por recopilar la información en un momento específico.” El propósito de la investigación transversal es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.154)

Y cuasi experimental, ya que según Hernández et al (2014):

Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes además los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se integraron es independiente o aparte del experimento). (p.151)

4.5. Población de estudio

La población del presente trabajo de investigación comprende al proceso de reencauche de la empresa Conti Tread Perú S.A.C. en lapso de enero del 2019 a octubre del 2020; esta cuenta con 8 operaciones: Inspección inicial, Raspado, Escareado y reparación, Relleno y aplicación del Cojín, Embandado, Envelopado, Vulcanización, Inspección final.

4.6. Diseño Muestral

El diseño de la muestra será una muestra no probabilística, ya que según Hernández et al (2014) La elección de los elementos de la muestra no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. (p.176)

Por ello en la presente investigación se tomo la decisión de considerar tanto la unidad de análisis, la población y la muestra como el proceso de reencauche y sus operaciones que lo conforman como son: Inspección inicial, Raspado, Escareado y reparación, Relleno y aplicación del Cojín, Embandado, Envelopado, Vulcanización, Inspección final. Ya que en estas se identifican las variables necesarias para el desarrollo de la investigación, las cuales son los tiempos muertos.

4.7. Relación de variables

Variable independiente: Al ser una investigación cuasiexperimental, “La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.129). La variable dependiente para esta investigación es “Aplicación de las herramientas del lean manufacturing”.

Variable dependiente: Al ser una investigación cuasiexperimental, “La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella” (Hernández, Fernández,

& Baptista, 2014, p.131). La variable dependiente para esta investigación es los “tiempos muertos de una empresa de reencauche”.

4.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se procederá a obtener información mediante observación directa, revisión de la hoja de registro de producción y toma tiempos por cada operación.

Se desarrollarán distintos instrumentos para algunas herramientas lean específicas como en el caso de la herramienta 5'S donde usaremos un cuestionario de evaluación de orden y limpieza; para el caso Poka Yoke se hará uso de la tabla AMEF que nos permite identificar en que operaciones hay fallas y donde se aplicará Poka Yoke y como herramienta general será la toma de tiempos y seguimiento de cada operación. Además de un diagrama Pareto donde observaremos donde ocurren la gran mayoría de tiempos muertos, el diagrama de Ishikawa y un check list para el seguimiento del procedimiento.

4.9. Procedimientos para la recolección de datos

El procedimiento para la recolección se realizara en el area de reencauche de neumaticos de la empresa CONTI TREAD PERÚ S.A.C. , respecto a la recoleccion de datos en el caso de la herramienta 5'S se le hará mediante la observación y una entrevista acerca del el orden y limpieza del proceso basándose en los componentes de las 5'S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke.

Con respecto a la herramienta Poka Yoke se hará uso de los registros de fallos dentro de las operaciones que nos brindara el asistente de planta ,para identificar en que estacion de trabajo ocurren la mayoría de fallos de operación.

Para la recolección de tiempos se hará el uso de la información de los tiempos y producción de meses pasados y la recolección de otros tiempos que no estén en el registro de la empresa haciendo un seguimiento cronometrado de cada operación del proceso de reencauche. Para luego analizar la informacion en un diagrama pareto.

4.10. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el proyecto de investigación se utilizó el programa Microsoft Excel para el procesamiento de data de producción de cada proceso de producción y análisis estadístico de los datos recolectados.

Para el análisis de las 5´S se analizará el antes y el después con un formato de evaluación que conformada por cada S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke.

También, se van a utilizar herramientas que permitan tener una visión y otra para analizar los datos en el presente y el futuro como un diagrama de Pareto para evaluar la frecuencia de tiempos muertos por operación, Diagrama de Ishikawa y el check list del procedimiento por cada herramienta Lean implementada.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Presentación de Resultados

5.1.1. Descripción de la Realidad

5.1.1.1. Antecedentes de la Empresa

El proyecto se originó cuando Continental propuso al gerente de Grupo San Martín la apertura de una planta de reencauche el año 2015 dado que en ese tiempo existían pocas empresas formales en el mercado, con toda la capacitación y asesoramiento adoptados en 2018 se inauguraría la planta de reencauche con una razón social diferente a la actual comenzando las primeras pruebas con “ajustes de llanta nuevas”, y realizándose la primera vulcanización en marzo 2018. En 2019 pasaría por el cambio de razón social hasta llegar a conocerse como Conti Tread.

5.1.1.2. Misión

Incrementar la vida útil de los neumáticos mediante el renovado de las bandas de rodamiento con la colaboración conjunta de una fuerza de trabajo y tecnologías especializadas, contribuyendo de esa manera a reducir los costos de nuestros clientes y cuidar el medio ambiente a través de la reutilización de cascos Premium.

5.1.1.3. Visión

Ser una empresa de reencauche posicionada entre las 10 mejores del país, caracterizándonos por mantener una alta calidad en nuestros procesos, agradable clima laboral para nuestros colaboradores, responsabilidad social y medioambiental para asegurar un crecimiento sostenible.

5.1.1.4. Organigrama general actual de la empresa Conti Tread Peru S.A.C. octubre 2020

En la Figura 13 se observa Organigrama general de la empresa al momento de recoger la información.

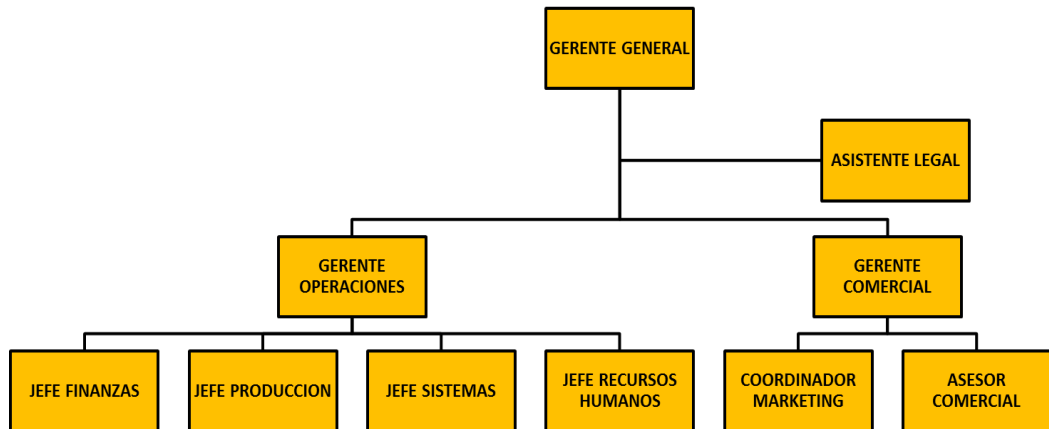


Figura 13: Organigrama General Actual de la Empresa Conti Tread Peru S.AC. Octubre 2020
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

5.1.1.5. Organigrama funcional actual de la unidad de producción de la empresa Conti Tread Peru S.A.C. octubre 2020

En la Figura 14 se observa el organigrama funcional de la unidad de producción al momento de recoger la información.

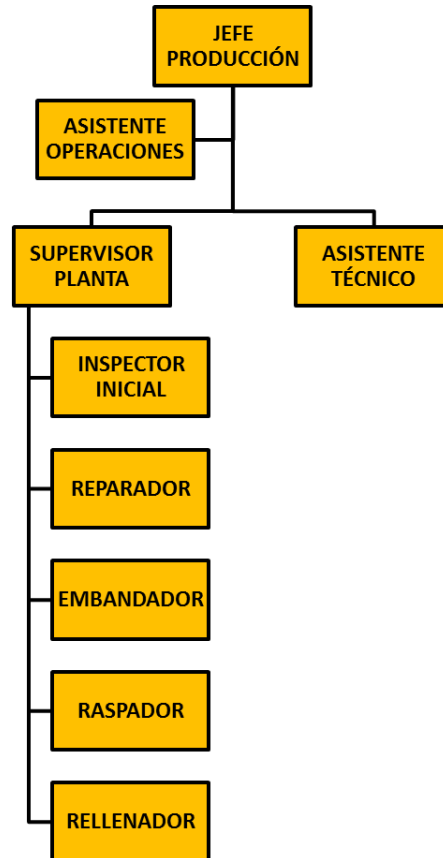


Figura 14: Organigrama Funcional Actual de la Unidad de Producción de la Empresa Conti Tread Peru S.A.C. octubre 2020.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

5.1.1.6. Layout actual del área de Reencauche

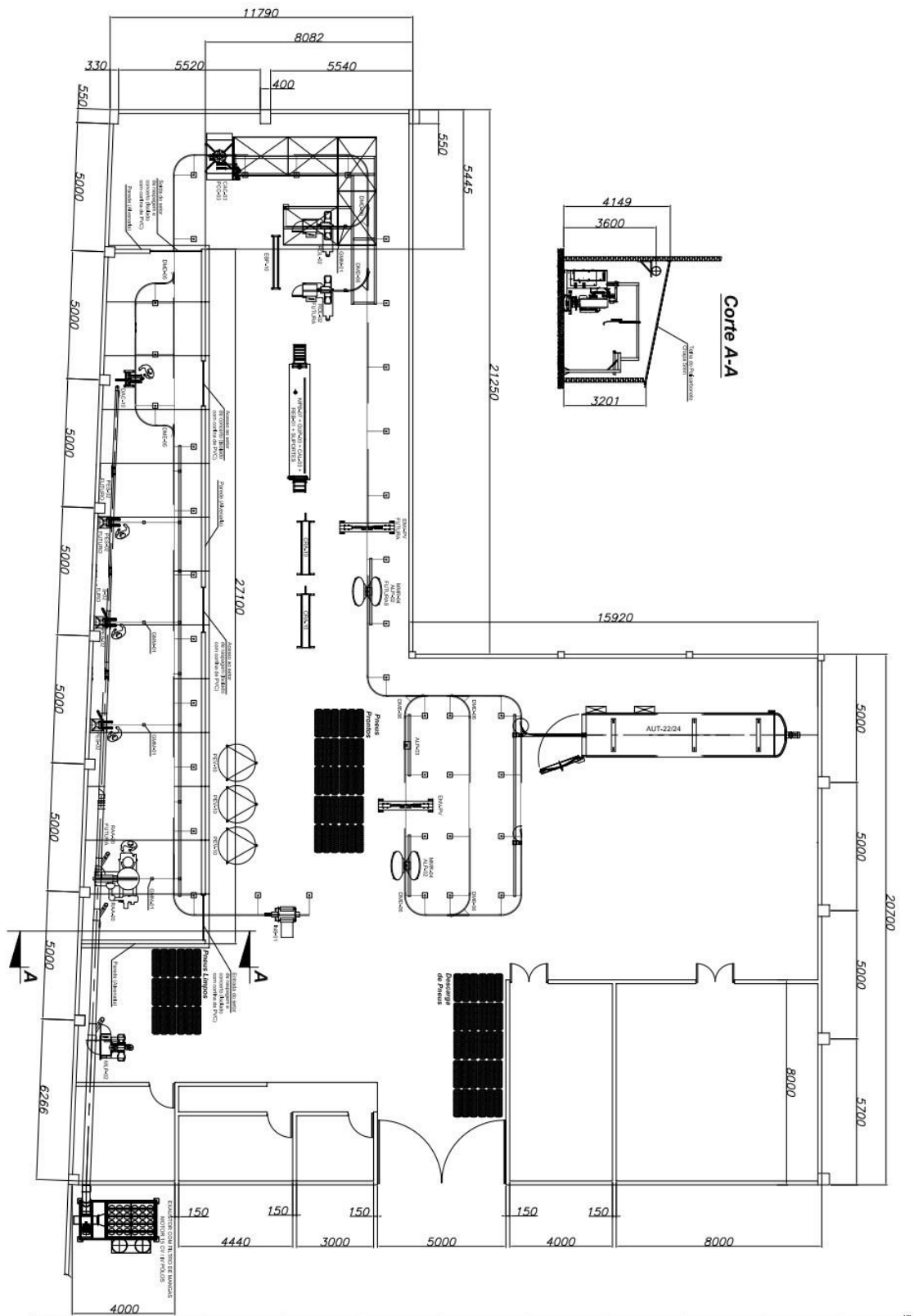


Figura 15: Layout Conti Tread Peru S.A.C.
Fuente: Datos de la empresa.

5.1.2. Análisis de la realidad

5.1.2.1. Evaluación Interna

En la observación interna tanto al proceso de reencauche como a las instalaciones se identificaron desplazamientos que se repiten demasiado y que no aportan valor al proceso sino más bien incrementan el total de tiempos muertos, la desorganización en el almacén de materia prima generaba demora en la búsqueda de los materiales, pero el desorden en los racks y mesas de trabajo también influían de manera negativa en la velocidad de encuentro de aquello que se buscara. Los procesos se realizan de manera cíclica y por la misma monotonía del trabajo hay veces en las que se presentan fallos en las operaciones que no se identifican hasta terminado el proceso de reencauche y otras veces se identifican en las estaciones siguientes. El equipo de trabajo mantiene una comunicación fluida lo cual es bueno para la implementación de este proyecto e identificación de mejores soluciones a los problemas.

5.1.2.2. Evaluación Externa

El desarrollo de las flotas de buses sigue en proceso de reactivación e incremento de actividades, además los tráilers y camiones (principales clientes de Conti Tread) continúan en funcionamiento por ende la demanda sigue teniendo buenas proyecciones para la planta, como suceso adicional se han cerrado tres de las principales plantas de reencauche como son *Bandag*, *Lima Caucho* y *PTS* ello deja disponible mayor cantidad de mercado para Conti Tread.

5.1.2.3. Identificación de la zona piloto en el área de Reencauche

De acuerdo con la evaluación externa y a la información brindado por el jefe de planta y su asistente, se pudo analizar que la mayoría de los problemas en el área ocurren durante el proceso de sellado. Por lo cual, se ha designado una zona piloto como objetivo de estudio, para analizar a detalle los problemas durante este proceso.

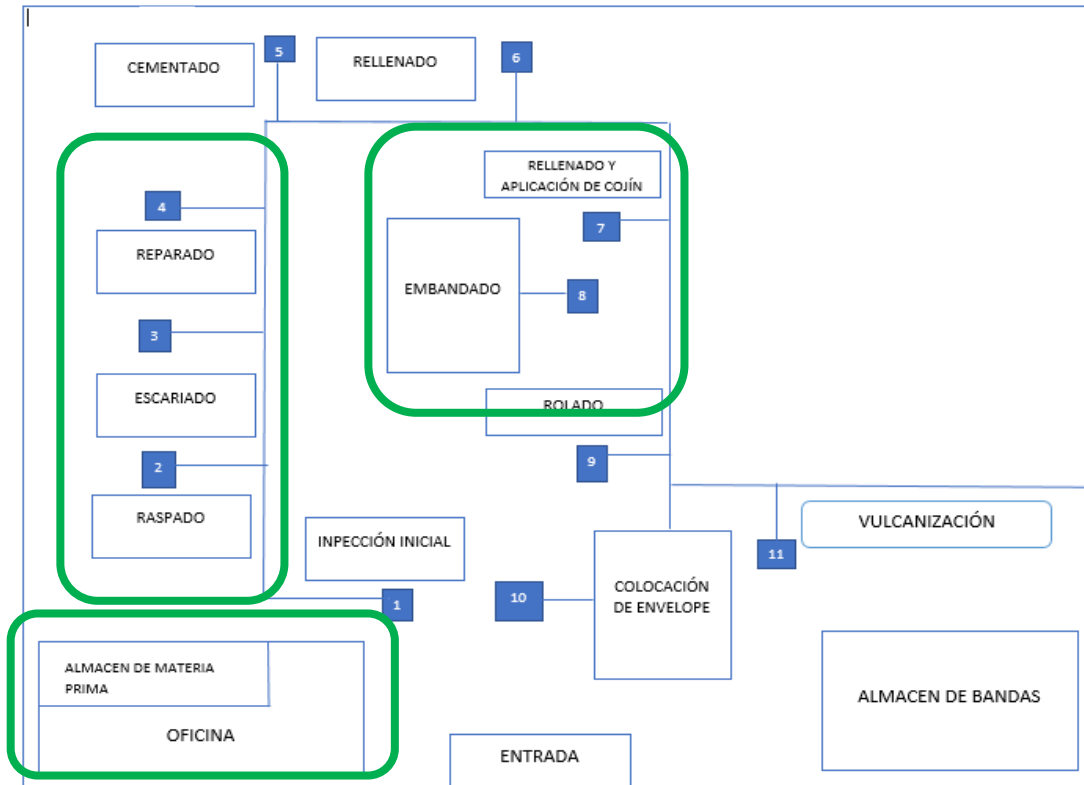


Figura 16: Zona Piloto
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

En la figura 16 se puede apreciar la zona piloto identificada con un marco verde en las estaciones donde se generan la mayoría de los tiempos muertos.

La zona piloto comprende las estaciones de trabajo en donde se realiza el proceso de reencache de llantas. En las zonas señaladas se encuentra la zona de almacén de materia prima y herramientas, las estaciones de raspado, reparado y escariado, la zona de relleno y embandado.

5.1.2.4. Análisis de los problemas en los procesos de Reencache

Utilizando el método de observación directa en el área de reencache se elaboró un registro de tiempos muertos que se generan durante el desarrollo del proceso de reencache. Luego se elaboró un diagrama de Pareto para determinar cuáles son los problemas más frecuentes en el proceso de sellado. Los resultados se presentan en la tabla 5 y su representación gráfica en la figura 17.

Tabla 5: Clasificación según frecuencia de problemas

TIPO DE TIEMPOS MUERTOS	TIEMPOS MUERTOS	%	ACUMULADO	% ACUM
T.M por búsqueda de materia prima en almacén	43747	44%	43747	44%
T.M por reproceso por fallo en el desarrollo de la operación	18555	19%	62302	63%
T.M por traslado por búsqueda de equipo	14218	14%	76520	78%
T.M por preparación o cambio de herramienta	9722	10%	86242	88%
T.M por espera de atención en almacén	4864	5%	91106	93%
T.M por traslados al almacén	4580	5%	95686	97%
T.M por búsquedas en su propio puesto de trabajo	2703	3%	98389	100%
Total	98389	100%		

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

De la clasificación mostrada en la tabla 5, se observa que los principales problemas son los tiempos muertos durante la búsqueda de materia prima en el almacén, tiempos muertos por reprocesos por fallos u olvidos durante la operación, traslados por búsqueda y tiempos muertos por preparación o cambio de herramienta, con un 88% de porcentaje acumulado.

En la figura 17 se observa gráficamente el diagrama de Pareto de acuerdo con la clasificación según frecuencia de problemas, mostrando los principales problemas en la zona piloto.

Tiempos muertos del area de reencauche

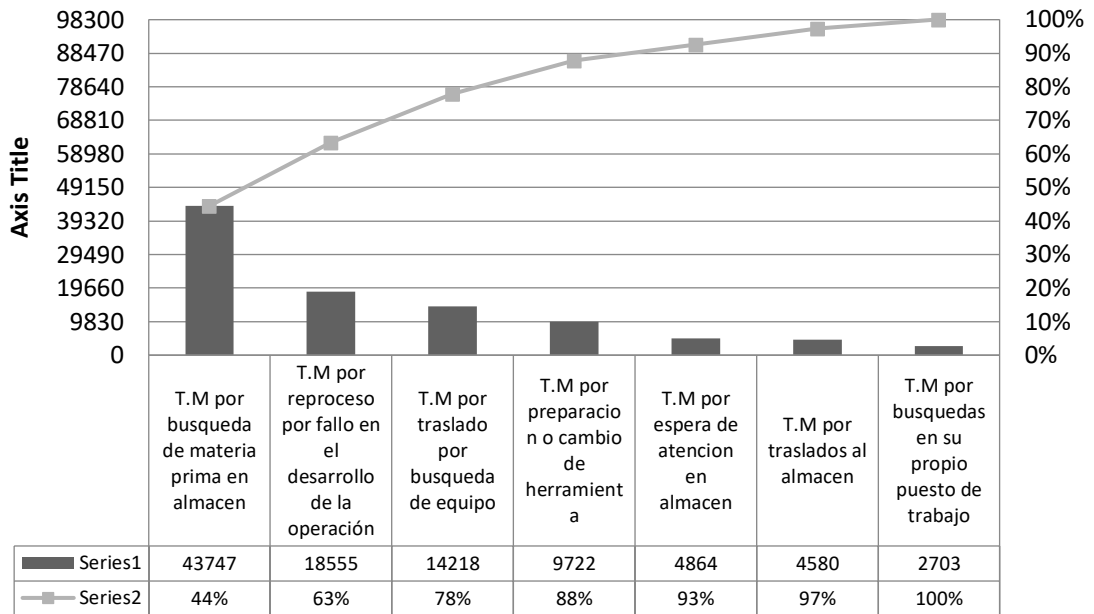


Figura 17: Diagrama de Pareto de frecuencias - Zona piloto
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

5.1.2.5. Análisis de las causas

Las causas de los problemas más frecuentes fueron plasmadas en un diagrama Ishikawa que se puede visualizar en la figura 17:

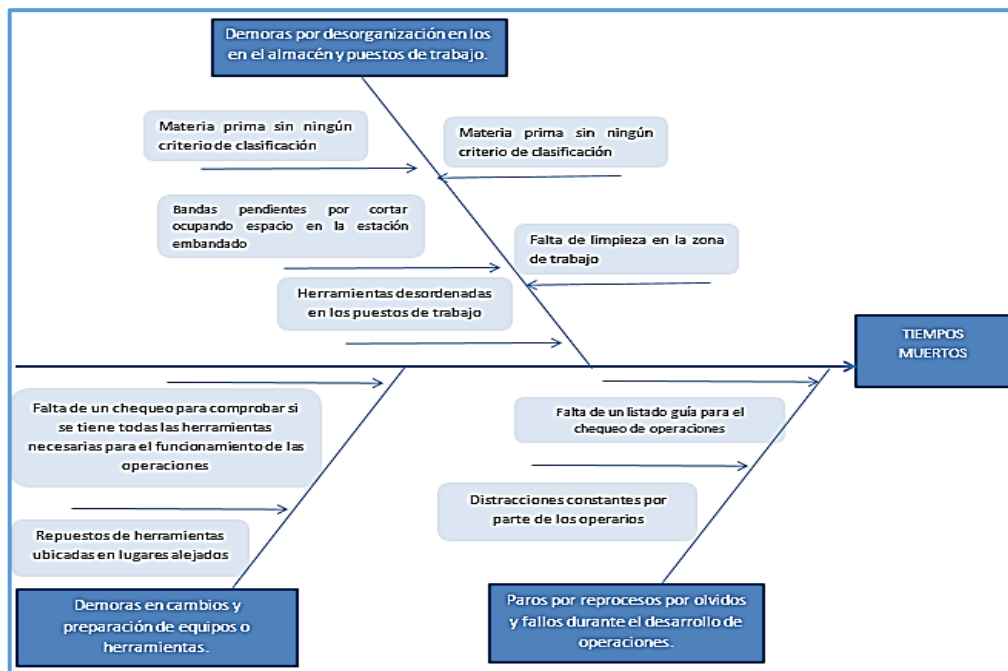


Figura 18: Diagrama de Ishikawa
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

5.1.2.6. Distribución de las causas

5.1.2.6.1. Problema Específico 1:

Tiempos muertos generados por desorganización en el almacén y puestos de trabajo del área de reencauche.

Mediante el diagrama de Ishikawa se pueden observar las causas de la desorganización en la zona piloto establecida.



Figura 19: Desorden en área de retazos de banda, retazos no clasificados sin identificar antes de implementar las 5'S.
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.



Figura 20: Desorden en racks de rollos de banda, retazos combinados sin identificar. Área corte de banda antes de implementar las 5'S

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.



Figura 21: Desorden en la mesa de trabajo de la estación de reparación, materiales sin organización antes de implementar las 5'S.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

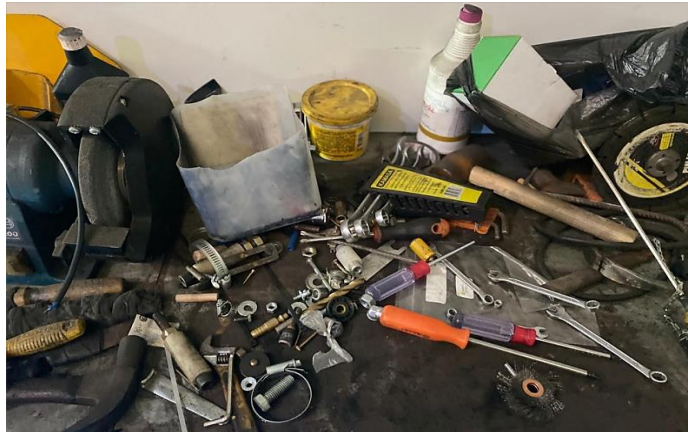


Figura 22: Desorden en la mesa de herramientas, falta de clasificación y selección de herramientas aptas para uso antes de implementar las 5'S.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.



Figura 23: Desorden en el almacén de materia prima, Costales, goma cojín y cementos sin organizar y fuera de lugar antes de implementar las 5'S.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Se realizó una toma de tiempos durante 21 días, y se observaron los tiempos muertos por búsqueda de herramientas en almacén y desorden en los puestos de trabajo.

Evaluación 5'S – Antes de la prueba piloto:

Se realizó la puntuación tomando el siguiente criterio:

- 0 = No hay implementación.
- 1 = Hay una baja implementación.
- 2 = Hay una implementación regular.
- 3 = Hay una implementación completa.

Además, al tener tres criterios de puntuación, exceptuando el cero, se multiplicó por 33% para obtener el porcentaje de cumplimiento.

1S Seleccionar (SEIRI)

Objetivo: Identificar que el área de reencauche cumple con la 1S, identificar lo necesario y lo innecesario.

En la figura 24 se observa el registro de la evaluación de Selección o Clasificación (seiri) realizada antes de la prueba piloto.

Evaluación de orden y limpieza					
Área Reencauche Fecha 18.9.20 Auditor: Juan de Dios Responsable del área:				0 = No hay implementación 1 = Hay una baja implementación. 2 = Hay una implementación regular. 3 = Hay una implementación completa.	
Seleccionar	Antes	Actual	Referencias	ANTES	DESPUES
Se tiene un listado de objetos necesarios (incluye mesas de trabajo, MP, PP, PT, Máquinas) e indica el rango de cantidades permitidas	0		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	0%	0%
Se cuenta sólo con las Herramientas necesarias, en las cantidades necesarias y en buen estado	1		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	33%	0%
Se cuenta sólo con la mesas de trabajo, periódicos murales y registros en las cantidades necesarias y en buen estado	2		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	66%	0%
Se cuenta sólo con la Materia prima (MP) / insumos necesarios, en las cantidades necesarias y vigentes	1		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	33%	0%
Se cuenta solo con el Producto en proceso (PP) , en las cantidades necesarias y vigentes	2		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	66%	0%
Se cuenta solo con el Producto Terminado (PT) , en las cantidades necesarias y vigentes	2		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	66%	0%
Se cuenta solo con las Máquinas necesarias, en las cantidades necesarias y en buen estado	2		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	66%	0%
No se identifican Objetos extraños (incluye basura) dentro del área auditada	1		Con 3 o más hallazgos de no implementación, nota = 0 Con 2 hallazgos de no implementación, nota = 1 Con 1 hallazgo de no implementación, nota = 2 Ningún hallazgo de no implementación, nota = 3	33%	0%
				45%	0%

Figura 24: Formato de evaluación 5'S – SELECCIONAR (Seiri)
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

De la figura 24 se aprecia que el área de reencauche resulta con un promedio del 45% de implementación del método de Seleccionar (Seiri) de las 5'S.

2S Ordenar (SEITON)

Objetivo: Identificar que el área de reencauche cumple con la 2S, definir un lugar para cada artículo necesario manteniéndolo en su lugar para facilitar su localización.

En la figura 25 se observa el registro de la evaluación de Ordenar (seiton) realizada antes de la prueba piloto.

Ordenar	Antes	Actual	
Se cuenta con un documento / layout que indique la ubicación de todos los objetos (MQ, Herramientas, MP, PP, PT, Mesas de trabajo, Racks, Carritos, etc)	2	No se cuenta con el documento / layout, nota = 0 Se cuenta con el documento pero no actualizado ni publicado, nota = 1 Se cuenta con documento / layout actualizado pero no publicado, nota = 2 Se cuenta con el documento / layout actualizado y publicado, nota = 3	66%
Las Sub-áreas de trabajo están debidamente identificadas y visualmente delimitadas con los colores apropiados	1	Con 1 o más hallazgos (sub-áreas de trabajo sin identificación ni delimitación), nota = 0. Alguna Sub-área de trabajo no identificada pero sí delimitada, nota = 1 Alguna Sub-área de trabajo sí identificada pero no delimitada, nota = 2 Todas las sub-áreas de trabajo identificadas y correctamente delimitadas = 3	33%
Las Máquinas están debidamente identificadas y visualmente delimitadas con los colores apropiados	1	Con 1 o más hallazgos (máquinas sin identificación ni delimitación), nota = 0. Alguna máquina no identificada pero sí delimitada, nota = 1 Alguna máquina sí identificada pero no delimitada, nota = 2 Todas las máquinas identificadas y correctamente delimitadas = 3	33%
Las herramientas se encuentran en sus lugares asignados o en uso. (Solo esas dos opciones)	3	Con 3 o más Herramientas fuera del lugar asignado y no siendo usado, nota = 0. Con 2 Herramientas fuera del lugar y no siendo usadas, nota = 1 Con 1 Herramienta fuera del lugar y no siendo usada, nota = 2 Todas las herramientas en su lugar o en uso, nota = 3	99%
Los lugares asignados para las herramientas están debidamente identificados y delimitados.	0	Se elige una muestra de 3 herramientas: Las 3 herramientas sin lugar identificado, nota = 0 Con 1 o 2 herramientas con lugar identificado, nota = 1 Las 3 herramientas con lugar identificado, nota = 2 Todas la herramientas tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	0%
Todos los materiales (MP/insumos, PP, PT) se encuentran en su lugar asignado	1	Se elige una muestra de 3 materiales Los 3 materiales fuera de lugar, nota = 0 Con 1 o 2 materiales fuera de lugar, nota = 1 Los 3 materiales en su lugar asignado, nota = 2 Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	33%
Los lugares asignados para los materiales (MP/insumos, PP, PT) están debidamente identificados y delimitados.	1	Se elige una muestra de 3 materiales Los 3 materiales sin lugar identificado y delimitado, nota = 0 Con 1 o 2 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 1 Los 3 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 2 Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	33%
Todos los racks tienen sus compartimientos etiquetados, son respetados y visualmente ordenados	0	Con 3 compartimientos no identificados, nota = 0 Con 1 o 2 compartimientos no identificados, nota = 1 Con todos los compartimientos identificados pero alguno no respetado, nota = 2 Con todos los compartimientos identificados y respetados, nota = 3	0%
Los lugares asignados para los racks están debidamente identificados y delimitados	0	Se elige una muestra de 3 racks: Los 3 racks sin lugar identificado, nota = 0 Con 1 o 2 racks con lugar identificado, nota = 1 Los 3 racks con lugar identificado, nota = 2 Todos los racks tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	0%
Las mesas se encuentran libres de productos, materiales, herramientas que no se estén usando	2	Con 3 o más Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 0. Con 2 Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 1 Con 1 Mesa de trabajo con hallazgos, nota = 2 Todas las Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 3	66%
Los carritos de transporte están identificados con lo que contiene y son respetados	0	Con 3 carritos no identificados, nota = 0 Con 1 o 2 carritos no identificados, nota = 1 Con todos los carritos identificados pero alguno no respetado, nota = 2 Con todos los carritos identificados y respetados, nota = 3	0%
Los Pasillos están libres de obstáculos.	1	Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	33%
Los tachos de basura están ubicados en su lugar asignado y el lugar está debidamente identificado y delimitado	1	Con 3 tachos fuera de su lugar o no identificados, nota = 0 Con 1 o 2 tachos fuera de su lugar no identificados, nota = 1 Con 3 tachos en su lugar pero alguno no identificado, nota = 2 Los 3 tachos en su lugar, identificados y con área delimitada = 3	33%

Figura 25: Formato de evaluación 5'S – ORDENAR (seiton)
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

De la figura 25 se aprecia que el área de reencauche resulta con un promedio del 33% de implementación del método de Ordenar (Seiton) de las 5'S.

3S Limpieza (SEISO)

Objetivo: Identificar que el área de reencauche cumple con la 3S, Mantener aseada y en óptimas condiciones el área de trabajo.

En la figura 26 se observa el registro de la evaluación de Ordenar (seiton) realizada antes de la prueba piloto.

Limpian	Antes	Actual			
El personal tiene el uniforme limpio y usa sus EPP's completos	2	Con 3 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 0 Con 2 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 1 Solo 1 persona sin uniforme completo ni limpio, nota = 2 Ninguna persona con uniforme incompleto o sucio, nota = 3	66%	0%	50%
Las mesas de trabajo se encuentran limpias	1	Con 2 mesas de trabajo sucias, nota = 0 Con 2 mesas de trabajo sucias, nota = 1 Solo 1 mesa de trabajo sucia, nota = 2 Ninguna mesa de trabajo sucia, nota = 3	33%	0%	
Las máquinas se encuentran limpias	2	Con 3 máquinas sucias, nota = 0 Con 2 máquinas sucias, nota = 1 Solo 1 máquina sucia, nota = 2 Ninguna máquina sucia, nota = 3	66%	0%	
Las herramientas se encuentran limpias	1	Con 3 herramientas sucias, nota = 0 Con 2 herramientas sucias, nota = 1 Solo 1 herramienta sucia, nota = 2 Ninguna herramienta sucia, nota = 3	33%	0%	
En general, el piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas	2	Piso con manchas de grasa o aceites derramados, nota = 0 Piso con sin derrames de grasa o aceites pero con residuos sólidos y polvo, nota = 1 Piso solo con polvo, nota = 2 Piso limpio, nota = 3	66%	0%	
Todas las sub-áreas, máquinas, mesas de trabajo, pasillos y oficinas; tienen un programa de limpieza	1	Con 3 o más ítems sin programa de limpieza, nota = 0 Con 2 ítems sin programa de limpieza, nota = 1 Con 1 ítem sin programa de limpieza, nota = 2 Todos los ítems con programa de limpieza = 3	33%	0%	

Figura 26: Formato de evaluación 5'S – Limpieza (SEISO)

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

De la figura 26 se aprecia que el área de reencauche resulta con un promedio del 50% de implementación del método de Limpieza (Seiso) de las 5'S.

Prueba paramétrica de Normalidad:

En la tabla 6 se observan los tiempos de por desorden, limpieza que hubo durante 21 días:

Tabla 6. *Tabla de tiempos antes de 5 S*

Día	T.M por búsqueda de materia prima en almacén	T.M por búsquedas en su propio puesto de trabajo	T.M por traslados al almacén	T.M por espera de atención en almacén	Total x día
1	2180	139	242	254	2815
2	2150	142	242	250	2784
3	2160	130	238	255	2783
4	2120	145	240	250	2755
5	2115	148	231	242	2736
6	2110	152	236	244	2742
7	2200	132	227	258	2817
8	2180	126	235	247	2788
9	2300	125	233	239	2897
10	2266	131	237	232	2866
11	2242	125	227	236	2830
12	2195	130	197	230	2752
13	2130	150	200	220	2700
14	2125	147	229	245	2746
15	2210	135	225	240	2810
16	2230	137	210	240	2817
17	2190	128	225	255	2798
18	2205	124	220	250	2799
19	2211	127	240	237	2815
20	2228	130	246	240	2844
21	2218	125	243	246	2832
Total	45965	2828	4823	5110	58726
Total en min	766.08	47.13	80.38	85.17	978.77
Promedio en min	36.48	2.24	3.83	4.06	46.61

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

En la tabla 6 se muestra que el promedio de tiempos muertos por búsquedas de herramientas, materia prima en el almacén y desorden en los puestos de trabajo es de 46.61 minutos.

Con la información obtenida en la Tabla 6 se determinó si los datos tienen una distribución normal ($P > 0.05$) utilizando la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (por contar con una muestra entre $20 < n < 1000$ datos) en el Software Microsoft Excel.

Los resultados se muestran en la tabla 7:

Tabla 7. Prueba de normalidad 5'S

i	Xi	(Xi -MED)2	ai	Xi INV	Dif (Xi - Xi INV)
1	2700	9307.65533	0.4643	2897	-197
2	2736	3657.36961	0.3185	2866	-130
3	2742	2967.65533	0.2578	2844	-102
4	2746	2547.8458	0.2119	2832	-86
5	2752	1978.13152	0.1736	2830	-78
6	2755	1720.27438	0.1339	2817	-62
7	2783	181.60771	0.1092	2817	-34
8	2784	155.655329	0.0804	2815	-31
9	2788	71.845805	0.0530	2815	-27
10	2798	2.32199546	0.0263	2810	-12
11	2799	6.36961451	0	2799	0
12	2810	182.893424		2798	
13	2815	343.131519		2788	
14	2815	343.131519		2784	
15	2817	421.226757		2783	
16	2817	421.226757		2755	
17	2830	1123.8458		2752	
18	2832	1261.94104		2746	
19	2844	2258.51247		2742	
20	2866	4833.56009		2736	
21	2897	10105.0363		2700	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Los datos se ajustan a una distribución normal. Por superar el mínimo de nivel de significancia que indica en la tabla de Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks con $n= 21$ y $P> 0.05$ da un nivel de significancia mínimo de 0.908.

MED	2796.47619
(Xi - MED)2	43891.2381
ai*Dif	-207.1855
SW c	0.97800457
SW t	0.908

19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989

5.1.2.6.2. Problema Especifico 2:

Tiempos muertos generados por reprocesos producto de fallos y olvidos durante el desarrollo de las operaciones de reencauche.

Según el diagrama de Ishikawa se encontraron tiempos muertos durante el desarrollo de operaciones debido a que los operarios tienden a distraerse u olvidar procedimientos durante el desarrollo de las operaciones del proceso de reencauche.

Además, que no cuentan con una guía que controle y ayude a recordar cuáles son los procedimientos para cada tipo de operación del proceso de reencauche.

En la figura 27 se observa el esquema de la planta donde representa donde ocurren con frecuencia los reprocesos.

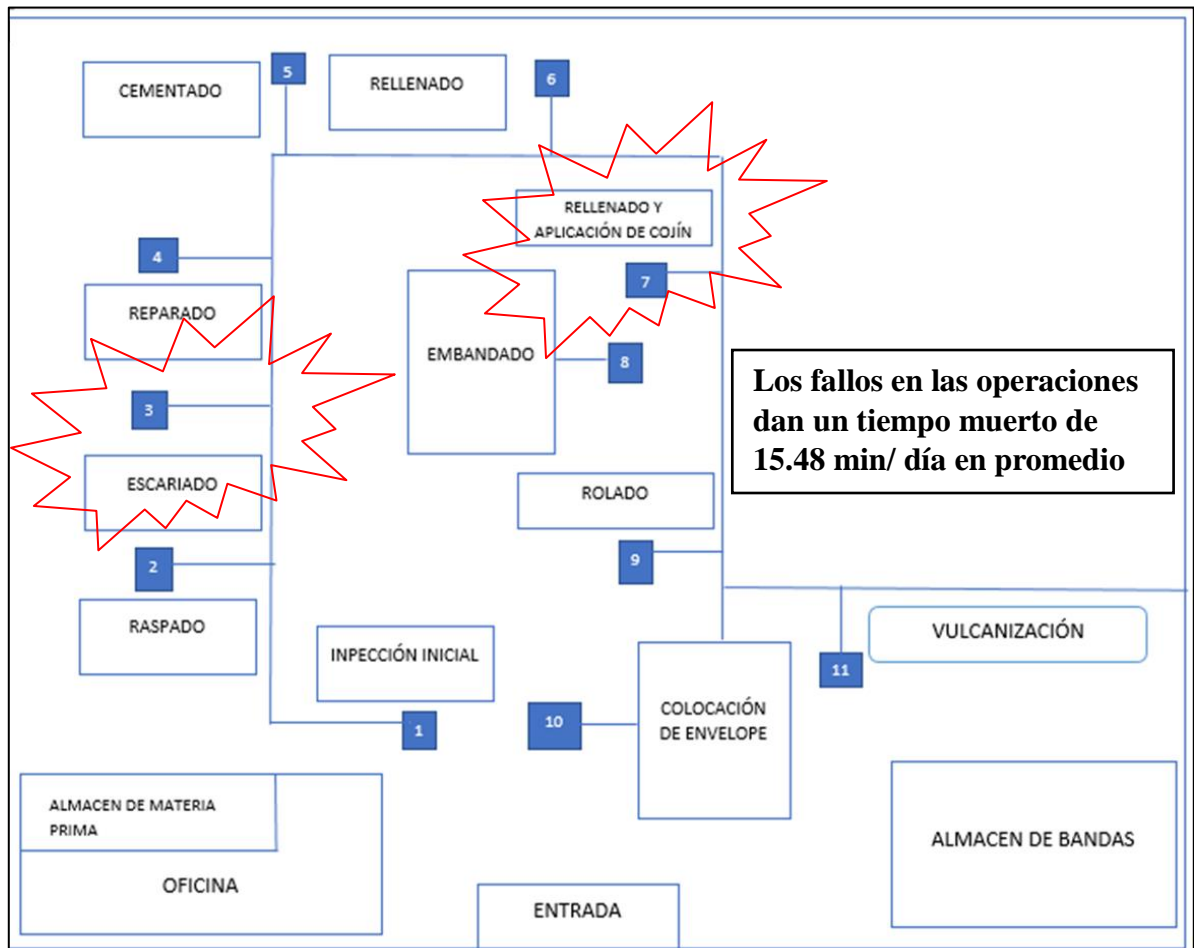


Figura 27: Tiempos muertos por fallos u olvidos - Layout
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Prueba Paramétrica de Normalidad:

En la tabla 8 se muestra la toma de tiempos muertos realizados durante 21 días.

Tabla 8. *Toma de tiempos de reprocesos*

Día	T.M por reprocesos por fallos y olvidos durante el desarrollo de las operaciones
1	945
2	930
3	950
4	900
5	945
6	935
7	900
8	895
9	914
10	898
11	947
12	945
13	910
14	942
15	939
16	940
17	940
18	930
19	935
20	932
21	930
Total	19502
Total en min	325.03
Promedio en min	15.48

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

En la tabla 8 se muestra que el promedio de tiempos muertos por reprocesos producto de fallos y olvidos durante el desarrollo de las operaciones reencauche, es de 15.48 minutos.

Con la información obtenida en la Tabla 8 se determinó si los datos tienen una distribución normal ($P > 0.05$) utilizando la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (por contar con una muestra entre $20 < n < 1000$ datos) en el Software Microsoft Excel.

Los resultados se muestran en la tabla 9:

Tabla 9. Prueba de normalidad - Poka Yoke

i	Xi	(Xi -MED)2	ai	Xi INV	Dif (Xi - Xi INV)
1	895	1133.444444	0.4643	950	-55
2	898	940.444444	0.3185	950	-52
3	900	821.777778	0.2578	949	-49
4	900	821.777778	0.2119	947	-47
5	910	348.444444	0.1736	945	-35
6	914	215.111111	0.1339	945	-31
7	930	1.77777778	0.1092	940	-10
8	930	1.77777778	0.0804	940	-10
9	930	1.77777778	0.053	939	-9
10	932	11.1111111	0.0263	935	-3
11	935	40.1111111	0	935	0
12	935	40.1111111		932	
13	939	106.777778		930	
14	940	128.444444		930	
15	940	128.444444		930	
16	942	177.777778		914	
17	945	266.777778		910	
18	945	266.777778		900	
19	945	266.777778		899	
20	947	336.111111		895	
21	950	455.111111		870	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Los datos se ajustan a una distribución normal. Por superar el mínimo de nivel de significancia que indica en la tabla de Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks con $n= 21$ y $P > 0.05$ da un nivel de significancia mínimo de 0.908.

MED	928.666667
(Xi -MED)2	6510.66667
ai*Dif	-77.3688
SW c	0.91940373
SW t	0.908

19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989

5.1.2.6.3. Problema Especifico 3:

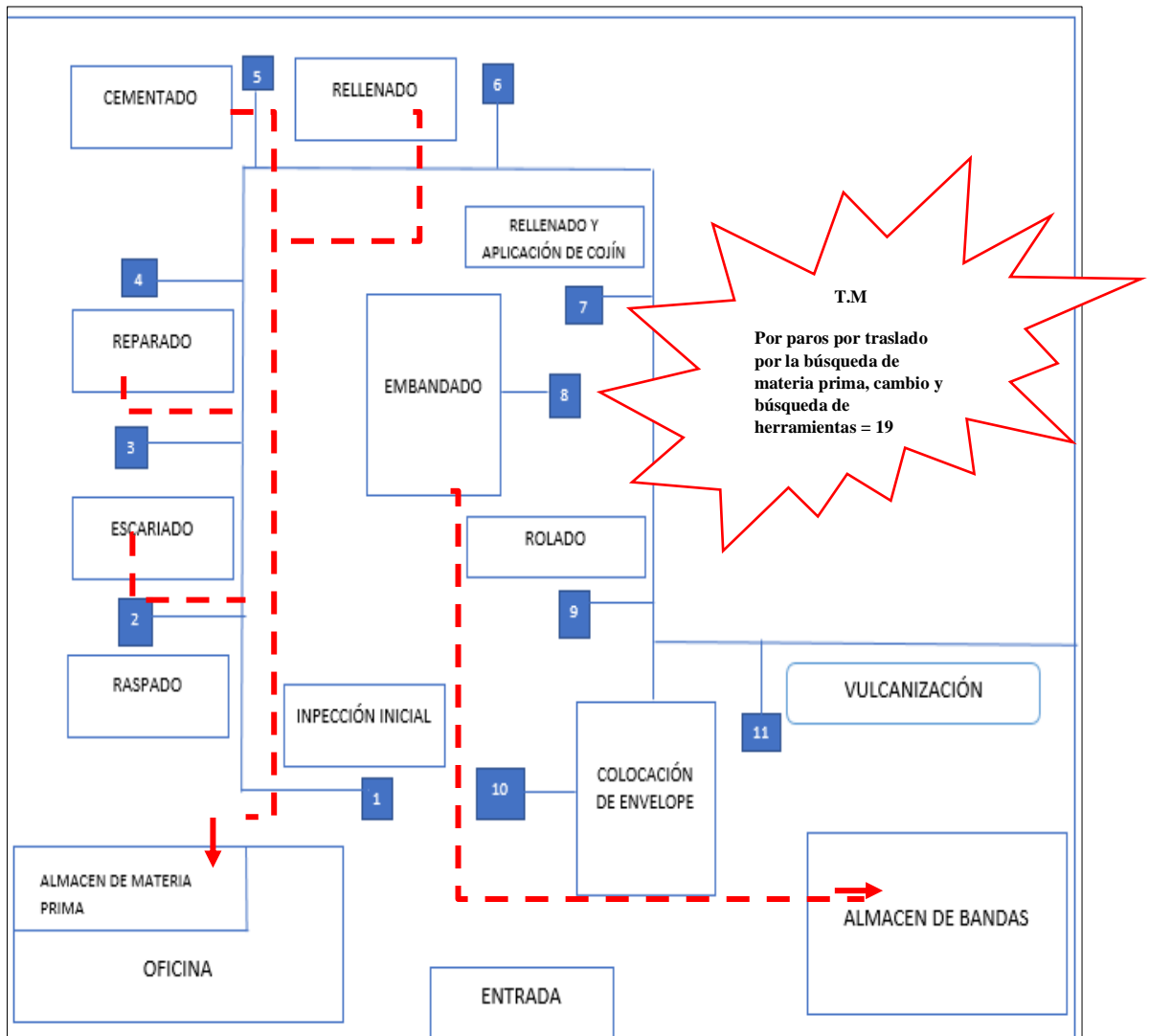
Tiempos muertos generados por demoras en cambios y preparación de equipos o herramientas.

Según el diagrama de Ishikawa se encontraron tiempos muertos al momento de la preparación y los cambios de los equipos y herramientas, producto de no tener lista la materia prima y las herramientas.

Además, que las herramientas y equipos de repuesto están ubicadas en un lugar distante.

En la figura 28 se muestra el cambio de herramienta realizado por una persona.

Figura 28: Tiempos muertos por preparación- Layout



Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Se observó que la distancia que recorren los operarios hacia el almacén es larga generando tiempos muertos al momento de buscar una nueva herramienta o materia prima y al dejar paralizadas sus actividades.

En las figuras 29, 30, 31, 32, 33 se muestra un diagrama de análisis del proceso donde se detallan las actividades de las operaciones de reencauche durante el cambio de herramienta, así como el tipo de actividad, si la actividad es interna o externa, y los tiempos de actividad de cada una.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad
INICIO DE LA OPERACIÓN DE RASPADO	○	□	→	D	▽			Seg	
Buscar aro para la máquina raspadora en el almacén	○	□	→	D	▽	×		30.00	No agrega valor
Herramientas y materia prima almacenadas	○	□	→	D	▽	×			No agrega valor
Espera por atención y entrega del aro	○	□	→	D	▽	×		60.00	No agrega valor
Regreso con el aro a la estación de raspado	○	□	→	D	▽	×		50.00	No agrega valor
Colocar aro en la máquina raspadora	●	□	→	D	▽	×		30.00	Agrega valor
Ajustar el ángulo	○	□	→	D	▽	×		30.00	No agrega valor
Colocar llanta	●	□	→	D	▽	×		20.00	Agrega valor
Empezar con el raspado	●	□	→	D	▽		×	423.00	Agrega valor
Verificar el grado de raspado , diseño de banda	○	■	→	D	▽	×		45.00	Agrega valor
Verificar si la llanta es apta	○	■	→	D	▽	×		60.00	No agrega valor
Trasladar a la siguiente estación	○	□	→	D	▽	×		15.00	Agrega valor
TOTALES	3	2	3	2	1			763	

Figura 29:SMED-DAP operación de raspado
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad
INICIO DE LA OPERACIÓN DE ESCAREADO	○	□	➡	D	▽			Seg	
Encender plataforma con rodillos	○	□	➡	■	▽	×		15.00	No agrega valor
Colocar llanta	●	□	➡	D	▽	×		30.00	Agrega valor
Buscar herramientas de escareado	○	□	➡	■	▽	×		20.00	No agrega valor
Preparar herramienta	○	□	➡	■	▽	×		40.00	No agrega valor
Escarear llanta	●	□	➡	D	▽		×	500.00	Agrega valor
Verificar contorno de la llanta	○	■	➡	D	▽		×	45.00	No agrega valor
Pulir defectos de la llanta	●	□	➡	D	▽		×	404.00	Agrega valor
Evaluar si es apto para continuar	○	■	➡	D	▽	×		45.00	No agrega valor
Trasladar a la siguiente estacion	○	□	➡	D	▽	×		15.00	Agrega valor
TOTALES	3	2	1	3	1			1114	

Figura 30: SMED-DAP operación de escareado
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Tiempo	INTERNO	EXTERNO	Tipo de actividad
INICIO DE LA OPERACIÓN DE REPARADO	○	□	➡	D	▽	Seg			
Colocar llanta en la plataforma de reparacion	●	□	➡	D	▽	25.00	×		Agrega valor
Verificar contornos	○	■	➡	D	▽	60.00		×	Agrega valor
Reparar daños profundos	●	□	➡	D	▽	1200.00		×	Agrega valor
Verificar que el daño este dentro de los limites de reparacion	○	■	➡	D	▽	60.00	×		No agrega valor
Taladrar el daño	●	□	➡	D	▽	215.00		×	Agrega valor
Cementar	●	□	➡	D	▽	97.00		×	Agrega valor
Espera de secado	○	□	➡	■	▽	2700.00	×		No agrega valor
Rellenar usando el pabulo de reparacion	●	□	➡	D	▽	180.00		×	Agrega valor
Preparar parche	○	□	➡	■	▽	50.00	×		No agrega valor
Traslado al puesto de rellanado	○	□	➡	D	▽	45.00	×		No agrega valor
Añadir liquido sellador al parche	○	■	➡	D	▽	40.00	×		Agrega valor
Regresar a la estacion de reparado	○	□	➡	D	▽	45.00	×		No agrega valor
Colocar parche y asegurar	●	□	➡	D	▽	180.00		×	Agrega valor
Verificar si la llanta es apta o no	○	■	➡	D	▽	60.00		×	No agrega valor
Trasladar a la siguiente estacion	○	□	➡	D	▽	16.00	×		No agrega valor
TOTALES	6	4	3	2	0	4973			

Figura 31: SMED-DAP operación de reparado
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad
INICIO DE LA OPERACIÓN DE RELLENADO	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Seg	
Traslado al almacén por materia prima	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		25.00	No agrega valor
Almacén de materia prima	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			No agrega valor
Espera por atención y entrega de materia prima	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		80.00	No agrega valor
Traslado a la estación relleno	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		30.00	No agrega valor
Colocar llanta en el rodillo neumático	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		60.00	Agrega valor
Preparar pistola extrusora	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		60.00	No agrega valor
Rellenar llanta con cinta de reparación	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	155.00	Agrega valor
Rellenar llanta con cinta de reparación	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	184.00	Agrega valor
Trasladar a la siguiente estación	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		50.00	No agrega valor
TOTALES	3	0	3	2	1			644	

Figura 32: SMED-DAP operación de relleno
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad
INICIO DE LA OPERACIÓN DE EMBANDADO	○	□	→	D	▽			Seg	
Colocar llanta en la máquina embandadora	●	□	→	D	▽	×		25.00	Agrega valor
Preparar herramientas de embandado	○	□	→	D	▽	×		45.00	No agrega valor
Colocar goma cojin en la llanta	●	□	→	D	▽		×	89.00	Agrega valor
Colocar anti quiebre en el contorno de la llanta	●	□	→	D	▽		×	78.00	Agrega valor
Trasladarse a la zona de corte de bandas	○	□	→	D	▽	×		60.00	No agrega valor
Buscar rollos de bandas según modelo de llanta	○	□	→	D	▽	×		20.00	No agrega valor
Traslado al almacén de bandas	○	□	→	D	▽	×		55.00	No agrega valor
Almacén de bandas	○	□	→	D	▽	×			No agrega valor
Busqueda de bandas en almacen	○	□	→	D	▽	×		180.00	No agrega valor
Traslado a la zona de corte de bandas	○	□	→	D	▽	×		160.00	No agrega valor
Pesar rollo de banda	●	□	→	D	▽	×		50.00	Agrega valor
Colocar banda en la mesa de corte	●	□	→	D	▽	×		40.00	Agrega valor
Traer herramientas de corte y medicion	○	□	→	D	▽	×		45.00	No agrega valor
Medir banda	●	□	→	D	▽		×	120.00	Agrega valor
Cortar banda	●	□	→	D	▽		×	300.00	Agrega valor
Cementar banda cortada	●	□	→	D	▽		×	180.00	Agrega valor
Colgar y esperar que seque	○	□	→	D	▽	×		2400.00	No agrega valor
Traslado a la estación de embandado	○	□	→	D	▽	×		60.00	No agrega valor
Realizar embandado	●	□	→	D	▽		×	1020.00	Agrega valor
Trasladar a la siguiente estación	○	□	→	D	▽	×		20.00	No agrega valor
TOTALES	9	0	5	5	1			4947	

Figura 33:SMED-DAP operación de embandado
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

Prueba Paramétrica de Normalidad:

En la tabla 10 se muestra la toma de tiempos muertos realizados durante 21 días.

Tabla 10. *Toma de tiempos Cambios y preparación de equipos o herramientas*

Día	T.M por traslado por búsqueda de equipo	T.M por preparación y cambio de herramienta o equipo	Total, x día
1	721	478	1199
2	715	485	1200
3	724	470	1194
4	694	486	1180
5	718	472	1190
6	731	480	1211
7	690	540	1230
8	709	510	1219
9	698	537	1235
10	668	535	1203
11	715	470	1185
12	700	475	1175
13	720	482	1202
14	700	470	1170
15	710	480	1190
16	720	460	1180
17	722	477	1199
18	718	468	1186
19	720	472	1192
20	725	475	1200
21	708	485	1193
Total	14926	10207	25133
Total en min	248.77	170.12	418.88
Promedio en min	11.85	8.10	19.95

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

En la tabla 10 se muestra que el promedio de tiempos muertos por reprocesos producto de fallos y olvidos durante el desarrollo de las operaciones reencauche, es de 15.48 minutos.

Con la información obtenida en la Tabla 10 se determinó si los datos tienen una distribución normal ($P > 0.05$) utilizando la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (por contar con una muestra entre $20 < n < 1000$ datos) en el Software Microsoft Excel.

Los resultados se muestran en la tabla 11:

Tabla 11. Prueba de normalidad SMED

i	Xi	(Xi -MED)2	ai	Xi INV	Dif (Xi - Xi INV)
1	1170	718.7505669	0.4643	1235	-65
2	1175	475.6553288	0.3185	1230	-55
3	1180	282.5600907	0.2578	1219	-39
4	1180	282.5600907	0.2119	1211	-31
5	1185	139.4648526	0.1736	1203	-18
6	1186	116.845805	0.1339	1202	-16
7	1190	46.36961451	0.1092	1200	-10
8	1190	46.36961451	0.0804	1200	-10
9	1192	23.13151927	0.0530	1199	-7
10	1193	14.51247166	0.0263	1199	-6
11	1194	7.893424036	0	1194	0
12	1199	4.798185941		1193	
13	1199	4.798185941		1192	
14	1200	10.17913832		1190	
15	1200	10.17913832		1190	
16	1202	26.94104308		1186	
17	1203	38.32199546		1185	
18	1211	201.3696145		1180	
19	1219	492.4172336		1180	
20	1230	1101.60771		1175	
21	1235	1458.512472		1170	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Los datos se ajustan a una distribución normal. Por superar el mínimo de nivel de significancia que indica en la tabla de Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks con n= 21 y P> 0.05 da un nivel de significancia mínimo de 0.908.

MED	1196.809524
(Xi - MED)2	5503.238095
ai*Dif	-72.0121
SW c	0.942307503
SW t	0.908

19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989

5.1.3. Propuestas de solución

Se aprobó por el jefe de planta de la empresa la implementación de una prueba piloto en ciertas áreas del taller de reencauche como: el almacén de materia prima, las estaciones de reparado, escariado y raspado, la estación de rellenado y embandado. A continuación, se muestran las 3 metodologías que se aplicaron con el objetivo de reducir tiempos muertos del proceso de reencauche.

5.1.3.1. Aplicación de las 5'S

Se logró implementar las etapas de las 5'S de la siguiente manera:

Primera 1S: Clasificación o Selección

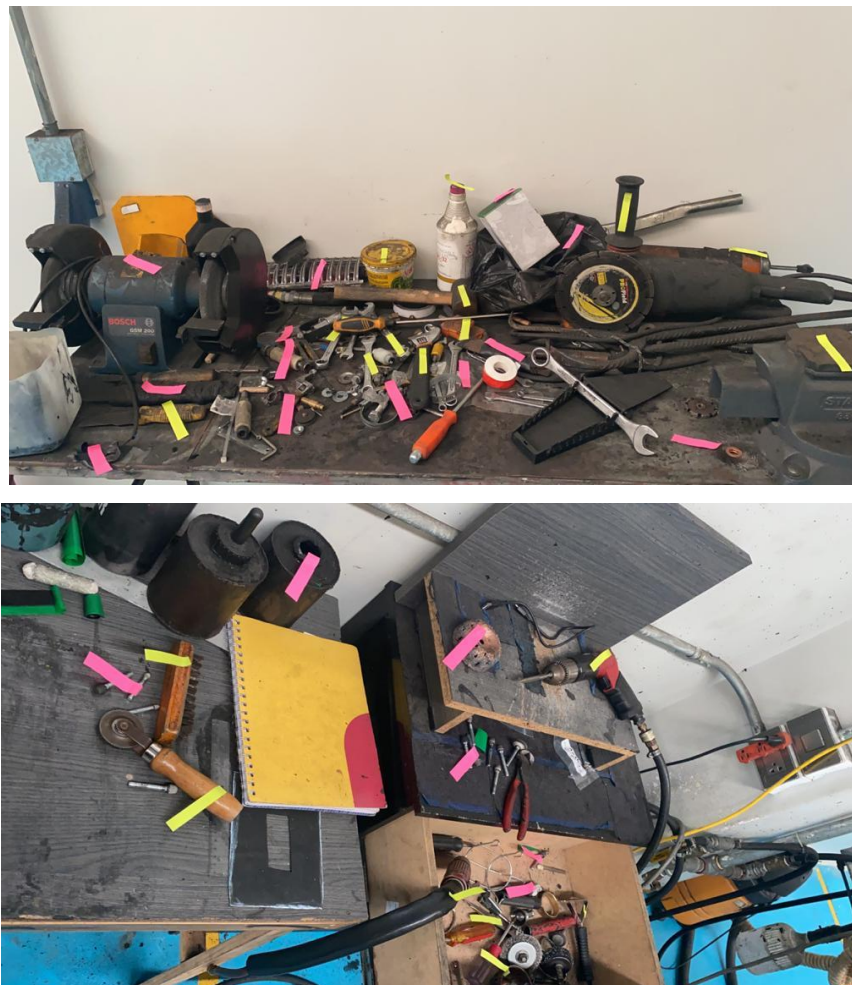


Figura 34: Clasificación de herramientas a conservar y eliminar en la mesa de trabajo de la estación de reparación y en la mesa de Herramientas generales durante la aplicación de las 5'S.
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Segunda S: Organización



Figura 35: Organización de las bandas de rodamiento en el almacén de retazos y en el rack de corte de banda después de aplicada las 5'S.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.



Figura 36: Organización de la mesa de herramientas después de aplicada las 5'S.

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Tercera 'S': Limpieza:



Figura 37: Limpieza del área de embandado después de aplicada las 5'S.
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Cuarta 'S': Estandarización:

Se realizó una evaluación de 5'S antes de la implementación de la prueba piloto mostrando solo un 41% de cumplimiento de las 3 primeras 'S' y se realizó una evaluación después de la implementación de la prueba piloto llegando a un 78% de cumplimiento de las 3 primeras 'S'.

En la siguiente figura 38 se observa el resultado de la auditoría de clasificación (seiri), orden (seiton) y limpieza (seiso) realizada después de la prueba piloto.

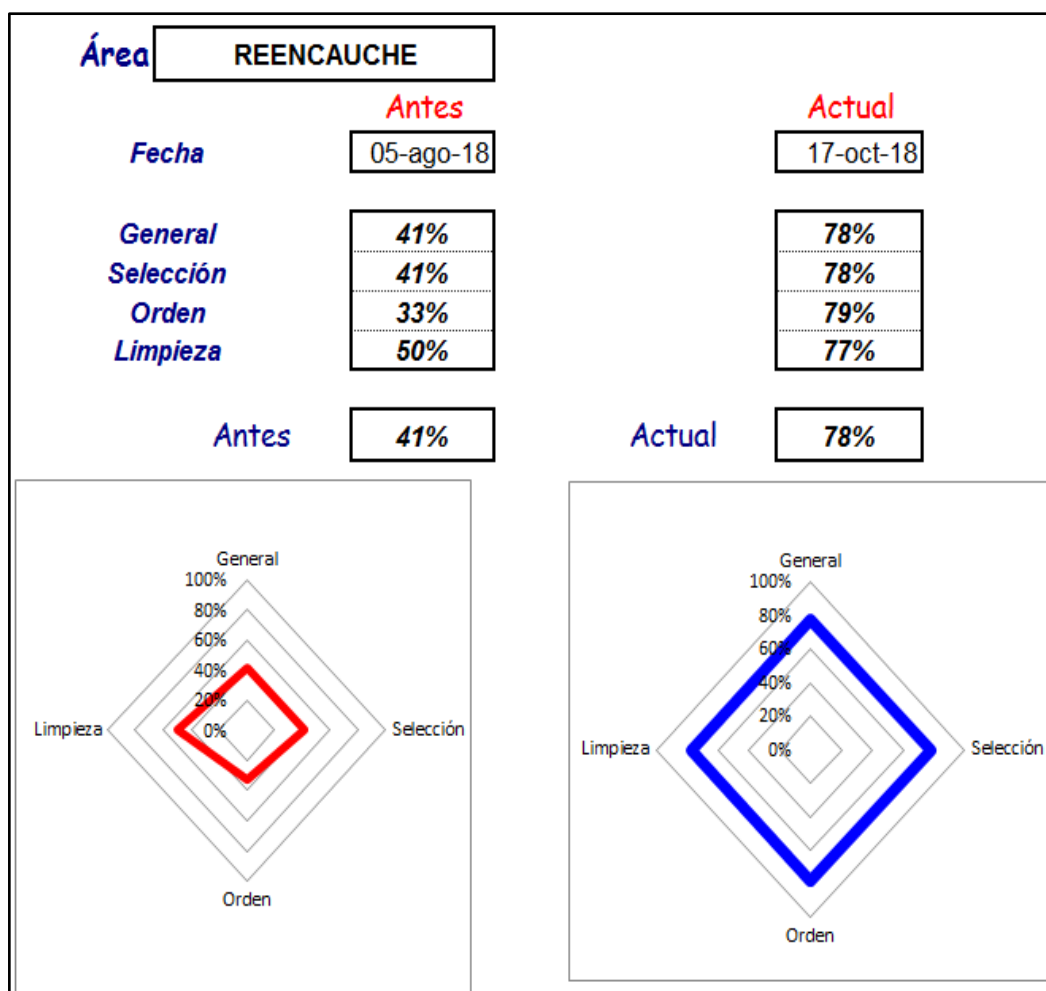


Figura 38: Resultados de la auditoría 5'S después de la prueba piloto
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

5.1.3.2. Aplicación de Poka Yoke

Se estableció un equipo de trabajo conformado por el jefe de planta y el asistente de planta. Se identificaron los reprocesos durante el desarrollo de las operaciones de reencauche.

Dado que las causas de los reprocesos eran debido a los fallos u olvidos durante el desarrollo de las operaciones de reencauche, el primer paso fue explicar la implementación de la herramienta Poka Yoke mediante una reunión programada.

Luego se procedió con el desarrollo de una lista de chequeo de operaciones con el objetivo guiar a los operarios con el orden de las actividades a seguir para cada operación, lo que nos da la seguridad evitar omisiones y errores en las operaciones en las estaciones de trabajo.

En la figura 39 y 40 se observa el modelo de lista de chequeo para algunas de las operaciones donde se identificaron la mayor parte de reprocesos.

Lista de chequeo de operación			
Equipo: Rellenadora			
Operación: Rellenado y aplicación de cojín			
Fecha:			
		Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)	
Herramientas necesarias			
●	Pistola extrusora (1)	●	Martillo de mano (1)
●	Cinta de reparación de 10 mm (8 m)		
Actividades			
1	Colocar la llanta en los rodillos giratorios.		
2	Identificar áreas que fueron reparadas.		
3	Tomar pistola extrusora.		
4	Rellenar todas las áreas reparadas.		
5	Tomar cinta de reparación de 10 mm de espesor y pegar		
6	Tomar martillo de mano y martillar hasta asegurar.		
7	Trasladar a la zona de embandado.		

Figura 39: Lista de chequeo de operación "Rellenado"
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Lista de chequeo de operación			
Equipo: Plataforma de reparado			
Operación: Reparado			
Fecha:			
Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)			
Herramientas necesarias			
●	Taladro (1)	●	Pabilo de reparación (15 und)
●	Parche de reparación (10 und)	●	Sellador liquido (3 L)
●	Piedra lápiz (1)	●	Broca fina punta V (1)
●	Piedra hongo (1)	●	Copa de raspado (1)
Actividades			
1	Colocar neumático en la plataforma.		
2	Verificar los contornos.		
3	Reparar los daños profundos.		
4	Verificar que el daño este dentro de límites de reparación.		
5	Taladrar el daño.		
6	Cementar y rellenar colocando un pabilo.		
7	Preparar la “cama” del parche.		
8	colocar parche de reparación.		
9	Añadir sellador líquido en el contorno del parche.		
10	Verificar si la llanta es apta continúa el proceso si no se rechaza.		
11	Trasladar a la estación de cementado.		

Figura 40: Lista de chequeo de operación " Reparado"
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.



Figura 41: Lista de chequeo de operaciones y señalización de la estación de reparación.
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

La lista de operaciones tendrá un tamaño de 12 cm x 15 cm, para mejor visibilidad y estará ubicada en un lugar visible en la pared cerca de la mesa de trabajo. Además, después de finalizar la actividad el operario deberá marcar con un visto bueno, para que de esta manera sepa en qué operación se encuentra.

Como resultado se redujo los reprocesos por fallos u olvidos y se mejoró el control de las operaciones del proceso de reencauche. Además, de generar en el operario seguridad al tener como guiarse si olvida una actividad y enfocarse a finalizar la operación.

5.1.3.3. Aplicación de la Metodología SMED

Se siguieron 4 etapas para la aplicación de SMED, además de la etapa preliminar:

Etapa Preliminar:

En esta etapa se identificó y armó un equipo de trabajo con personas con conocimientos relacionados al estudio de las actividades cambio y preparación.

Luego, se procedió a filmar la secuencia de cada operación del proceso de reencauche, y luego se analizó cada operación anotando la duración de cada actividad.

Además, se desarrolló una lista de chequeo de la materia prima y herramientas que se utilizan diariamente durante el desarrollo de las operaciones.

Etapa 1: Identificar operaciones

Se identificaron las actividades que no generaban valor en el proceso de reencauche, que se clasificaron en traslados, inspecciones y retrasos.

Se identificó y separó las actividades internas y externas, y cuál de las internas deberían ser externas.

Cabe resaltar que al implementar la herramienta 5S antes de las demás herramientas, nos benefició en la reducción de búsquedas de herramientas y equipos, además de mejorar el orden y la limpieza.

Etapa 2: Convertir las operaciones internas en externas

La única operación que se convertirá a externas es:

La preparación de la pistola extrusora se hará antes del inicio de la operación y tendrá la materia prima que usa cerca de su zona de trabajo.

Etapa 3: Organizar operaciones externas

Se organizó al equipo de trabajo para realizar estas operaciones con la máquina en funcionamiento:

- Las mesas de trabajo deben estar ordenadas y abastecidas de la materia prima necesaria antes del inicio de la operación.
- La preparación de las herramientas se hará antes del inicio de la operación y tendrá la materia prima en una zona común donde habrá un carrito porta herramientas.

Etapa 4: Reducir tiempo de operaciones internas

Luego del análisis de las actividades realizadas en el cambio de herramienta y durante la preparación, se solicitó y se aprobó para la prueba piloto, la implementación de una lista de chequeo de operaciones la cual nos asegurara que cada estación de trabajo tenga la cantidad de materia prima y las herramientas necesarias. Esta lista se entregará a cada operario antes de iniciar las operaciones de reencauche.

Lista de chequeo de operación			
Equipo: Plataforma con rodillos para escariado			
Operación: Escariado			
Fecha:			
Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)			
Herramientas y materias primas necesarias			
●	Cepillo de cerda delgada (1)	●	Cepillo de vulcanizado (1)
●	Cepillo delgado N° 5 (1)	●	Piedra hongo (1)
●	Carda delgada (1)	●	Carda fina (1)
Actividades			
1	Ajuste de herramientas para el escariado.		
2	Colocar llanta.		
3	Escarear llanta.		
4	Verificar contorno de la llanta.		
5	Verificar el grado de raspado, diseño de banda.		
6	Pulir defectos de la llanta.		
7	Evaluar si es apto para continuar.		
8	Trasladar a la siguiente estación.		

Figura 42: Lista de chequeo de operación " Escariado"
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.



Figura 43: Lista de chequeo de materiales y operaciones en la estación raspado.
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

También de propuso la implementación de un carrito porta herramientas ubicado en un lugar céntrico y cercano a las estaciones de trabajo. Con la ayuda del carrito ya no habrá necesidad de ir hasta el almacén, como efecto se reducirán los tiempos muertos por traslados.

Por último, para facilitar los traslados de materia prima pesada, en caso de las bandas para llantas, se utilizará un carrito para disminuir los tiempos por traslado y mejorar la ergonomía de los operarios.

En la figura 44, 45, 46, 47 y 48 se muestra el DAP luego de implementar las mejoras de la herramienta SMED y en la figura 49 se muestra donde irían ubicadas las mejoras antes mencionadas.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad	Mejora
INICIO DE LA OPERACIÓN DE RASPADO	○	□	➡	D	▽			Seg		
Buscar aro para la maquina raspadora en el carrito porta herramientas	○	□	➡	D	▽	✕		15.00	No agrega valor	Se propuso colocar un carrito porta herramientas en una zona central a las estaciones de trabajo
Herramientas y equipo de repuesto en el carrito	○	□	➡	D	▽	✕			No agrega valor	
Regreso con el aro a la estacion de raspado	○	□	➡	D	▽	✕		20.00	No agrega valor	
Colocar aro en la maquina raspadora	●	□	➡	D	▽	✕		30.00	Agrega valor	
Ajustar el angulo	○	□	➡	D	▽	✕		10.00	No agrega valor	Se marco los niveles de ajuste para agilizar el ajuste del angulo
Colocar llanta	●	□	➡	D	▽	✕		15.00	Agrega valor	
Empezar con el raspado	●	□	➡	D	▽		✕	423.00	Agrega valor	
Verificar el grado de raspado , diseño de banda	○	■	➡	D	▽	✕		30.00	Agrega valor	
Verificar si la llanta es apta	○	■	➡	D	▽	✕		40.00	No agrega valor	
Trasladar a la siguiente estacion	○	□	➡	D	▽	✕		15.00	Agrega valor	
TOTALES	3	2	3	2	1			598		

Figura 44: DAP- SMED "Raspado" luego de mejoras
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad	Mejora
INICIO DE LA OPERACIÓN DE ESCAREADO	○	□	➡	D	▽			Seg		
Encender plataforma con rodillos	○	□	➡	D	▽	✕		15.00	No agrega valor	
Colocar llanta	●	□	➡	D	▽		✕	30.00	Agrega valor	
Buscar herramientas de escareado	○	□	➡	D	▽	✕		20.00	No agrega valor	Las herramientas se encuentran ordenas y ceca de la zona de trabajo
Preparar herramienta	○	□	➡	D	▽	✕		30.00	No agrega valor	
Escarear llanta	●	□	➡	D	▽		✕	500.00	Agrega valor	
Verificar contorno de la llanta	○	■	➡	D	▽		✕	45.00	No agrega valor	
Pulir defectos de la llanta	●	□	➡	D	▽		✕	404.00	Agrega valor	
Evaluar si es apto para continuar	○	■	➡	D	▽	✕		45.00	No agrega valor	
Trasladar a la siguiente estacion	○	□	➡	D	▽	✕		15.00	Agrega valor	
TOTALES	3	2	1	3	1			1104		

Figura 45: DAP-SMED " Escareado" luego de mejoras
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Tiempo	INTERNO	EXTERNO	Tipo de actividad	Mejora
INICIO DE LA OPERACIÓN DE REPARADO	○	□	⇒	D	▽	Seg				
Colocar llanta en la plataforma de reparacion	●	□	⇒	D	▽	25.00	×		Agrega valor	
Verificar contornos	○	■	⇒	D	▽	60.00		×	Agrega valor	
Reparar daños profundos	●	□	⇒	D	▽	1200.00		×	Agrega valor	
Verificar que el daño este dentro de los limites de reparacion	○	■	⇒	D	▽	60.00	×		No agrega valor	
Taladrar el daño	●	□	⇒	D	▽	215.00		×	Agrega valor	
Cementar	●	□	⇒	D	▽	97.00		×	Agrega valor	
Espera de secado	○	□	⇒	■	▽	2700.00	×		No agrega valor	El operario realiza otras operaciones mientras seca
Rellenar usando el pabulo de reparacion	●	□	⇒	D	▽	180.00		×	Agrega valor	
Preparar parche	○	□	⇒	■	▽	30.00		×	No agrega valor	
Traslado al carrito porta herramientas	○	□	⇒	D	▽	15.00	×		No agrega valor	se coloco un carrito porta herramientas en una zona centrica para reducir los tiempos de traslados
Añadir liquido sellador al parche	○	■	⇒	D	▽	20.00	×		Agrega valor	
Regresar a la estacion de reparado	○	□	⇒	D	▽	15.00	×		No agrega valor	
Colocar parche y asegurar	●	□	⇒	D	▽	140.00		×	Agrega valor	
Verificar si la llanta es apta o no	○	■	⇒	D	▽	60.00		×	No agrega valor	
Trasladar a la siguiente estacion	○	□	⇒	D	▽	16.00	×		No agrega valor	
TOTALES	6	4	3	2	0	4833				

Figura 46: DAP-SMED "Reparado" luego de mejoras
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad	Mejora
INICIO DE LA OPERACIÓN DE RELLENADO	○	□	⇒	D	▽			Seg		
Traslado al carrito porta herramientas	○	□	⇒	D	▽	×		10.00	No agrega valor	se coloco un carrito porta herramientas en una zona centrica para reducir los tiempos de traslados
Carrito porta herramientas	○	□	⇒	D	▽	×			No agrega valor	
Traslado a la estacion rellenado	○	□	⇒	D	▽	×		25.00	No agrega valor	
Colocar llanta en el rodillo neumatico	●	□	⇒	D	▽	×		50.00	Agrega valor	
Preparar pistola extrusora	○	□	⇒	■	▽		×	40.00	No agrega valor	Preparacion rapida al tener la materia prima en una sitio cercano
Rellenar llanta con cinta de reparacion	●	□	⇒	D	▽		×	155.00	Agrega valor	
Rellenar llanta con cinta de reparacion	●	□	⇒	D	▽		×	184.00	Agrega valor	
Trasladar a la siguiente estacion	○	□	⇒	D	▽	×		50.00	No agrega valor	
TOTALES	3	0	3	2	1			514		

Figura 47: DAP-SMED "Rellenado" luego de mejoras
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Almacén	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad	Mejora
INICIO DE LA OPERACIÓN DE EMBANDADO	○	□	⇒	D	▽			Seg		
Colocar llanta en la maquina embandadora	●	□	⇒	D	▽		×	25.00	Agrega valor	
Preparar herramientas de embandado	○	□	⇒	D	▽	×		30.00	No agrega valor	Preparacion rapida al tener la zona de trabajo ordenada
Colocar goma cojin en la llanta	●	□	⇒	D	▽		×	89.00	Agrega valor	
Colocar anti quiebre en el contorno de la llanta	●	□	⇒	D	▽		×	78.00	Agrega valor	
Trasladarse a la zona de corte de bandas	○	□	⇒	D	▽	×		50.00	No agrega valor	
Buscar rollos de bandas según modelo de llanta	○	□	⇒	D	▽	×		20.00	No agrega valor	
Traslado al almacen de bandas	○	□	⇒	D	▽	×		50.00	No agrega valor	
Almacen de bandas	○	□	⇒	D	▽	×			No agrega valor	
Búsqueda de bandas en almacén	○	□	⇒	D	▽	×		90.00	No agrega valor	Facilidad al ubicar las bandas al tener un almacen ordenado
Traslado a la zona de corte de bandas	○	□	⇒	D	▽	×		60.00	No agrega valor	Se utiliza un carrito para trasladar rollos de banda pesados
Pesar rollo de banda	●	□	⇒	D	▽	×		50.00	Agrega valor	
Colocar banda en la mesa de corte	●	□	⇒	D	▽	×		30.00	Agrega valor	
Traer herramientas de corte y medición	○	□	⇒	D	▽	×		20.00	No agrega valor	Herramientas ubicadas en lugares cercanos
Medir banda	●	□	⇒	D	▽		×	120.00	Agrega valor	
Cortar banda	●	□	⇒	D	▽		×	300.00	Agrega valor	
Cementar banda cortada	●	□	⇒	D	▽		×	180.00	Agrega valor	
Colgar y esperar que seque	○	□	⇒	D	▽	×		2400.00	No agrega valor	
Traslado a la estacion de embandado	○	□	⇒	D	▽	×		50.00	No agrega valor	
Realizar embandado	●	□	⇒	D	▽		×	1020.00	Agrega valor	
Trasladar a la siguiente estación	○	□	⇒	D	▽	×		20.00	No agrega valor	
TOTALES	9	0	5	5	1			4682		

Figura 48: DAP-SMED "Embandado" luego de mejoras

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

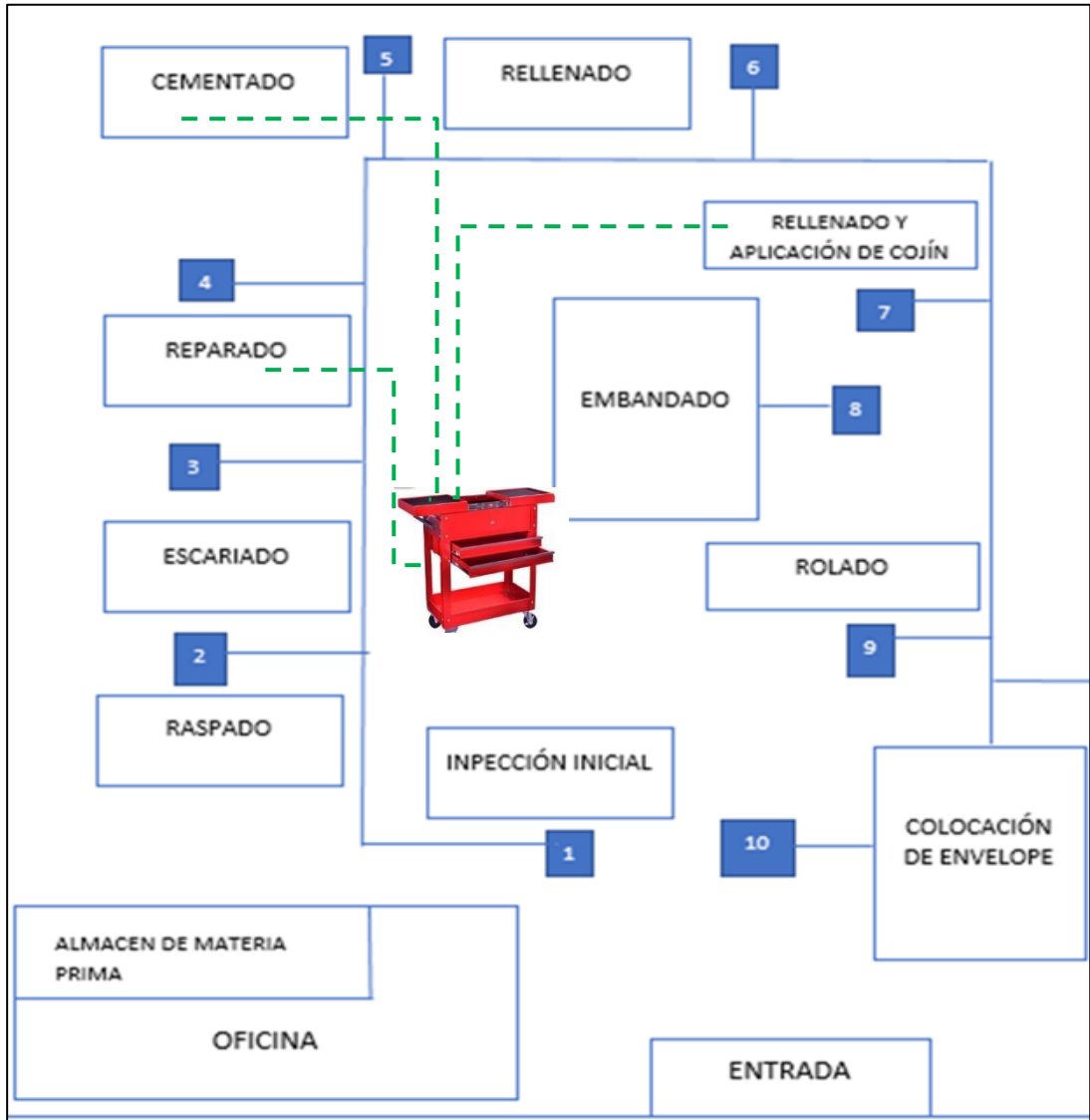


Figura 49: Ubicación de mejoras SMED
 Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

5.2. Análisis de Resultados

5.2.1. Resultados 5'S

Se realizó una toma de tiempos de los tiempos muertos por búsquedas de herramientas, materia prima y traslados de estas, después de haber realizado la prueba piloto. En la tabla 12 se observan los tiempos tomados.

Tabla 12. Tabla de tiempos después de 5'S

Nº de día	T.M por búsqueda de materia prima en almacén	T.M por búsquedas en su propio puesto de trabajo	T.M por traslados al almacén	T.M por espera de atención en almacén	Total x día
1	937.40	59.77	242	109.22	1348.39
2	924.50	61.06	242	107.5	1335.06
3	928.80	55.90	238	109.65	1332.35
4	911.60	62.35	240	107.5	1321.45
5	909.45	63.64	231	104.06	1308.15
6	907.30	65.36	236	104.92	1313.58
7	946.00	56.76	227	110.94	1340.70
8	937.40	54.18	235	106.21	1332.79
9	989.00	53.75	233	102.77	1378.52
10	974.38	56.33	237	99.76	1367.47
11	964.06	53.75	227	101.48	1346.29
12	943.85	55.90	197	98.9	1295.65
13	915.90	64.50	200	94.6	1275.00
14	913.75	63.21	229	105.35	1311.31
15	950.30	58.05	225	103.2	1336.55
16	958.90	58.91	210	103.2	1331.01
17	941.70	55.04	225	109.65	1331.39
18	948.15	53.32	220	107.5	1328.97
19	950.73	54.61	240	101.91	1347.25
20	958.04	55.90	246	103.2	1363.14
21	953.74	53.75	243	105.78	1356.27
Total en seg	19764.95	1216.04	4823	2197.3	28001.29
Total en min	329.42	20.27	80.38	36.62	466.69
Promedio en min	15.69	0.97	3.83	1.74	22.22

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración Propia.

En la tabla 12 se muestra que el promedio de tiempos muertos por búsquedas de herramientas, materia prima y traslados de estas es de 22.22 minutos.

Con la información obtenida en la Tabla 12 se determinó si los datos tienen una distribución normal ($P > 0.05$) utilizando la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (por contar con una muestra entre $20 < n < 1000$ datos) en el Software Microsoft Excel.

Los resultados se muestran en la tabla 13:

Tabla 13. Prueba de normalidad

i	Xi	(Xi -MED)2	ai	Xi INV	Dif (Xi - Xi INV)
1	1275	3409.95	0.4643	1378.52	-103.52
2	1295.65	1424.67	0.3185	1367.47	-71.82
3	1308.15	637.30	0.2578	1363.14	-54.99
4	1311.31	487.74	0.2119	1356.27	-44.96
5	1313.58	392.62	0.1736	1348.39	-34.81
6	1321.45	142.68	0.1339	1347.25	-25.80
7	1328.97	19.58	0.1092	1346.29	-17.32
8	1331.01	5.69	0.0804	1340.70	-9.69
9	1331.39	4.02	0.0530	1336.55	-5.16
10	1332.35	1.09	0.0263	1335.06	-2.71
11	1332.79	0.37	0	1332.79	0.00
12	1335.06	2.77		1332.35	
13	1336.55	9.96		1331.39	
14	1340.7	53.37		1331.01	
15	1346.29	166.29		1328.97	
16	1347.25	191.97		1321.45	
17	1348.39	224.86		1313.58	
18	1356.27	523.28		1311.31	
19	1363.14	884.78		1308.15	
20	1367.47	1161.12		1295.65	
21	1378.52	2036.29		1275.00	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración Propia.

Los datos se ajustan a una distribución normal. Por superar el mínimo de nivel de significancia que indica en la tabla de Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks con $n= 21$ y $P > 0.05$ da un nivel de significancia mínimo de 0.908.

MED	1333.39476
(Xi -MED)2	11780.37
ai*Dif	-107.155261
SW c	0.97469384
SW t	0.908

19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989

En la tabla 14 se muestra la comparación de tiempos del antes y después de la implementación de la metodología 5 S.

Tabla 14. Comparación de tiempos 5 S

Nº de día	Tiempo total antes	Tiempo total después
1	2815	1348.39
2	2784	1335.06
3	2783	1332.35
4	2755	1321.45
5	2736	1308.15
6	2742	1313.58
7	2817	1340.7
8	2788	1332.79
9	2897	1378.52
10	2866	1367.47
11	2830	1346.29
12	2752	1295.65
13	2700	1275
14	2746	1311.31
15	2810	1336.55
16	2817	1331.01
17	2798	1331.39
18	2799	1328.97
19	2815	1347.25
20	2844	1363.14
21	2832	1356.27
Total	58726	28001.29
Total en min	978.77	466.69
Promedio en min	46.61	22.22

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 14, hubo una reducción de tiempos muertos con promedio de 24.39 minutos por día. Es decir, se logró una mejora de tiempos correspondiente al 52.32% en los tiempos muertos por búsquedas de herramientas, materia prima y traslado de estas.

5.2.1.1. Prueba de Hipótesis 1

Hipótesis específica 1

La aplicación del método 5'S influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Planteamiento de hipótesis 1:

H0: La aplicación del método 5'S no influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche

H1: La aplicación del método 5'S influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Para realizar esta prueba de hipótesis hemos utilizado la prueba de diferencia de medias.

Tabla 15. Datos de las variables

Día	Xi	Yi
1	2815	1348.39
2	2784	1335.06
3	2783	1332.35
4	2755	1321.45
5	2736	1308.15
6	2742	1313.58
7	2817	1340.7
8	2788	1332.79
9	2897	1378.52
10	2866	1367.47
11	2830	1346.29
12	2752	1295.65
13	2700	1275
14	2746	1311.31
15	2810	1336.55
16	2817	1331.01
17	2798	1331.39
18	2799	1328.97
19	2815	1347.25
20	2844	1363.14
21	2832	1356.27

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Tabla 16. Prueba de hipótesis Diferencia de medias 5'S

	Xi	Yi
Media	2796.47619	1333.394762
Varianza	2194.561905	589.0182862
Observaciones	21	21
Varianza agrupada	1391.790095	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	40	
Estadístico t	127.079728	
Valor crítico de t (una cola)	2.42325677933486	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración Propia.

Comprobación de Hipótesis específica 1:

Ho: La aplicación del método 5'S no influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Ho: $X_i = Y_i$

H1: La aplicación del método 5'S influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

H1: $X_i > Y_i$

Regla de decisión
Se rechaza Ho si:
$t_c > 2.4232$
Se acepta Ho si:
$t_c \leq 2.4232$

Basándonos en la regla de decisión la hipótesis nula (Ho) se rechaza al obtener el t_c 127.0797 mayor al valor crítico 2.4232.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H1 la cual nos menciona que la aplicación del método 5'S influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

5.2.2. Resultados Poka Yoke

Se realizó una toma de tiempos de los tiempos muertos por reprocesos por fallo y olvidos en el desarrollo de la operación después de haber realizado la prueba piloto. En la tabla 17 se observan los tiempos tomados.

Tabla 17. *Tabla de tiempos después de Poka Yoke*

Nº de día	T.M por reproceso por fallo en el desarrollo de la operación
Día 1	582.75
Día 2	585.6
Día 3	588
Día 4	590.12
Día 5	594.1
Día 6	595.5
Día 7	600.5
Día 8	601.8
Día 9	604.5
Día 10	604.65
Día 11	605.6
Día 12	607.75
Día 13	608.13
Día 14	610.35
Día 15	611
Día 16	612
Día 17	612.3
Día 18	614.25
Día 19	614.25
Día 20	615.55
Día 21	617.5
Total	12676.2
Total en min	211.27
Promedio en min	10.06

Fuente: Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

En la tabla 17 se muestra que el promedio de tiempos muertos por fallos y olvidos en el desarrollo de la operación es de 10.06 minutos.

Con la información obtenida en la Tabla 17 se determinó si los datos tienen una distribución normal ($P > 0.05$) utilizando la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (por contar con una muestra entre $20 < n < 1000$ datos) en el Software Microsoft Excel.

Los resultados se muestran en la tabla 18:

Tabla 18. Prueba de normalidad Poka Yoke

i	X_i	$(X_i - \text{MED})^2$	a_i	$X_i \text{ INV}$	Dif ($X_i - X_i \text{ INV}$)
1	582.75	435.914745	0.4643	617.5	-34.75
2	585.6	325.029388	0.3185	615.55	-29.95
3	588	244.252245	0.2578	614.25	-26.25
4	590.12	182.481502	0.2119	614.25	-24.13
5	594.1	90.7936735	0.1736	612.3	-18.2
6	595.5	66.0736735	0.1339	612	-16.5
7	600.5	9.78795918	0.1092	611	-10.5
8	601.8	3.34367347	0.0804	610.35	-8.55
9	604.5	0.75938776	0.053	608.13	-3.63
10	604.65	1.04331633	0.0263	607.75	-3.1
11	605.6	3.88653061	0	605.6	0
12	607.75	16.9861735		604.65	
13	608.13	20.2628592		604.5	
14	610.35	45.177602		604.5	
15	611	54.3379592		601.8	
16	612	70.0808163		594.1	
17	612.3	75.1936735		591.5	
18	614.25	112.814745		590.12	
19	614.25	112.814745		588	
20	615.55	142.120459		585.6	
21	617.5	192.416531		582.75	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Los datos se ajustan a una distribución normal. Por superar el mínimo de nivel de significancia que indica en la tabla de Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks con $n = 21$ y $P > 0.05$ da un nivel de significancia mínimo de 0.908.

MED	603.63
(Xi –MED)2	2205.57166
ai*Dif	-45.030707
SW c	0.91938277
SW t	0.908

19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989

En la tabla 19 se muestra la comparación de tiempos del antes y después de la implementación de la metodología Poka Yoke.

Tabla 19. Comparación de tiempos Poka Yoke

N° de día	Tiempo total antes	Tiempo total después
Día 1	945	582.75
Día 2	930	585.6
Día 3	950	588
Día 4	900	590.12
Día 5	945	594.1
Día 6	935	595.5
Día 7	900	600.5
Día 8	895	601.8
Día 9	914	604.5
Día 10	898	604.65
Día 11	947	605.6
Día 12	945	607.75
Día 13	910	608.13
Día 14	942	610.35
Día 15	939	611
Día 16	940	612
Día 17	940	612.3
Día 18	930	614.25
Día 19	935	614.25
Día 20	932	615.55
Día 21	930	617.5
Total	19502.00	12676.20
Total en min	325.03	211.27
Promedio en min	15.48	10.06

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 19, hubo una reducción de tiempos muertos con promedio de 5.42 minutos por día. Es decir, se logró una mejora de tiempos correspondiente al 35% en los tiempos muertos por reprocesos por fallo y olvidos en el desarrollo de la operación.

5.2.2.1. Prueba de Hipótesis 2

Hipótesis específica 2

La aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Planteamiento de hipótesis 2:

Ho: La aplicación del método Poka Yoke no influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

H1: La aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Para realizar esta prueba hemos utilizado la prueba de hipótesis de diferencia de medias de los tiempos muertos.

Tabla 20. Datos de las variables Poka Yoke

Día	Xi	Yi
1	945	582.75
2	930	585.6
3	950	588
4	900	590.12
5	945	594.1
6	935	595.5
7	900	600.5
8	895	601.8
9	914	604.5
10	898	604.65
11	947	605.6
12	945	607.75
13	910	608.13
14	942	610.35
15	939	611
16	940	612
17	940	612.3
18	930	614.25
19	935	614.25
20	932	615.55
21	930	617.5

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Tabla 21. Prueba de hipótesis Diferencia de medias Poka Yoke

	X_i	Y_i
Media	928.6666667	603.6285714
Varianza	325.5333333	110.2785829
Observaciones	21	21
Varianza agrupada	217.9059581	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	40	
Estadístico t	71.35006306	
Valor crítico de t (una cola)	2.42325677933486	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Comprobación de Hipótesis específica 2:

Ho: La aplicación del método Poka Yoke no influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Ho: $X_i = Y_i$

H1: La aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

H1: $X_i > Y_i$

Regla de decisión
Se rechaza Ho si:
$t_c > 2.4232$
Se acepta Ho si:
$t_c \leq 2.4232$

Basándonos en la regla de decisión la hipótesis nula (Ho) se rechaza al obtener el t_c 71.35 es mayor al valor crítico 2.4232.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H1 la cual nos menciona que la aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

5.2.3. Resultados SMED

Se realizó una toma de tiempos de los tiempos muertos por traslados por búsqueda de equipo y preparación o cambio de herramienta después de haber realizado la prueba piloto. En la tabla 22 se observan los tiempos tomados.

Tabla 22. *Tabla de tiempos después de SMED*

N° de día	T.M por traslado por búsqueda de equipo	T.M por preparación o cambio de herramienta	Total x día
Día 1	447.02	296.36	743.38
Día 2	443.3	300.7	744.00
Día 3	448.88	291.4	740.28
Día 4	430.28	301.32	731.6
Día 5	445.16	292.64	737.8
Día 6	453.22	297.6	750.82
Día 7	427.8	334.8	762.6
Día 8	439.58	316.2	755.78
Día 9	432.76	332.94	765.7
Día 10	414.16	331.7	745.86
Día 11	443.3	291.4	734.7
Día 12	434	294.5	728.5
Día 13	446.4	298.84	745.24
Día 14	434	291.4	725.4
Día 15	440.2	297.6	737.8
Día 16	446.4	285.2	731.6
Día 17	447.64	295.74	743.38
Día 18	445.16	290.16	735.32
Día 19	446.4	292.64	739.04
Día 20	449.5	294.5	744
Día 21	438.96	300.7	739.66
Total	9254.12	6328.34	15582.46
Total en min	154.24	105.47	259.71
Promedio en min	7.34	5.02	12.37

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

En la tabla 22 se muestra que el promedio de tiempos muertos por búsqueda de equipo y preparación o cambio de herramienta es de 12.37 minutos.

Con la información obtenida en la Tabla 22 se determinó si los datos tienen una distribución normal ($P > 0.05$) utilizando la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (por contar con una muestra entre $20 < n < 1000$ datos) en el Software Microsoft Excel.

Los resultados se muestran en la tabla 23:

Tabla 23. Prueba de normalidad SMED

i	Xi	(Xi -MED)2	ai	Xi INV	Dif (Xi - Xi INV)
1	725.4	276.287718	0.4643	765.7	-40.3
2	728.5	182.841908	0.3185	762.6	-34.1
3	731.6	108.616099	0.2578	755.78	-24.18
4	731.6	108.616099	0.2119	750.82	-19.22
5	734.7	53.6102893	0.1736	745.86	-11.16
6	735.32	44.9155274	0.1339	745.24	-9.92
7	737.8	17.8244798	0.1092	744	-6.2
8	737.8	17.8244798	0.0804	744	-6.2
9	739.04	8.89175601	0.0530	743.38	-4.34
10	739.66	5.5785941	0.0263	743.38	-3.72
11	740.28	3.0342322	0	740.28	0
12	743.38	1.84442268		739.66	
13	743.38	1.84442268		739.04	
14	744	3.91286077		737.8	
15	744	3.91286077		737.8	
16	745.24	10.356137		735.32	
17	745.86	14.7309751		734.7	
18	750.82	77.4064798		731.6	
19	755.78	189.285185		731.6	
20	762.6	423.458004		728.5	
21	765.7	560.652194		725.4	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Los datos se ajustan a una distribución normal. Por superar el mínimo de nivel de significancia que indica en la tabla de Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks con $n= 21$ y $P > 0.05$ da un nivel de significancia mínimo de 0.908.

MED	742.022
$(X_i - \text{MED})^2$	2115.445
$a_i * \text{Dif}$	-44.648
SW c	0.942
SW t	0.908

19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989

En la tabla 24 se muestra la comparación de tiempos del antes y después de la implementación de la metodología SMED.

Tabla 24. Comparación de tiempos SMED

Nº de día	Tiempo total antes	Tiempo total después
1	1199	743.38
2	1200	744
3	1194	740.28
4	1180	731.6
5	1190	737.8
6	1211	750.82
7	1230	762.6
8	1219	755.78
9	1235	765.7
10	1203	745.86
11	1185	734.7
12	1175	728.5
13	1202	745.24
14	1170	725.4
15	1190	737.8
16	1180	731.6
17	1199	743.38
18	1186	735.32
19	1192	739.04
20	1200	744
21	1193	739.66
Total	25133	15582.46
Total en min	418.88	259.71
Promedio en min	19.95	12.37

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Se puede observar que en la tabla 24, hubo una reducción de tiempos muertos con promedio de 7.58 minutos por día. Es decir, se logró una mejora de tiempos correspondiente al 38% en los tiempos muertos por traslados por búsqueda de equipo y preparación o cambio de herramienta.

5.2.3.1. Prueba de Hipótesis 3

Hipótesis específica 3

La aplicación del método SMED influye en la reducción de tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Planteamiento de hipótesis 3:

Ho: La aplicación del método SMED no influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

H1: La aplicación del método SMED influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Para realizar esta prueba hemos utilizado la prueba de hipótesis de diferencia de medias de los tiempos muertos.

Tabla 25. Datos de las variables SMED

Día	Xi	Yi
Día 1	1199	743.38
Día 2	1200	744
Día 3	1194	740.28
Día 4	1180	731.6
Día 5	1190	737.8
Día 6	1211	750.82
Día 7	1230	762.6
Día 8	1219	755.78
Día 9	1235	765.7
Día 10	1203	745.86
Día 11	1185	734.7
Día 12	1175	728.5
Día 13	1202	745.24
Día 14	1170	725.4
Día 15	1190	737.8
Día 16	1180	731.6
Día 17	1199	743.38
Día 18	1186	735.32
Día 19	1192	739.04
Día 20	1200	744
Día 21	1193	739.66

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Tabla 26. Prueba de hipótesis Diferencia de medias SMED

	X_i	Y_i
Media	1196.809524	742.0219048
Varianza	275.1619048	105.7722362
Observaciones	21	21
Varianza agrupada	190.4670705	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	40	
Estadístico t	106.7808397	
Valor crítico de t (una cola)	2.423256779	

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Comprobación de Hipótesis específica 3:

Ho: La aplicación del método SMED no influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

Ho: $X_i = Y_i$

H1: La aplicación del método SMED influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

H1: $X_i > Y_i$

Regla de decisión
Se rechaza Ho si:
$t_c > 2.4232$
Se acepta Ho si:
$t_c \leq 2.4232$

Basándonos en la regla de decisión la hipótesis nula (Ho) se rechaza al obtener el tc 106.78 es mayor al valor crítico 2.4232.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H1 la cual nos menciona que la aplicación del método SMED influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.

5.3. Resumen de Resultados

A continuación, se visualiza la síntesis de los resultados obtenidos en la presente investigación.

Tabla 27: *Resumen de Resultados*

Hipótesis específica	Variable independiente	Variable Dependiente	Indicador	Pre-Test	Post-Test	Diferencia
La aplicación del método 5'S influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos	5'S	Tiempos muertos	Minutos muertos al día por desorganización	46.61	22.22	Disminuyó en 24.39 52.33 %
La aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos	Poka Yoke	Tiempos muertos	Minutos muertos al día por errores en la producción	15.48	10.06	Disminuyó en 5.42 35.01 %
La aplicación del método SMED influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencauchadora de neumáticos	SMED	Tiempos muertos	Minutos muertos al día por preparación	19.95	12.37	Disminuyó en 7.58 37.99 %

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que aplicando la metodología Lean Manufacturing en el área de producción, se logró reducir los tiempos muertos globales (desorganización, errores en la operación y preparación de equipos y herramientas) en un 45.57%.
2. Guiándonos de los resultados de la prueba de hipótesis diferencia de medias, al obtener un estadístico t igual a 127.079 superior al valor crítico t igual a 2.4232. Se concluye que existe diferencia entre la media de los tiempos muertos por desorganización, lo nos indica que la metodología de las 5'S logró satisfactoriamente una reducción de tiempos muertos por desorganización del 52%, reduciendo tiempos de búsqueda de herramientas, tiempos de búsqueda de bandas, aplicando mejores criterios de clasificación, liberando espacios, organizando y eliminando fuentes de suciedad.
3. Basándonos en los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis diferencia de medias, al obtener un estadístico t igual a 71.35 superior al valor crítico t igual a 2.423. Se llega a la conclusión de que existe una diferencia en la media de los tiempos muertos, esto indica que la aplicación la metodología Poka Yoke logró satisfactoriamente una reducción de tiempos por errores en el proceso de 35%, mediante la identificación visual de áreas de relleno del neumático, la creación de una lista de chequeo operacional y un sistema de visualización del tiempo de secado de las bandas y las llantas.
4. Según los resultados obtenidos con la prueba de hipótesis diferencia de medias, al obtener un estadístico t igual a 106.78 superior al valor crítico t igual a 2.42. Se concluye que existe una diferencia en la media de tiempos muertos por preparación y cambio de herramientas, esto indica que aplicación de la metodología SMED logró satisfactoriamente una reducción de tiempos de preparación y cambio de herramienta en el proceso de reencauche del 38%, mediante la implementación de un carrito porta herramientas y una lista de chequeo (ayuda a comprobar que se tiene todas las herramientas que necesita para una operación particular).

RECOMENDACIONES

1. Al momento de implementar las herramientas Lean Manufacturing se recomienda que se inicie con las 5'S ya que facilita la aplicación de las demás herramientas y también brinda una visión clara del área donde se implementara las demás herramientas.
2. Se recomienda implementar de manera continua la propuesta desarrollada en la prueba piloto para incrementar la productividad en la producción mediante la reducción permanente de los tiempos muertos atacados por las herramientas del Lean Manufacturing.
3. Aplicar las 5'S en la zona de almacén de Bandas es recomendable para poder atacar nuevos tiempos muertos de abastecimiento con la metodología ya empleada.
4. Se recomienda promover un programa de incentivos para los operarios mientras se implementan las mejoras sugeridas, para así conseguir un avance en el cumplimiento de objetivos hasta que forme parte de las competencias laborales de cada trabajador. Además, se recomienda reducir la rotación del personal para mantener la mano de obra calificada y concientizada para que el programa no tenga altibajos.

REFERENCIAS

- Arroyo, N. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9778/Arroyo_pn.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Becerra, E. L. (2018). *Productos de caucho impulsaron el alza de la producción industrial en julio*. 20 de Julio de 2020, de La Republica:
<https://www.larepublica.co/economia/productos-de-caucho-impulsaron-el-alza-de-la-produccion-industrial-en-julio-2771216>
- Beltrán, C., & Soto, A. (2017). *Aplicación de herramientas lean manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S [Tesis de Pregrado, Universidad de la Salle]*. Repositorio Institucional de la Universidad de la Salle.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=ing_industrial
- Bonilla, J., & Chacon, J. (2017). *Propuesta de mejora de procesos productivos mediante la filosofía Lean Manufacturing en la empresa Tintorería Megaprocesos y Terminados S.A.S. de Bogotá D.C. [Tesis de Pregrado, Universitaria Agustiniiana]*. Repositorio Institucional de Universitaria Agustiniiana.
<http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/147/ChaconMunoz-JoseLuis-1-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bridgestone Americas Tire Operations, LLC. (2020). *¿Por qué reencauchar los neumáticos?* 12 de Setiembre de 2020, de bandag.com:
<https://www.bandag.com/es-us/why-retread#>
- Carpio, J. (2012). *Implementación de Manufactura Esbelta en la línea de producción de la empresa SEDEMI S.C.C. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]*. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de

Chimborazo.

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/397/1/UNACH-EC-IINDUST-2012-0003.pdf>

Chacón, J. (2019). *Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para Mejorar la Productividad de la Empresa de Calzados CHANG S.R.L.* [Tesis de Pregrado inédita]. Universidad Señor de Sipán.

Chávez, E. (2019). *Mitos y verdades sobre el reencauche de llantas*. 10 de Setiembre de 2020, de autocosmos.com:
<https://noticias.autocosmos.com.co/2019/10/11/mitos-y-verdades-sobre-el-reencauche-de-llantas>

Ferreira, J., & Natividad, L. (2019). *Propuesta de mejora de la Productividad del Área de flexibles de una Empresa Manufacturera de productos plásticos descartables mediante la Metodología Lean Manufacturing* [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma.
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2944>

Gómez, J. (2017). *Implementación de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la confiabilidad de los equipos de frío en el área de mantenimiento. Empresa Jochemai SAC Lima 2017* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18843/G%20c3%b3mez_LJB.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación*. España: EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.
<https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Sexta ed.). Mc Graw Hill.
[file:///C:/Users/HP%20CORE%20i3/Downloads/Methodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20\(Hern%C3%A1ndez%20Sampieri,%206ta%20edici%C3%B3n\).pdf](file:///C:/Users/HP%20CORE%20i3/Downloads/Methodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20(Hern%C3%A1ndez%20Sampieri,%206ta%20edici%C3%B3n).pdf)

- Kuldip, S., & Jaiprakash, B. (2014). *Lean Manufacturing: Literature Review and Research Issues* (Vol. 34). International Journal of Operations & Production Management.
- Martínez, A. (2016). *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el Comando Logístico Reino de Quito N°. 25 (COLOG) en el departamento de Mantenimiento [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial]*. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica Equinoccial.
http://192.188.51.77/bitstream/123456789/14476/1/66885_1.pdf
- Molina, A. (2016). *Lean Manufacturing en los procesos de un Centro de distribución para incrementar la productividad [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]*. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México.
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63084/TESINA%20LOGISTICA%20COMPLETA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moral, I. (2006). Comparación de medias. *Revistas Seden*, 1(1), 165-183.
<https://www.revistaseden.org/files/12-CAP%2012.pdf>
- Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. (2010). *LEAN MANUFACTURING La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/53016?prev=bf>
- Salas, D. (2017). *Aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el Área de Almacén de la Empresa Dione Ingenieros GLP GNV S.A.C., SANTA ANITA, 2017 [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12168/Salas_MDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Marge Books.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/117567?prev=bf>

Socconini, L. (2019). *Lean Six Sigma Yellow Belt. Manual de certificación*. Marge Books.

<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/122393?prev=bf>

Sociedad Nacional de Industrias (SNI). (2018). *Fabricación de productos de caucho creció 1.8% en 2017 luego de tres años*. 01 de Agosto de 2020, de sni.org.pe: sni.org.pe/sni-fabricacion-productos-caucho-crecio-1-8-2017-luego-tres-anos/

Womack, J., & Jones, D. (2017). *La Máquina que cambio el mundo: La Historia de la Producción Lean , El Arma secreta de TOYOTA que revolucionó la industria mundial del automovil*. Bresca.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
General	General	General				
¿En qué medida la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing reduce los tiempos muertos en una empresa de reencauche?	Cuantificar la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche con la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing.	La aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing reduce los tiempos muertos en una empresa de reencauche	Aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing		Tiempos muertos	
Específicos	Específicos	Específicas				
¿En qué medida influye la aplicación del método de las 5'S en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche?	Cuantificar la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche con la aplicación de las 5'S.	La aplicación del método 5'S influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.	5'S	Si/No	Tiempo muerto	% variación Tiempos muertos por desorganización
¿En qué medida influye la aplicación del método Poka Yoke en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche?	Cuantificar la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche con la aplicación del método Poka Yoke.	La aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.	Poka Yoke	Si/No	Tiempo muerto	Tiempos muertos por errores en la operación
¿En qué medida influye la aplicación del método SMED en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche?	Cuantificar la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche con la aplicación del método SMED.	La aplicación del método SMED influye en la reducción de los tiempos muertos en una empresa de reencauche.	SMED	Si/No	Tiempo muerto	Tiempos de cambio de herramienta

Anexo 2: Matriz de Operacionalización

	¿A quién voy a medir?		¿Qué voy a medir?	¿Cómo voy a medir?	¿Cuándo?	¿Qué voy a hacer con los datos?
Objetivo de Investigación	Unidad de análisis	Población y Muestra	Variable	Instrumento y Técnica de recogida		Procedimiento y Análisis de datos
Objetivo 1: Cuantificar la reducción de tiempos muertos de una empresa reenchadora de neumáticos con la aplicación de las 5's.	Proceso de reencache	Población: Proceso de reencache Muestra: Proceso de reencache	V1: Implementar 5'S	Técnica: Observación Instrumento: Check list de implementación de 5S	1 vez al inicio y al final	Representarlos en un par ordenado tomando la V1 como X; y la variable V21 como Y; a lo largo de los seis meses de evaluación. Luego aplicar técnica de diferencia de medias.
		Población: Proceso de reencache Muestra: Tiempos del proceso de reencache	V21: # Tiempos muertos	Técnica: Observación Instrumento: Registro de tiempos muertos por operación	1 vez a la semana	
Objetivo 2: Cuantificar la reducción de tiempos muertos de una empresa reenchadora de neumáticos con la aplicación del método Poka Yoke.	Proceso de reencache	Población: Proceso de reencache Muestra: Proceso de reencache	V1: Implementar Poka Yoke	Técnica: Observación Instrumento: AMEF y Check list de implementación de Poka Yoke	1 vez por semana	Representarlos en un par ordenado tomando la V1 como X; y la variable V22 como Y; a lo largo de los seis meses de evaluación. Luego aplicar técnica de diferencia de medias.
		Población: Proceso de reencache Muestra: Tiempos del proceso de reencache	V22: # Tiempos muertos	Técnica: Observación Instrumento: Registro de tiempos muertos por operación	1 vez a la semana	
Objetivo 3: Cuantificar la reducción de tiempos muertos de una empresa reenchadora de neumáticos con la aplicación del método SMED.	Proceso de reencache	Población: Proceso de reencache Muestra: Proceso de reencache	V1: Implementar SMED	Técnica: Observación Instrumento: Check list de implementación de SMED	1 vez por mes	Representarlos en un par ordenado tomando la V1 como X; y la variable V23 como Y; a lo largo de los seis meses de evaluación. Luego aplicar técnica de diferencia de medias.
		Población: Proceso de reencache Muestra: Tiempos del proceso de reencache	V23: # Tiempos muertos	Técnica: Observación Instrumento: Registro de tiempos muertos por operación.	1 vez por semana	

Anexo 3: Formato de evaluación 5'S

Evaluación de orden y limpieza				0 = No hay implementación 1 = Ltn 20% de cumplimiento 2 = Cumple al 40% 3 = Cumple al 100% ES LA MEJOR AREA PARA TRABAJAR DE MANERA SEGURA	Área de Reencauche
Area Reencauche Fecha 18.9.20 Auditor: Juan de Dios Responsable del area:					
1	Seleccionar	Antes	Actual	Referencias	
1.1	Se tiene un listado de objetos necesarios (incluye mesas de trabajo, MP, PP, PT, Máquinas) e indica el rango de cantidades permitidas			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
1.2	Se cuenta sólo con las Herramientas necesarias, en las cantidades necesarias y en buen estado			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
1.3	Se cuenta sólo con la mesas de trabajo, periódicos murales y registros en las cantidades necesarias y en buen estado			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
1.4	Se cuenta sólo con la Materia prima (MP) / insumos necesarios, en las cantidades necesarias y vigentes			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
1.5	Se cuenta solo con el Producto en proceso (PP) , en las cantidades necesarias y vigentes			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
1.6	Se cuenta solo con el Producto Terminado (PT) , en las cantidades necesarias y vigentes			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
1.7	Se cuenta solo con las Máquinas necesarias, en las cantidades necesarias y en buen estado			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
1.8	No se identifican Objetos extraños (incluye basura) dentro del área auditada			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
2	Ordenar	Antes	Actual		
2.1	Se cuenta con un documento / layout que indique la ubicación de todos los objetos (MQ, Herramientas, MP, PP, PT, Mesas de trabajo, Racks, Carritos, etc)			No se cuenta con el documento / layout, nota = 0 Se cuenta con el documento pero no actualizado ni publicado, nota = 1 Se cuenta con documento / layout actualizado pero no publicado, nota = 2 Se cuenta con el documento / layout actualizado y publicado, nota = 3	
2.2	Las Sub-áreas de trabajo están debidamente identificadas y visualmente delimitadas con los colores apropiados			Con 1 o más hallazgos (sub-áreas de trabajo sin identificación ni delimitación), nota = 0 Alguna Sub-área de trabajo no identificada pero sí delimitada, nota = 1 Alguna Sub-área de trabajo sí identificada pero no delimitada, nota = 2 Todos las sub-áreas de trabajo identificadas y correctamente delimitadas = 3	
2.3	Las Máquinas están debidamente identificadas y visualmente delimitadas con los colores apropiados			Con 1 o más hallazgos (máquinas sin identificación ni delimitación), nota = 0 Alguna máquina no identificada pero sí delimitada, nota = 1 Alguna máquina sí identificada pero no delimitada, nota = 2 Todos las máquinas identificadas y correctamente delimitadas = 3	
2.4	Las herramientas se encuentran en sus lugares asignados o en uso. (Solo esas dos opciones)			Con 3 o más Herramientas fuera del lugar asignado y no siendo usada, nota = 0 Con 2 Herramientas fuera del lugar y no siendo usada, nota = 1 Con 1 Herramienta fuera del lugar y no siendo usada, nota = 2 Todas las herramientas en su lugar o en uso, nota = 3	
2.5	Los lugares asignados para las herramientas están debidamente identificados y delimitados.			Se elige una muestra de 3 herramientas: Las 3 herramientas sin lugar identificado, nota = 0 Con 1 o 2 herramientas con lugar identificado, nota = 1 Las 3 herramientas con lugar identificado, nota = 2 Todas la herramientas tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	
2.6	Todos los materiales (MP/insumos, PP, PT) se encuentran en su lugar asignado			Se elige una muestra de 3 materiales Los 3 materiales fuera de lugar, nota = 0 Con 1 o 2 materiales fuera de lugar, nota = 1 Los 3 materiales en su lugar asignado, nota = 2 Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	
2.7	Los lugares asignados para los materiales (MP/insumos, PP, PT) están debidamente identificados y delimitados.			Se elige una muestra de 3 materiales Los 3 materiales sin lugar identificado y delimitado, nota = 0 Con 1 o 2 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 1 Los 3 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 2 Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	
2.8	Todos los racks tienen sus compartimientos etiquetados, son respetados y visualmente ordenados			Con 3 compartimientos no identificados, nota = 0 Con 1 o 2 compartimientos no identificados, nota = 1 Con todos los compartimientos identificados pero alguno no respetado, nota = 2 Con todos los compartimientos identificados y respetados, nota = 3	
2.9	Los lugares asignados para los racks están debidamente identificados y delimitados.			Se elige una muestra de 3 racks: Los 3 racks sin lugar identificado, nota = 0 Con 1 o 2 racks con lugar identificado, nota = 1 Los 3 racks con lugar identificado, nota = 2 Todos los racks tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3	
2.10	Las mesas se encuentran libres de productos, materiales, herramientas que no se estén usando			Con 3 o más Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 0. Con 2 Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 1 Con 1 Mesa de trabajo con hallazgos, nota = 2 Todas las Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 3	
2.11	Los carritos de transporte están identificados con lo que contiene y son respetados			Con 3 carritos no identificados, nota = 0 Con 1 o 2 carritos no identificados, nota = 1 Con todos los carritos identificados pero alguno no respetado, nota = 2 Con todos los carritos identificados y respetados, nota = 3	
2.12	Los Pasillos están libres de obstáculos.			Con 3 o más hallazgos, nota = 0 Con 2 hallazgos, nota = 1 Con 1 hallazgo, nota = 2 Ningún hallazgo, nota = 3	
2.13	Los tachos de basura están ubicados en su lugar asignado y el lugar está debidamente identificado y delimitado			Con 3 tachos fuera de su lugar o no identificados, nota = 0 Con 1 o 2 tachos fuera de su lugar no identificados, nota = 1 Con 3 tachos en su lugar pero alguno no identificado, nota = 2 Los 3 tachos en su lugar, identificados y con área delimitada = 3	

3 Limpiar		Antes	Actual
3.3	El personal tiene el uniforme limpio y usa sus EPP's completos		Con 3 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 0 Con 2 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 1 Solo 1 persona sin uniforme completo ni limpio, nota = 2 Ninguna persona con uniforme incompleto o sucio, nota = 3
3.2	Las mesas de trabajo se encuentran limpias		Con 3 mesas de trabajo sucias, nota = 0 Con 2 mesas de trabajo sucias, nota = 1 Solo 1 mesa de trabajo sucia, nota = 2 Ninguna mesa de trabajo sucia, nota = 3
3.3	Las máquinas se encuentran limpias		Con 3 máquinas sucias, nota = 0 Con 2 máquinas sucias, nota = 1 Solo 1 máquina sucia, nota = 2 Ninguna máquina sucia, nota = 3
3.4	Las herramientas se encuentran limpias		Con 3 herramientas sucias, nota = 0 Con 2 herramientas sucias, nota = 1 Solo 1 herramienta sucia, nota = 2 Ninguna herramienta sucia, nota = 3
3.5	En general, el piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas		Piso con manchas de grasa o aceites derramados, nota = 0 Piso con sin derrames de grasa o aceites pero con residuos sólidos y polvo, nota = 1 Piso solo con polvo, nota = 2 Piso limpio, nota = 3
3.7	Todas las sub-áreas, máquinas, mesas de trabajo, pasillos y oficinas; tienen un programa de limpieza		Con 3 o más items sin programa de limpieza, nota = 0 Con 2 items sin programa de limpieza, nota = 1 Con 1 item sin programa de limpieza, nota = 2 Todos los items con programa de limpieza = 3

Anexo 4: Lista de chequeo de operación “Raspado”

Lista de chequeo de operación			
Equipo: Máquina raspadora			
Operación: Raspado			
Fecha:			
Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)			
Herramientas y materias primas necesarias			
●	Juego de cuchilla apollo II (1)	●	Formato de medición para raspado
●	Aro expandible		
Actividades			
1	Colocar aro en la máquina de raspado.		
2	Ajustar ángulo.		
3	Colocar llanta.		
4	Iniciar raspado.		
5	Verificar el grado de raspado, diseño de banda.		
6	Verificar si la llanta es apta.		
7	Trasladar a la estación de escariado.		

Anexo 5: Lista de chequeo de operación “Embandado”

Lista de chequeo de operación			
Equipo: Maquina embandadora			
Operación: Embandado			
Fecha:			
Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)			
Herramientas y materias primas necesarias			
●	Goma cojín (6 rollos)	●	Grapas (2 cajas)
●	Desarmador (1)	●	Aro expandible
●	Comba engrapadora (1)	●	Rodillo para rolar
Actividades			
1	Colocar llanta en la maquina embandadora.		
2	Preparar herramientas de embandado.		
3	Colocar goma cojín en la llanta.		
4	Colocar anti quiebre en el contorno de la llanta.		
5	Verificar el grado de raspado, diseño de banda.		
6	Pulir defectos de la llanta.		
7	Evaluar si es apto para continuar.		
8	Trasladar a la siguiente estación.		
9	Realizar embandado.		
10	Trasladarse a la siguiente estación.		

Anexo 6: Modelo de Formato SMED-POKA YOKE

DESCRIPCION	Actividad	Inspección	Traslado	Espera	Archivo	Interno	Externo	Tiempo	Tipo de actividad	Mejora
INICIO DE LA OPERACIÓN DE EMBANDADO	○	□	⇨	D	▽			Seg		
Colocar llanta en la maquina embandadora	●	□	⇨	D	▽		×	25.00	Agrega valor	
Preparar herramientas de embandado	○	□	⇨	■	▽	×		30.00	No agrega valor	Preparacion rapida al tener la zona de trabajo ordenada
Colocar goma cojin en la llanta	●	□	⇨	D	▽		×	89.00	Agrega valor	
Colocar anti quiebre en el contorno de la llanta	●	□	⇨	D	▽		×	78.00	Agrega valor	
Trasladarse a la zona de corte de bandas	○	□	➡	D	▽	×		50.00	No agrega valor	
Buscar rollos de bandas según modelo de llanta	○	□	⇨	■	▽	×		20.00	No agrega valor	
Traslado al almacen de bandas	○	□	➡	D	▽	×		50.00	No agrega valor	
Almacen de bandas	○	□	⇨	D	▽	×			No agrega valor	
Busqueda de bandas en almacen	○	□	⇨	■	▽	×		90.00	No agrega valor	Facilidad al ubicar las bandas al tener un almacen ordenado
Traslado a la zona de corte de bandas	○	□	➡	D	▽	×		60.00	No agrega valor	Se utiliza un carrito para trasladar rollos de banda pesados
Pesar rollo de banda	●	□	⇨	D	▽	×		50.00	Agrega valor	
Colocar banda en la mesa de corte	●	□	⇨	D	▽	×		30.00	Agrega valor	
Traer herramientas de corte y medicion	○	□	⇨	■	▽	×		20.00	No agrega valor	Herramientas ubicadas en lugares cercanos
Medir banda	●	□	⇨	D	▽		×	120.00	Agrega valor	
Cortar banda	●	□	⇨	D	▽		×	300.00	Agrega valor	
Cementar banda cortada	●	□	⇨	D	▽		×	180.00	Agrega valor	
Colgar y esperar que seque	○	□	⇨	■	▽	×		2400.00	No agrega valor	
Traslado a la estacion de embandado	○	□	➡	D	▽	×		50.00	No agrega valor	
Realizar embandado	●	□	⇨	D	▽		×	1020.00	Agrega valor	
Trasladar a la siguiente estacion	○	□	➡	D	▽	×		20.00	No agrega valor	
TOTALES	9	0	5	5	1			4682		

Anexo 7: Distribución del estadístico de Shapiro-Wilk (w) para el contraste de normalidad

n	α								
	0'01	0'02	0'05	0'1	0'5	0'9	0'95	0'98	0'99
3	0'753	0'756	0'767	0'789	0'959	0'998	0'999	1'000	1'000
4	0'687	0'707	0'748	0'792	0'935	0'987	0'992	0'996	0'997
5	0'686	0'715	0'762	0'806	0'927	0'979	0'986	0'991	0'993
6	0'713	0'743	0'788	0'826	0'927	0'974	0'981	0'986	0'989
7	0'730	0'760	0'803	0'838	0'928	0'972	0'979	0'985	0'988
8	0'749	0'778	0'818	0'851	0'932	0'972	0'978	0'984	0'987
9	0'764	0'791	0'829	0'859	0'935	0'972	0'978	0'984	0'986
10	0'781	0'806	0'842	0'869	0'938	0'972	0'978	0'983	0'986
11	0'792	0'817	0'850	0'876	0'940	0'973	0'979	0'984	0'986
12	0'805	0'828	0'859	0'883	0'943	0'973	0'979	0'984	0'986
13	0'814	0'837	0'866	0'889	0'945	0'974	0'979	0'984	0'986
14	0'825	0'846	0'874	0'895	0'947	0'975	0'980	0'984	0'986
15	0'835	0'855	0'881	0'901	0'950	0'975	0'980	0'984	0'987
16	0'844	0'863	0'887	0'906	0'952	0'976	0'981	0'985	0'987
17	0'851	0'869	0'892	0'910	0'954	0'977	0'981	0'985	0'987
18	0'858	0'874	0'897	0'914	0'956	0'978	0'982	0'986	0'988
19	0'863	0'879	0'901	0'917	0'957	0'978	0'982	0'986	0'988
20	0'868	0'884	0'905	0'920	0'959	0'979	0'983	0'986	0'988
21	0'873	0'888	0'908	0'923	0'960	0'980	0'983	0'987	0'989
22	0'878	0'892	0'911	0'926	0'961	0'980	0'984	0'987	0'989
23	0'881	0'895	0'914	0'928	0'962	0'981	0'984	0'987	0'989
24	0'884	0'898	0'916	0'930	0'963	0'981	0'984	0'987	0'989
25	0'888	0'901	0'918	0'931	0'964	0'981	0'985	0'988	0'989

Anexo 8: Carta de permiso para el uso de información Contitread Perú S.A.C.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

Por el presente documento, yo Oscar Rubina Salazar, identificado con DNI N° 43653682, en mi calidad de jefe de Planta de la empresa CONTITREAD PERU S.A.C., autorizo al bachiller Greys Jenifer Juan De Dios Villanueva en Ingeniería Industrial de la Universidad Ricardo Palma, a utilizar el nombre e información de la empresa/entidad, que represento, para el desarrollo de su Tesis de Pregrado.

La empresa/entidad, precisa que toda la información proporcionada será para uso exclusivamente académico.

CONTITREAD PERU S.A.C.

OSCAR RUBINA SALAZAR
ADMINISTRADOR DE PLANTA

25-12-20