

**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        |
| <b>CAPÍTULO IV: HIPÓTESIS .....</b> |  | <b>49</b> |
| 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        |
| <b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b> |  | <b>58</b> |
| 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 máquinas 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

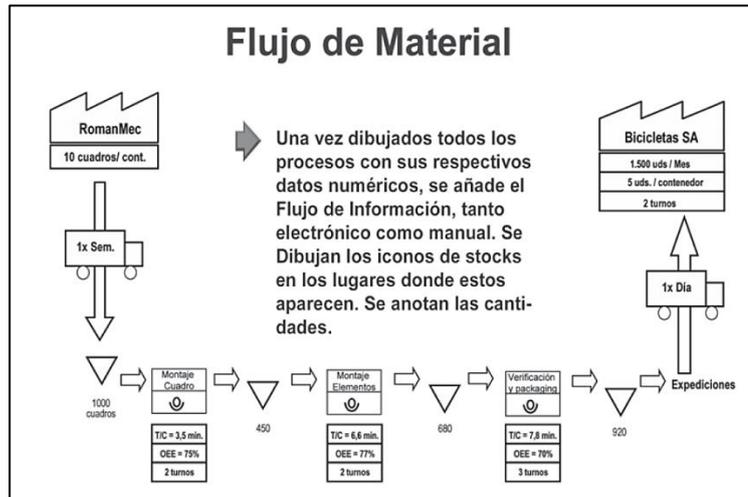


Figura 2: Partes del Mapa de Valor- Flujo de material  
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 43)

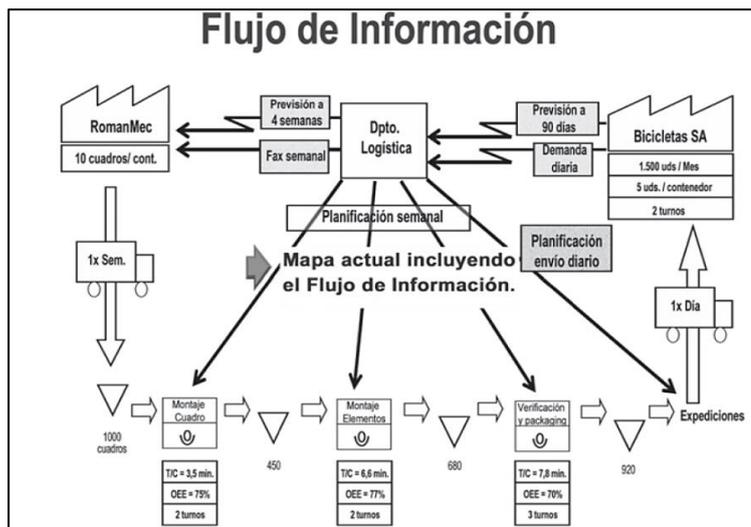


Figura 3: Partes del Mapa de Valor- Flujo de información  
Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 43)

## b) Simbología

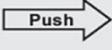
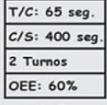
| Simbolos del Flujo de Materiales  | <br>Operación de Valor Añadido  | <br>Operación de Control  | <br>1000 piezas<br>1.3 días<br>Material Parado | <br>Movimiento de Materiales Empujado |
|---|--|--|--|--|
| <br>Movimiento de Material Tirado                | <br>T/C: 65 seg.<br>C/S: 400 seg.<br>2 Turnos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

Figura 4: Partes del Mapa de Valor

Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 40)

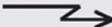
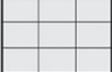
| Simbolos del Flujo de Información  | <br>Flujo de Información Manual                   | <br>Flujo de Información Electrónico | <br>Plano Diario<br>Plan de Producción | <br>Caja de Nivelado |
|--|--|---|--|---|
| <br>Kanban de Lote de Producción | <br>Kanban de Movimiento                         | <br>Kanban de Producción           | <br>Movimiento de Kanban en Lote     |   |
| <br>Secuenciador                | <br>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)

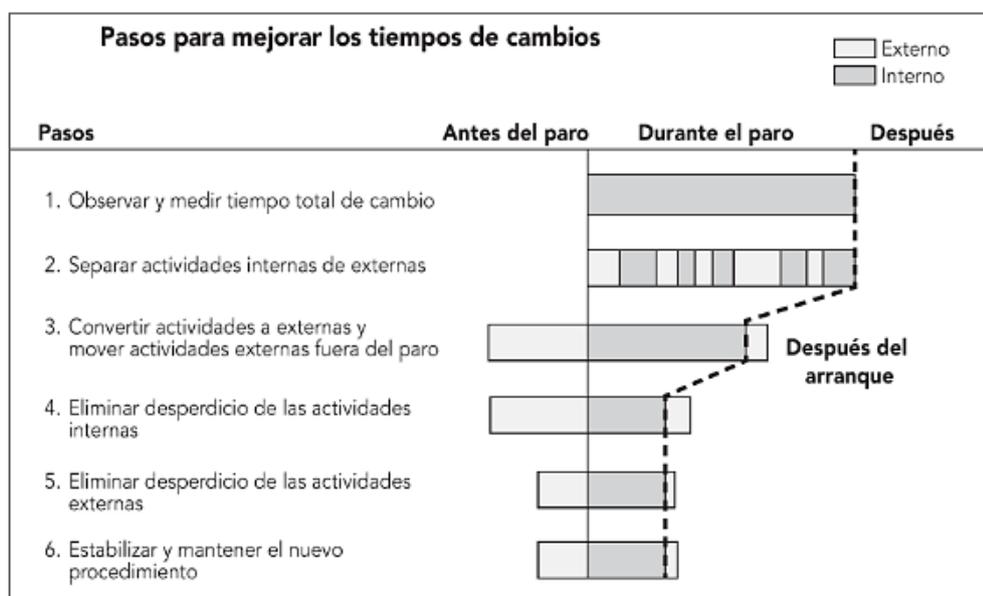


Figura 6: Procedimientos de SMED

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.

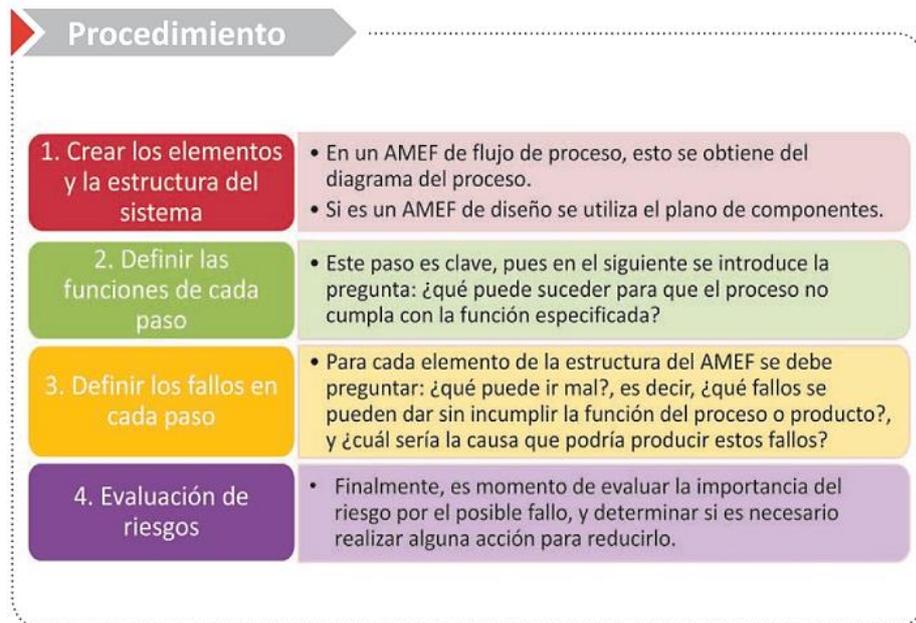


Figura 7: Procedimiento para realizar un AMEF

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.

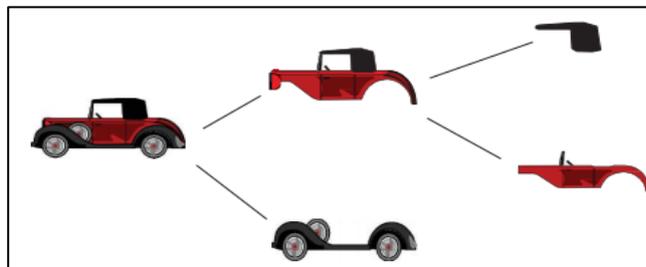


Figura 8: Procedimiento para realizar un AMEF

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.

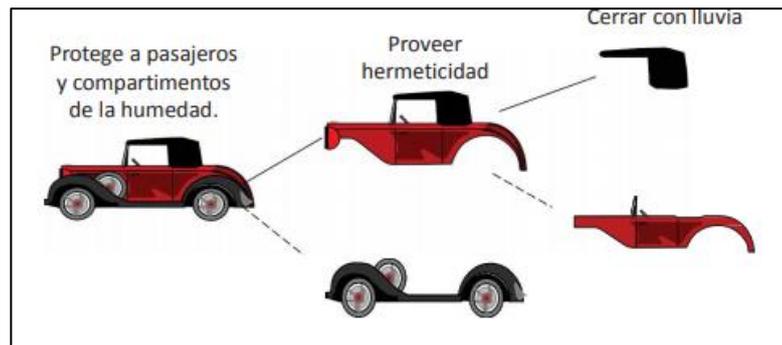


Figura 9: Procedimiento para realizar un AMEF

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.

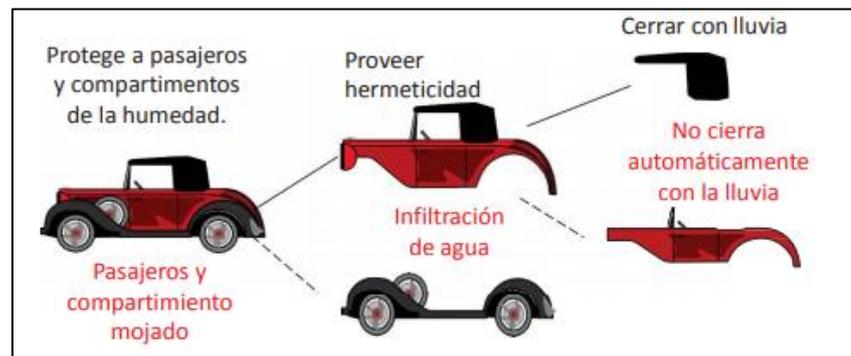


Figura 10: Procedimiento para realizar un AMEF

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           | <b>Muy Alta:</b> Probabilidad de detectar el defecto (siempre)  |
| 2            | Baja: Ligera incomodidad del Cliente, probablemente note un pequeño deterioro            | $1 < x < 250$         | <b>Alta:</b> Probabilidad de detectar el defecto (casi siempre) |
| 3            |  |                       |   |
| 4            | Media: Alguna insatisfacción del Cliente, nota un deterioro en el desempeño del producto | $250 < x < 12,500$    | <b>Moderada:</b> Se puede detectar el defecto                   |
| 5            |  |                       |   |
| 6            |  |                       |   |
| 7            | Alta: Alto grado de insatisfacción del Cliente, hace inoperable el producto              | $12,500 < x < 50,000$ | <b>Baja:</b> 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? |                    | ¿Qué lo puede ocasionar?     | ¿Qué controles tenemos para detectar el defecto?  |     |
| 3    | Ensamblar conector y ventiladores en chasis | Conector invertido  | Explosión al conectar a la corriente                  | 9                  | 4                            | 1. Supervisión<br>2. Entrenamiento del personal<br>3. Inspección del producto terminado | 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 %                  |     |     |      |     |

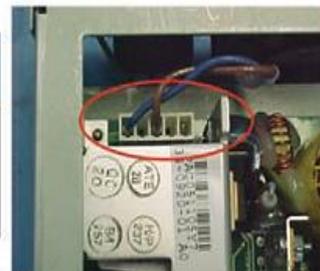


Figura 12: Cuadro de análisis de modo y efecto falla de un proceso

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 lo 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<br>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.<br><br>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:<br>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<br>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.<br><br>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:<br>Para la presente investigación se utilizó el programa Microsoft Excel para el procesamiento de data del proceso de reencache.<br><br>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 reencauchadora 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 reencauchadora 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 reencauchadora 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 reencauchadora 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.

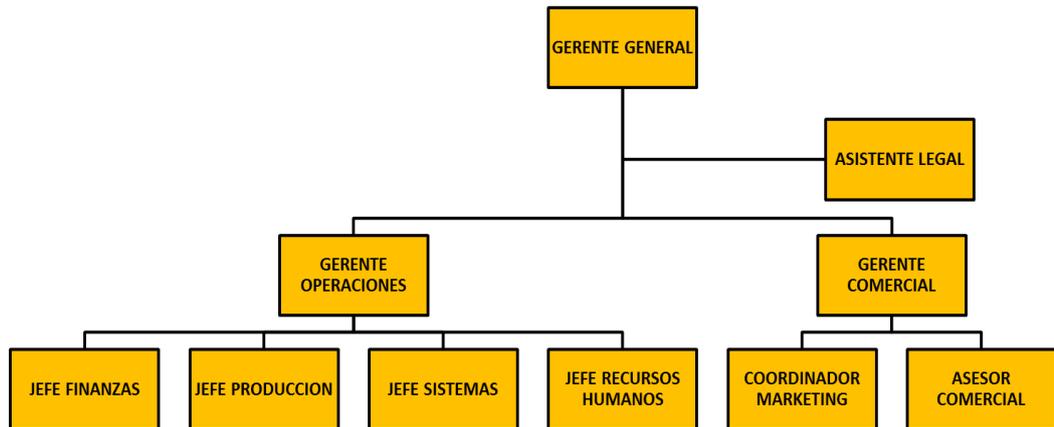


Figura 13: Organigrama General Actual de la Empresa Conti Tread Peru S.AC. Octubre 2020  
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

### 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

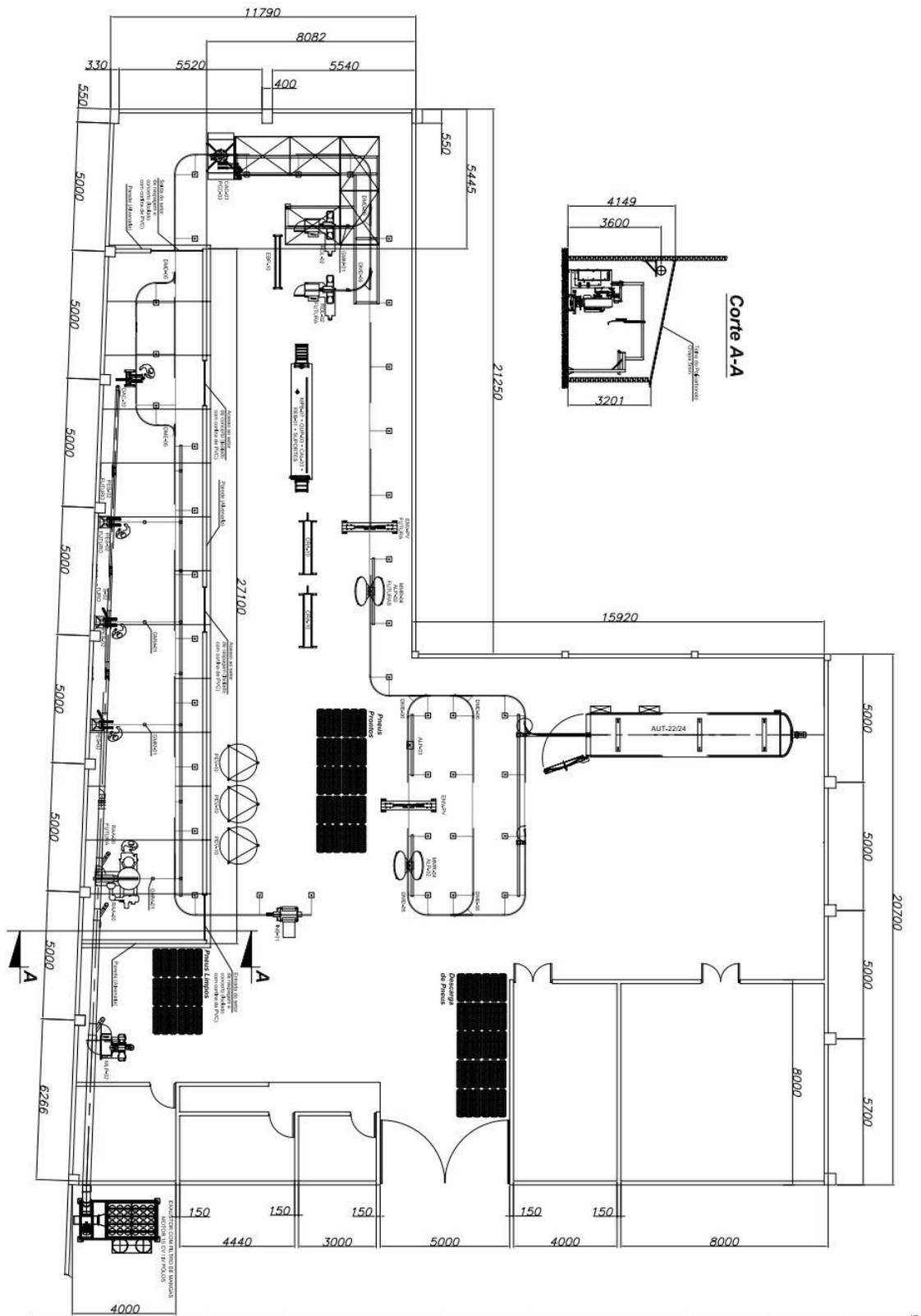


Figura 15: Layout Conti Tread Peru S.A.C.  
Fuente: Datos de la empresa.

## **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.

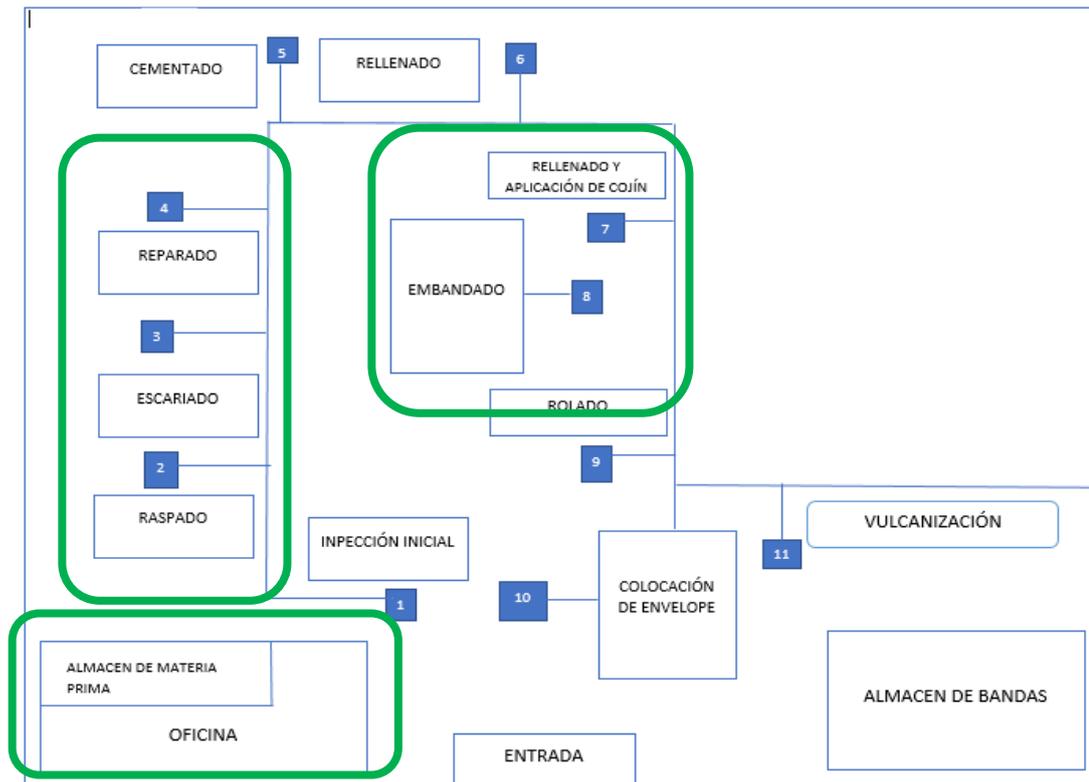


Figura 16: Zona Piloto  
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

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

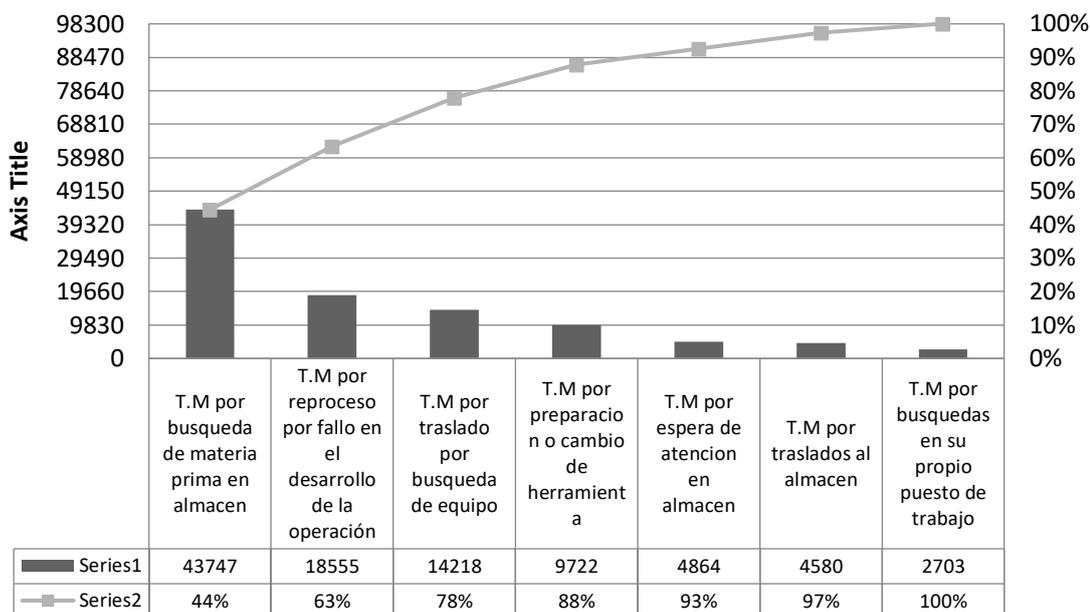


Figura 17: Diagrama de Pareto de frecuencias - Zona piloto  
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

### 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:

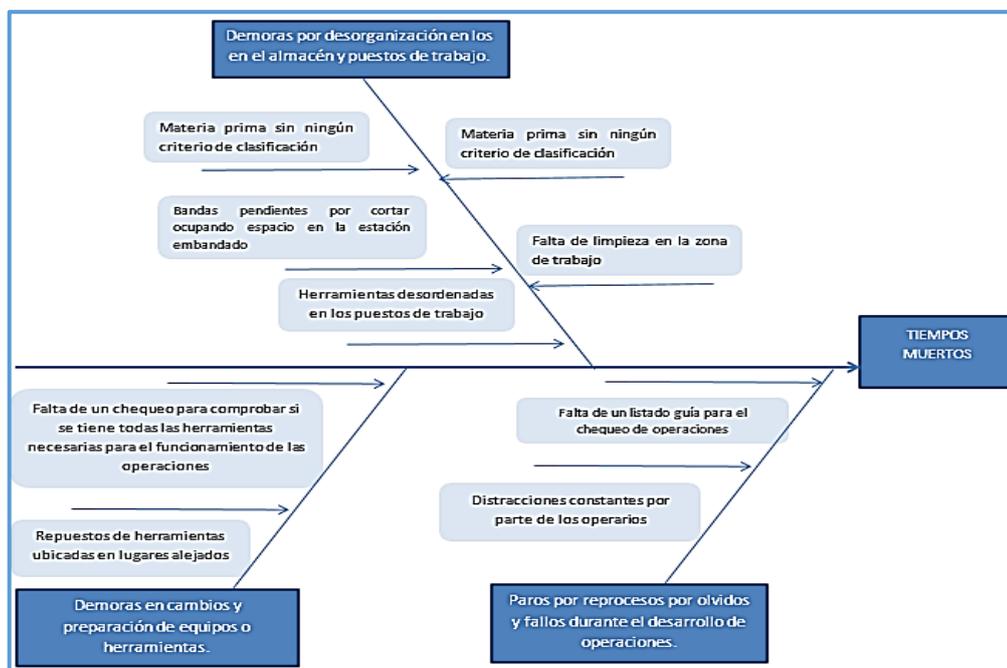


Figura 18: Diagrama de Ishikawa  
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

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

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 <b>documento / layout</b> 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<br>Se cuenta con el documento pero no actualizado ni publicado, nota = 1<br>Se cuenta con documento / layout actualizado pero no publicado, nota = 2<br>Se cuenta con el documento / layout actualizado y publicado, nota = 3   | 66% |
| Las <b>Sub-áreas</b> 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.<br>Alguna Sub-área de trabajo no identificada pero sí delimitada, nota = 1<br>Alguna Sub-área de trabajo sí identificada pero no delimitada, nota = 2<br>Todas las sub-áreas de trabajo identificadas y correctamente delimitadas = 3 | 33% |
| Las <b>Máquinas</b> están debidamente identificadas y visualmente delimitadas con los colores apropiados  | 1     | Con 1 o más hallazgos (máquinas sin identificación ni delimitación), nota = 0.<br>Alguna máquina no identificada pero sí delimitada, nota = 1<br>Alguna máquina sí identificada pero no delimitada, nota = 2<br>Todas las máquinas identificadas y correctamente delimitadas = 3   | 33% |
| Las <b>herramientas</b> 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.<br>Con 2 Herramientas fuera del lugar y no siendo usadas, nota = 1<br>Con 1 Herramienta fuera del lugar y no siendo usada, nota = 2<br>Todas las herramientas en su lugar o en uso, nota = 3  | 99% |
| Los <b>lugares</b> asignados para las herramientas están debidamente identificados y delimitados.   | 0     | Se elige una muestra de 3 herramientas:<br>Las 3 herramientas sin lugar identificado, nota = 0<br>Con 1 o 2 herramientas con lugar identificado, nota = 1<br>Las 3 herramientas con lugar identificado, nota = 2<br>Todas la herramientas tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3                                      | 0%  |
| Todos los <b>materiales (MP/insumos, PP, PT)</b> se encuentran en su lugar asignado   | 1     | Se elige una muestra de 3 materiales<br>Los 3 materiales fuera de lugar, nota = 0<br>Con 1 o 2 materiales fuera de lugar, nota = 1<br>Los 3 materiales en su lugar asignado, nota = 2<br>Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3  | 33% |
| Los <b>lugares</b> asignados para los materiales (MP/insumos, PP, PT) están debidamente identificados y delimitados.  | 1     | Se elige una muestra de 3 materiales<br>Los 3 materiales sin lugar identificado y delimitado, nota = 0<br>Con 1 o 2 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 1<br>Los 3 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 2<br>Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3         | 33% |
| Todos los <b>racks</b> tienen sus compartimientos etiquetados, son respetados y visualmente ordenados   | 0     | Con 3 compartimientos no identificados, nota = 0<br>Con 1 o 2 compartimientos no identificados, nota = 1<br>Con todos los compartimientos identificados pero alguno no respetado, nota = 2<br>Con todos los compartimientos identificados y respetados, nota = 3   | 0%  |
| Los <b>lugares</b> asignados para los racks están debidamente identificados y delimitados   | 0     | Se elige una muestra de 3 racks:<br>Los 3 racks sin lugar identificado, nota = 0<br>Con 1 o 2 racks con lugar identificado, nota = 1<br>Los 3 racks con lugar identificado, nota = 2<br>Todos los racks tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3  | 0%  |
| Las <b>mesas</b> se encuentran libres de productos, materiales, herramientas que no se estén usando   | 2     | Con 3 o más Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 0.<br>Con 2 Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 1<br>Con 1 Mesa de trabajo con hallazgos, nota = 2<br>Todas las Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 3   | 66% |
| Los <b>carritos de transporte</b> están identificados con lo que contiene y son respetados  | 0     | Con 3 carritos no identificados, nota = 0<br>Con 1 o 2 carritos no identificados, nota = 1<br>Con todos los carritos identificados pero alguno no respetado, nota = 2<br>Con todos los carritos identificados y respetados, nota = 3   | 0%  |
| Los <b>Pasillos</b> están libres de obstáculos.   | 1     | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3  | 33% |
| Los <b>tachos</b> 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<br>Con 1 o 2 tachos fuera de su lugar no identificados, nota = 1<br>Con 3 tachos en su lugar pero alguno no identificado, nota = 2<br>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 <b>personal</b> tiene el uniforme limpio y usa sus EPP's completos                                | 2     | Con 3 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 0<br>Con 2 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 1<br>Solo 1 persona sin uniforme completo ni limpio, nota = 2<br>Ninguna persona con uniforme incompleto o sucio, nota = 3 | 66% | 0% | 50% |
| Las <b>mesas de trabajo</b> se encuentran limpias  | 1     | Con 2 mesas de trabajo sucias, nota = 0<br>Con 2 mesas de trabajo sucias, nota = 1<br>Solo 1 mesa de trabajo sucia, nota = 2<br>Ninguna mesa de trabajo sucia, nota = 3   | 33% | 0% |     |
| Las <b>máquinas</b> se encuentran limpias  | 2     | Con 3 máquinas sucias, nota = 0<br>Con 2 máquinas sucias, nota = 1<br>Solo 1 máquina sucia, nota = 2<br>Ninguna máquina sucia, nota = 3   | 66% | 0% |     |
| Las <b>herramientas</b> se encuentran limpias  | 1     | Con 3 herramientas sucias, nota = 0<br>Con 2 herramientas sucias, nota = 1<br>Solo 1 herramienta sucia, nota = 2<br>Ninguna herramienta sucia, nota = 3   | 33% | 0% |     |
| En general, el <b>piso</b> está libre de polvo, basura, componentes y manchas                        | 2     | Piso con manchas de grasa o aceites derramados, nota = 0<br>Piso con sin derrames de grasa o aceites pero con residuos sólidos y polvo, nota = 1<br>Piso solo con polvo, nota = 2<br>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<br>Con 2 ítems sin programa de limpieza, nota = 1<br>Con 1 ítem sin programa de limpieza, nota = 2<br>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.

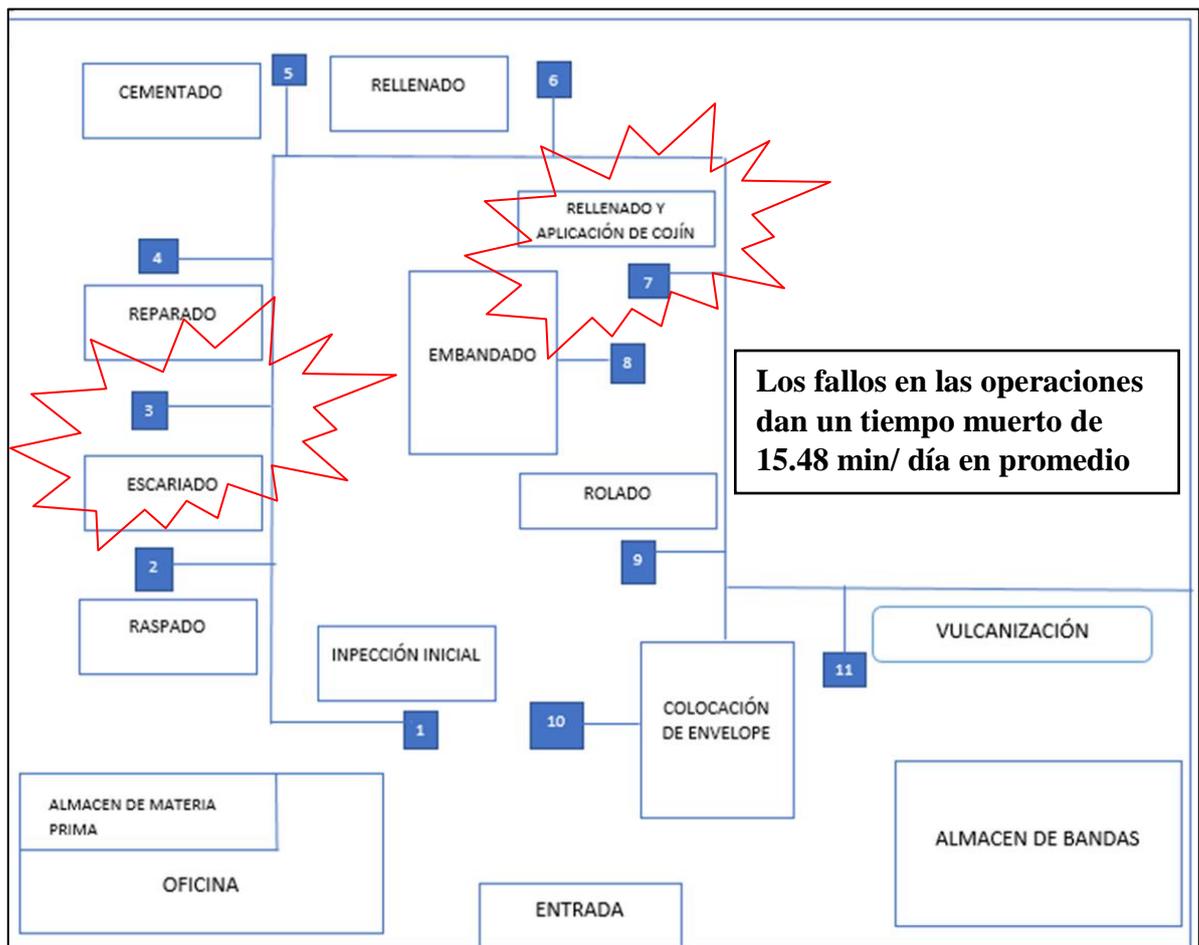


Figura 27: Tiempos muertos por fallos u olvidos - Layout  
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

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*

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

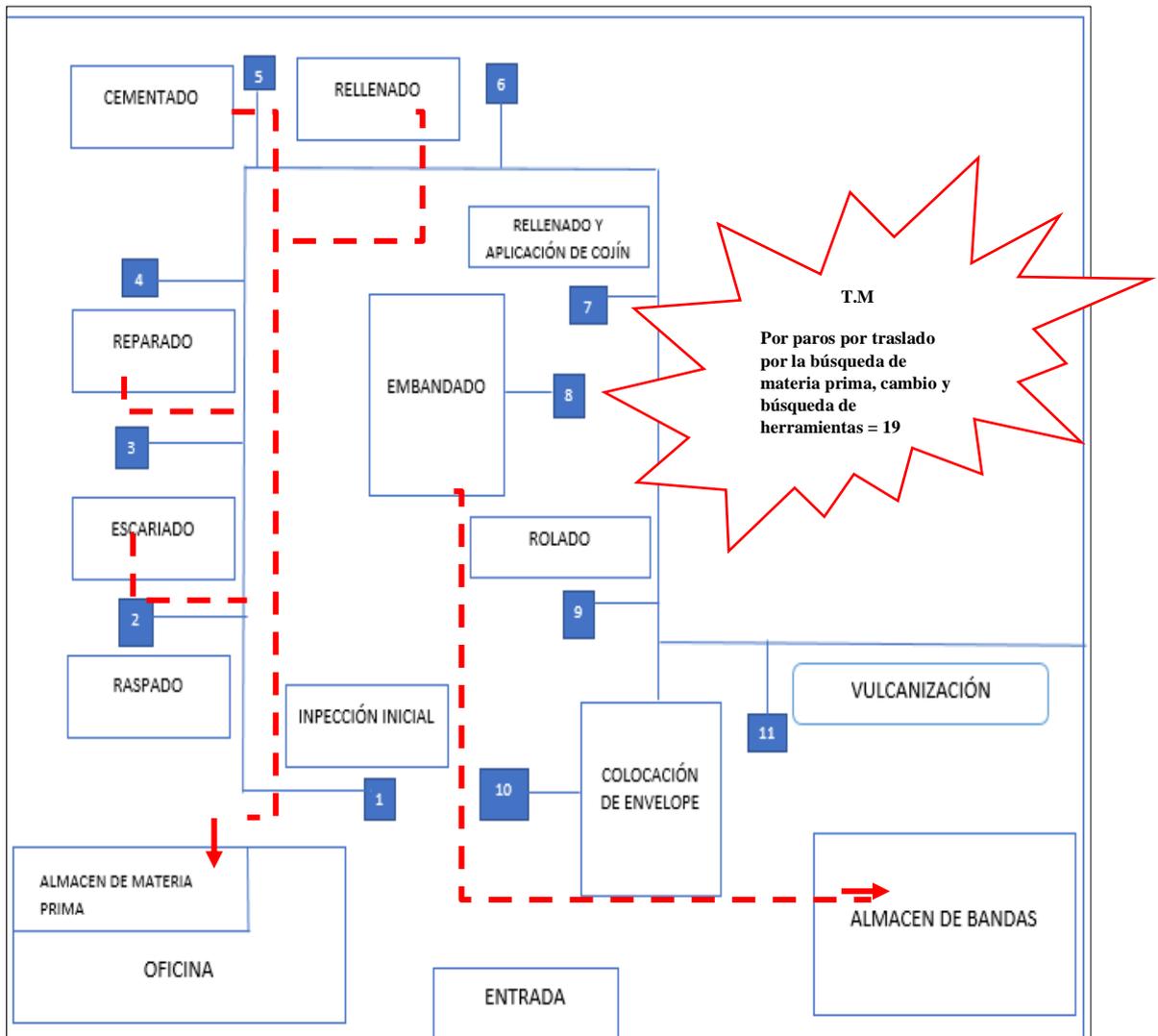
Tiempos muertos generados por demoras en cambios y preparación de equipos o herramientas.

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        | ▽        |         |         | <b>Seg</b> |                   |
| 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      |
| <b>TOTALES</b>                                     | <b>3</b>  | <b>2</b>   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |         |         | <b>763</b> |                   |

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      |
| <b>TOTALES</b>                      | <b>3</b>  | <b>2</b>   | <b>1</b> | <b>3</b> | <b>1</b> |         |         | <b>1114</b> |                   |

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   |
| <b>TOTALES</b>   | <b>6</b>  | <b>4</b>   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>0</b> | <b>4973</b> |         |         |                   |

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"/>            |                                     |                                     | <b>Seg</b> |                   |
| 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   |
| <b>TOTALES</b>                                 | <b>3</b>                         | <b>0</b>                 | <b>3</b> | <b>2</b>                            | <b>1</b>                            |                                     |                                     | <b>644</b> |                   |

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        | ▽        |         |         | <b>Seg</b>  |                   |
| 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   |
| <b>TOTALES</b>                                   | <b>9</b>  | <b>0</b>   | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>1</b> |         |         | <b>4947</b> |                   |

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 |

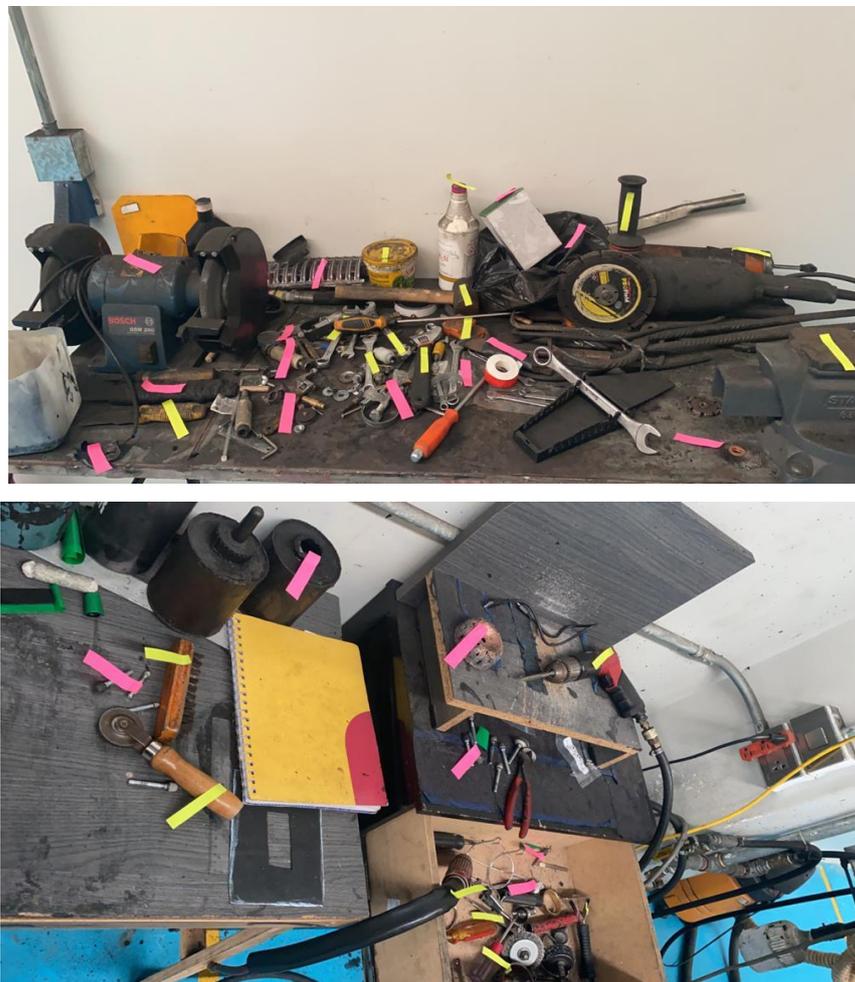
### 5.1.3. Propuestas de solución

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.

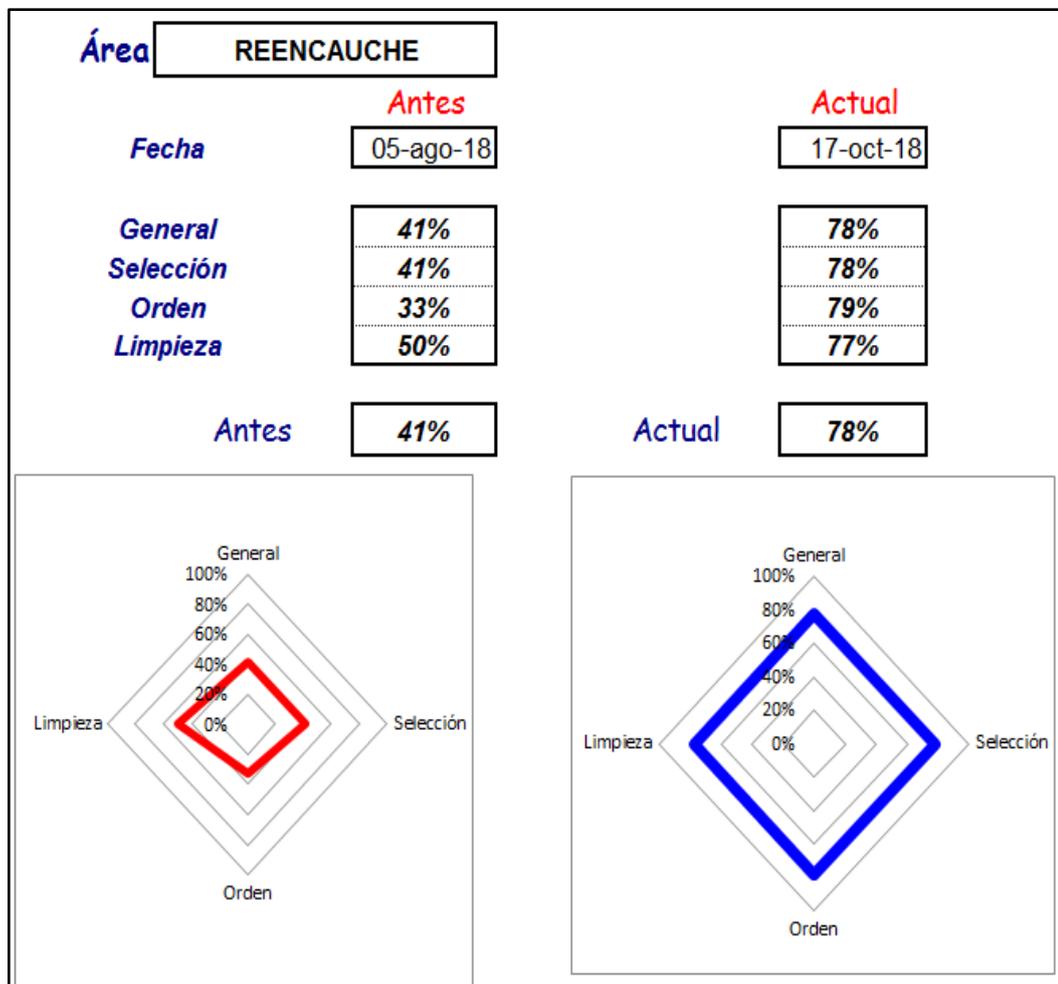


Figura 38: Resultados de la auditoría 5'S después de la prueba piloto  
Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

### 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.

| <b>Lista de chequeo de operación</b>       |   |   |                      |
|--|---|---|----------------------|
| Equipo: Rellenadora                        |   |   |                      |
| Operación: Rellenado y aplicación de cojín |   |   |                      |
| Fecha:                                     |   |   |                      |
|  | <b>Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)</b> |   |                      |
|  |   |   |                      |
|  |   |   |                      |
| <b>Herramientas necesarias</b>             |   |   |                      |
| ●  | Pistola extrusora (1)   | ● | Martillo de mano (1) |
| ●  | Cinta de reparación de 10 mm (8 m)                                |   |                      |
| <b>Actividades</b>                         |   |   |                      |
| 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.

| <b>Lista de chequeo de operación</b>                              |  |   |                               |
|---|--|---|-------------------------------|
| Equipo: Plataforma de reparado                                    |  |   |                               |
| Operación: Reparado   |  |   |                               |
| Fecha:  |  |   |                               |
| <b>Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)</b> |  |   |                               |
|   |  |   |                               |
|   |  |   |                               |
| <b>Herramientas necesarias</b>                                    |  |   |                               |
| ●   | Taladro (1)  | ● | Pabulo 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)           |
| <b>Actividades</b>  |  |   |                               |
| 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 pabulo.                             |   |                               |
| 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.

| <b>Lista de chequeo de operación</b>                              |   |   |                            |
|---|---|---|----------------------------|
| Equipo: Plataforma con rodillos para escariado                    |   |   |                            |
| Operación: Escariado  |   |   |                            |
| Fecha:  |   |   |                            |
| <b>Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)</b> |   |   |                            |
|   |   |   |                            |
|   |   |   |                            |
| <b>Herramientas y materias primas necesarias</b>                  |   |   |                            |
| ●   | Cepillo de cerda delgada (1)                    | ● | Cepillo de vulcanizado (1) |
| ●   | Cepillo delgado N° 5 (1)                        | ● | Piedra hongo (1)           |
| ●   | Carda delgada (1)                               | ● | Carda fina (1)             |
| <b>Actividades</b>  |   |   |                            |
| 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      |  |
| <b>TOTALES</b>  | <b>3</b>  | <b>2</b>   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |         |         | <b>598</b> |                   |  |

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      |   |
| <b>TOTALES</b>                      | <b>3</b>  | <b>2</b>   | <b>1</b> | <b>3</b> | <b>1</b> |         |         | <b>1104</b> |                   |   |

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 pabito 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   |  |
| <b>TOTALES</b>   | <b>6</b>  | <b>4</b>   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>0</b> | <b>4833</b> |         |         |                   |  |

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 relleno          | ○         | □          | ➡        | 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   |  |
| <b>TOTALES</b>                          | <b>3</b>  | <b>0</b>   | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |         |         | <b>514</b> |                   |  |

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   |  |
| <b>TOTALES</b>                                   | <b>9</b>  | <b>0</b>   | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>1</b> |         |         | <b>4682</b> |                   |  |

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

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

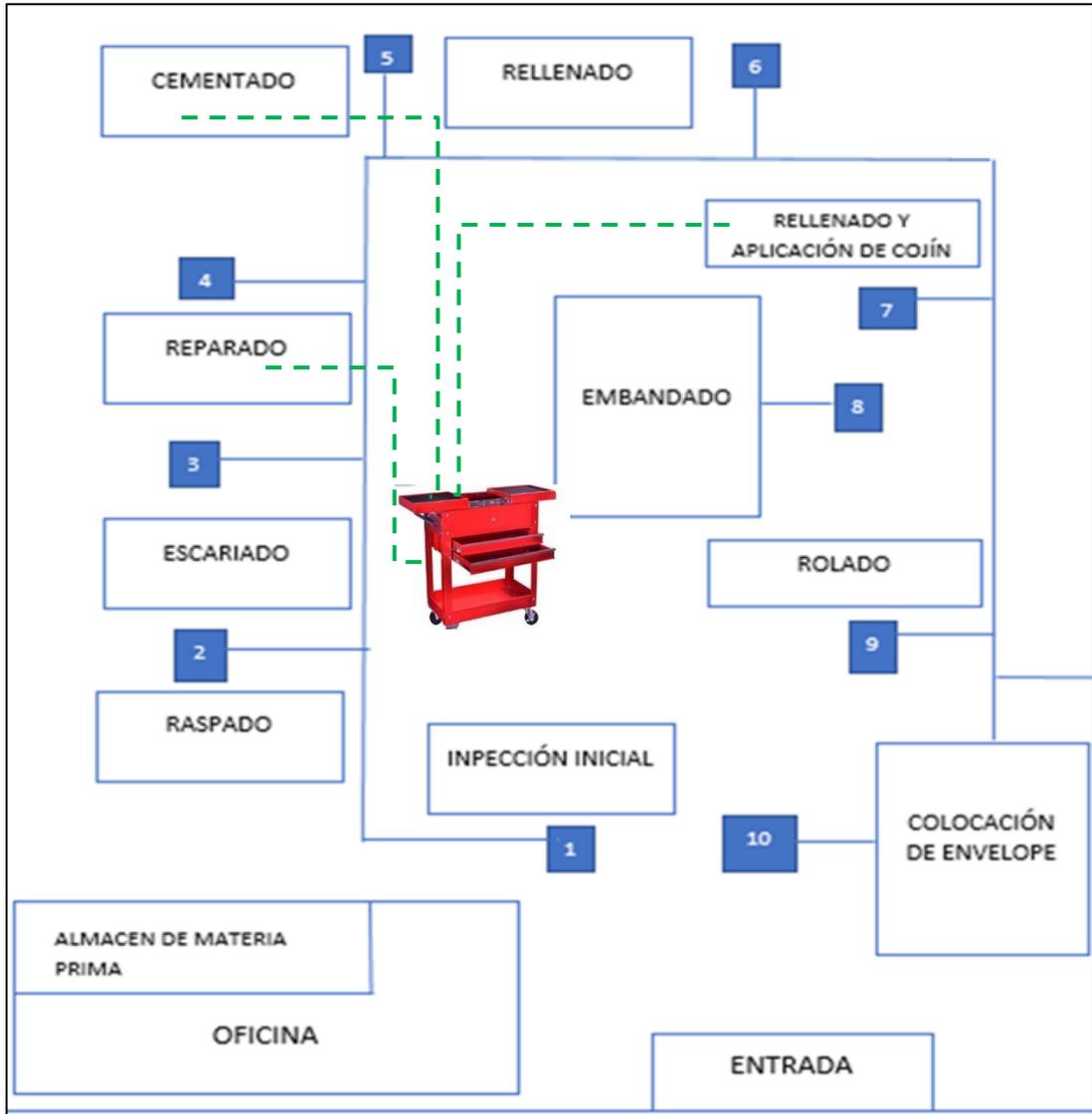


Figura 49: Ubicación de mejoras SMED  
 Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

## 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:  $X_i > Y_i$

| <b>Regla de decisión</b> |
|--------------------------|
| 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:  $X_i > Y_i$

| <b>Regla de decisión</b> |
|--------------------------|
| 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:  $X_i > Y_i$

| <b>Regla de decisión</b> |
|--------------------------|
| 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 reencachadora de neumáticos       | 5'S                    | Tiempos muertos      | Minutos muertos al día por desorganización          | 46.61    | 22.22     | Disminuyó en 24.39<br>52.33 % |
| La aplicación del método Poka Yoke influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencachadora de neumáticos | Poka Yoke              | Tiempos muertos      | Minutos muertos al día por errores en la producción | 15.48    | 10.06     | Disminuyó en 5.42<br>35.01 %  |
| La aplicación del método SMED influye en la reducción de los tiempos muertos de una empresa reencachadora de neumáticos      | SMED                   | Tiempos muertos      | Minutos muertos al día por preparación              | 19.95    | 12.37     | Disminuyó en 7.58<br>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](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](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 Megaprosos 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](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](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](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](http://sni.org.pe): [sni.org.pe/sni-fabricacion-productos-caucho-crecio-1-8-2017-luego-tres-anos/](http://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 | <b>Aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing</b> |              | <b>Tiempos muertos</b> |   |
| 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.        | <b>5'S</b>   | Si/No        | <b>Tiempo muerto</b>   | % 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.  | <b>Poka Yoke</b>   | Si/No        | <b>Tiempo muerto</b>   | 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.       | <b>SMED</b>  | Si/No        | <b>Tiempo muerto</b>   | 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<br>Muestra: Proceso de reencache             | V1: Implementar 5'S       | Técnica: Observación<br>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<br>Muestra: Tiempos del proceso de reencache | V21: # Tiempos muertos    | Técnica: Observación<br>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<br>Muestra: Proceso de reencache             | V1: Implementar Poka Yoke | Técnica: Observación<br>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<br>Muestra: Tiempos del proceso de reencache | V22: # Tiempos muertos    | Técnica: Observación<br>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<br>Muestra: Proceso de reencache             | V1: Implementar SMED      | Técnica: Observación<br>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<br>Muestra: Tiempos del proceso de reencache | V23: # Tiempos muertos    | Técnica: Observación<br>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<br>1 = Ltn 20% de cumplimiento<br>2 = Cumple al 40%<br>3 = Cumple al 100% ES LA MEJOR AREA PARA TRABAJAR DE MANERA SEGURA   | Área de Reencauche |
|---|---|--------------|---------------|---|--------------------|
| Área Reencauche Fecha 18.9.20<br>Auditor: Juan de Dios<br>Responsable del área: |   |              |               |   |                    |
| <b>1</b>  | <b>Seleccionar</b>  | <b>Antes</b> | <b>Actual</b> | <b>Referencias</b>  |                    |
| 1.1   | Se tiene un <b>listado</b> de objetos necesarios (incluye mesas de trabajo, MP, PP, PT, Máquinas) e indica el <b>rango de cantidades permitidas</b>             |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 1.2   | Se cuenta sólo con las <b>Herramientas</b> necesarias, en las cantidades necesarias y en buen estado  |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 1.3   | Se cuenta sólo con la <b>mesas de trabajo, periódicos murales y registros</b> en las cantidades necesarias y en buen estado                                     |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 1.4   | Se cuenta sólo con la <b>Materia prima (MP) / insumos</b> necesarios, en las cantidades necesarias y vigentes   |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 1.5   | Se cuenta solo con el <b>Producto en proceso (PP)</b> , en las cantidades necesarias y vigentes   |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 1.6   | Se cuenta solo con el <b>Producto Terminado (PT)</b> , en las cantidades necesarias y vigentes  |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 1.7   | Se cuenta solo con las <b>Máquinas</b> necesarias, en las cantidades necesarias y en buen estado  |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 1.8   | No se identifican <b>Objetos extraños</b> (incluye basura) dentro del área auditada   |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| <b>2</b>  | <b>Ordenar</b>  | <b>Antes</b> | <b>Actual</b> |   |                    |
| 2.1   | Se cuenta con un <b>documento / layout</b> 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<br>Se cuenta con el documento pero no actualizado ni publicado, nota = 1<br>Se cuenta con documento / layout actualizado pero no publicado, nota = 2<br>Se cuenta con el documento / layout actualizado y publicado, nota = 3  |                    |
| 2.2   | Las <b>Sub-áreas</b> 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<br>Alguna Sub-área de trabajo no identificada pero sí delimitada, nota = 1<br>Alguna Sub-área de trabajo sí identificada pero no delimitada, nota = 2<br>Todos las sub-áreas de trabajo identificadas y correctamente delimitadas = 3 |                    |
| 2.3   | Las <b>Máquinas</b> están debidamente identificadas y visualmente delimitadas con los colores apropiados  |              |               | Con 1 o más hallazgos (máquinas sin identificación ni delimitación), nota = 0<br>Alguna máquina no identificada pero sí delimitada, nota = 1<br>Alguna máquina sí identificada pero no delimitada, nota = 2<br>Todas las máquinas identificadas y correctamente delimitadas = 3   |                    |
| 2.4   | Las <b>herramientas</b> 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<br>Con 2 Herramientas fuera del lugar y no siendo usada, nota = 1<br>Con 1 Herramienta fuera del lugar y no siendo usada, nota = 2<br>Todas las herramientas en su lugar o en uso, nota = 3   |                    |
| 2.5   | Los <b>lugares</b> asignados para las herramientas están debidamente identificados y delimitados.   |              |               | Se elige una muestra de 3 herramientas:<br>Las 3 herramientas sin lugar identificado, nota = 0<br>Con 1 o 2 herramientas con lugar identificado, nota = 1<br>Las 3 herramientas con lugar identificado, nota = 2<br>Todas la herramientas tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3                                     |                    |
| 2.6   | Todos los <b>materiales (MP/insumos, PP, PT)</b> se encuentran en su lugar asignado   |              |               | Se elige una muestra de 3 materiales<br>Los 3 materiales fuera de lugar, nota = 0<br>Con 1 o 2 materiales fuera de lugar, nota = 1<br>Los 3 materiales en su lugar asignado, nota = 2<br>Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3   |                    |
| 2.7   | Los <b>lugares</b> asignados para los materiales (MP/insumos, PP, PT) están debidamente identificados y delimitados.  |              |               | Se elige una muestra de 3 materiales<br>Los 3 materiales sin lugar identificado y delimitado, nota = 0<br>Con 1 o 2 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 1<br>Los 3 materiales con lugar identificado y delimitado, nota = 2<br>Todos los materiales tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3        |                    |
| 2.8   | Todos los <b>racks</b> tienen sus compartimientos etiquetados, son respetados y visualmente ordenados   |              |               | Con 3 compartimientos no identificados, nota = 0<br>Con 1 o 2 compartimientos no identificados, nota = 1<br>Con todos los compartimientos identificados pero alguno no respetado, nota = 2<br>Con todos los compartimientos identificados y respetados, nota = 3  |                    |
| 2.9   | Los <b>lugares</b> asignados para los racks están debidamente identificados y delimitados.  |              |               | Se elige una muestra de 3 racks:<br>Los 3 racks sin lugar identificado, nota = 0<br>Con 1 o 2 racks con lugar identificado, nota = 1<br>Los 3 racks con lugar identificado, nota = 2<br>Todos los racks tienen lugar identificado y delimitados, nota = 3   |                    |
| 2.10  | Las <b>mesas</b> se encuentran libres de productos, materiales, herramientas que no se estén usando   |              |               | Con 3 o más Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 0<br>Con 2 Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 1<br>Con 1 Mesa de trabajo con hallazgos, nota = 2<br>Todas las Mesas de trabajo con hallazgos, nota = 3   |                    |
| 2.11  | Los <b>carritos de transporte</b> están identificados con lo que contiene y son respetados  |              |               | Con 3 carritos no identificados, nota = 0<br>Con 1 o 2 carritos no identificados, nota = 1<br>Con todos los carritos identificados pero alguno no respetado, nota = 2<br>Con todos los carritos identificados y respetados, nota = 3  |                    |
| 2.12  | Los <b>Pasillos</b> están libres de obstáculos.   |              |               | Con 3 o más hallazgos, nota = 0<br>Con 2 hallazgos, nota = 1<br>Con 1 hallazgo, nota = 2<br>Ningún hallazgo, nota = 3   |                    |
| 2.13  | Los <b>tachos</b> 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<br>Con 1 o 2 tachos fuera de su lugar no identificados, nota = 1<br>Con 3 tachos en su lugar pero alguno no identificado, nota = 2<br>Los 3 tachos en su lugar, identificados y con área delimitada = 3   |                    |

| 3 Limpiar |  | Antes | Actual  |
|-----------|--|-------|---|
| 3.3       | El <b>personal</b> tiene el uniforme limpio y usa sus EPP's completos                                |       | Con 3 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 0<br>Con 2 personas sin uniforme completo ni limpio, nota = 1<br>Solo 1 persona sin uniforme completo ni limpio, nota = 2<br>Ninguna persona con uniforme incompleto o sucio, nota = 3 |
| 3.2       | Las <b>mesas de trabajo</b> se encuentran limpias  |       | Con 3 mesas de trabajo sucias, nota = 0<br>Con 2 mesas de trabajo sucias, nota = 1<br>Solo 1 mesa de trabajo sucia, nota = 2<br>Ninguna mesa de trabajo sucia, nota = 3   |
| 3.3       | Las <b>máquinas</b> se encuentran limpias  |       | Con 3 máquinas sucias, nota = 0<br>Con 2 máquinas sucias, nota = 1<br>Solo 1 máquina sucia, nota = 2<br>Ninguna máquina sucia, nota = 3   |
| 3.4       | Las <b>herramientas</b> se encuentran limpias  |       | Con 3 herramientas sucias, nota = 0<br>Con 2 herramientas sucias, nota = 1<br>Solo 1 herramienta sucia, nota = 2<br>Ninguna herramienta sucia, nota = 3   |
| 3.5       | En general, el <b>piso</b> está libre de polvo, basura, componentes y manchas                        |       | Piso con manchas de grasa o aceites derramados, nota = 0<br>Piso con sin derrames de grasa o aceites pero con residuos sólidos y polvo, nota = 1<br>Piso solo con polvo, nota = 2<br>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<br>Con 2 items sin programa de limpieza, nota = 1<br>Con 1 item sin programa de limpieza, nota = 2<br>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:  |   |   |                                  |
| <b>Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)</b> |   |   |                                  |
|   |   |   |                                  |
|   |   |   |                                  |
| <b>Herramientas y materias primas necesarias</b>                  |   |   |                                  |
| ●   | Juego de cuchilla apollo II (1)                 | ● | Formato de medición para raspado |
| ●   | Aro expandible                                  |   |                                  |
| <b>Actividades</b>  |   |   |                                  |
| 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”

| <b>Lista de chequeo de operación</b>                              |   |   |                    |
|---|---|---|--------------------|
| Equipo: Maquina embandadora                                       |   |   |                    |
| Operación: Embandado  |   |   |                    |
| Fecha:  |   |   |                    |
| <b>Operarios para el desarrollo de la operación (necesario 1)</b> |   |   |                    |
|   |   |   |                    |
|   |   |   |                    |
| <b>Herramientas y materias primas necesarias</b>                  |   |   |                    |
| ●   | Goma cojín (6 rollos)                             | ● | Grapas (2 cajas)   |
| ●   | Desarmador (1)                                    | ● | Aro expandible     |
| ●   | Comba engrapadora (1)                             | ● | Rodillo para rolar |
| <b>Actividades</b>  |   |   |                    |
| 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   |  |
| <b>TOTALES</b>                                   | <b>9</b>  | <b>0</b>   | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>1</b> |         |         | <b>4682</b> |                   |  |

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

| n  | $\alpha$ |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    | 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.

CONTI TREAD PERU S.A.C.

OSCAR RUBINA SALAZAR

ADMINISTRADOR DE PLANTA

25-12-20