

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica**  
**y Mecatrónica**



**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN  
LEAN MAINTENANCE PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE NEUMÁTICOS DE  
LA EMPRESA NEUMA PERÚ S.A.C. EN LA REGIÓN DE AREQUIPA – 2023**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Valdivia Vargas, Luis Ademir**

para optar el Título Profesional de

**Ingeniero Mecánico- Electricista**

Asesor:

Ing. Carpio Rivera, Marco Antonio

**Arequipa- Perú**

**2023**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 19 de Agosto del 2023

**Dictamen: 002398-C-EPIMMEM-2023**

Visto el borrador del expediente 002398, presentado por:

**2006601271 - VALDIVIA VARGAS LUIS ADEMIR**

Titulado:

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LEAN  
MAINTENANCE PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE NEUMÁTICOS DE LA EMPRESA NEUMA  
PERÚ S.A.C. EN LA REGIÓN DE AREQUIPA - 2023**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO****29479140 - VALENCIA SALAS MARIO JOSE  
DICTAMINADOR****29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS  
DICTAMINADOR****46292714 - SILES NATES FERNANDO DAVID  
DICTAMINADOR**

# DISEÑO DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LEAN MAINTENANCE PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE NEUMÁTICOS DE LA EMPRESA NEUMA PERÚ S.A.C. EN LA REGIÓN DE AREQUIPA - 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://michelin.softbox.mx">michelin.softbox.mx</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.unam.edu.pe">repositorio.unam.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://www.informesdeexpertos.com">www.informesdeexpertos.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

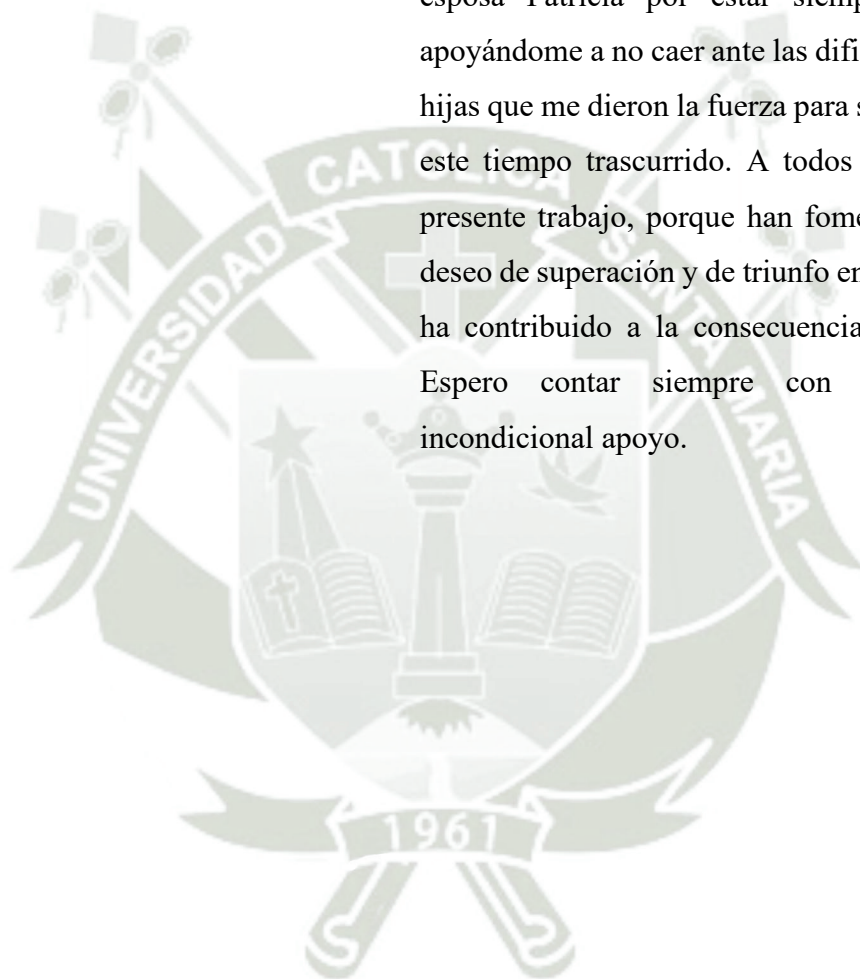
Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo. De misma forma, agradecer a mi esposa Patricia por estar siempre a mi lado apoyándome a no caer ante las dificultades y a mis hijas que me dieron la fuerza para salir adelante en este tiempo transcurrido. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecuencia de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ing. Carpio Rivera Marco Antonio por su apoyo y enseñanzas en el desarrollo de la presente investigación. Gracias a la Empresa Neuma Perú Contratistas Generales S.A.C. por brindarme el apoyo para la ejecución del presente trabajo de investigación, así como por la formación brindada durante todos los años laborados.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Diseño de un Programa de Gestión de Mantenimiento basado en Lean Maintenance para mejorar el rendimiento de neumáticos de la Empresa Neuma Perú S.A.C. en la ciudad de Arequipa – 2020” consideró como objetivo general diseñar un programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance que permita mejorar el rendimiento de los neumáticos de la empresa Neuma Perú S.A.C.

Neuma Perú S.A.C. es una empresa con más de 25 años de operación, dedicada a la venta, seguimiento, control técnico, reparación y reencauche de neumáticos OTR. Así mismo, la empresa también se dedica a la administración de los talleres de enllante en minas. Dado el crecimiento de Neuma Perú S.A.C., cada vez es más difícil controlar la totalidad de las operaciones, siendo visibles los problemas cuando se obtienen resultados negativos, tal como fue el caso en el proceso de mantenimiento de neumáticos de la sede de Morocaqui, donde se observó que el rendimiento de los neumáticos ha disminuido considerablemente, presentándose la necesidad de abordar dicha problemática dadas las cuantiosas pérdidas económicas que esta situación produce.

Como punto de partida de la investigación, se simuló el proceso actual evidenciando la existencia de colas en las distintas etapas del proceso al no contar con la capacidad de planta óptima. Se determinó que en promedio de forma mensual sólo se puede atender 246 de los 280 trabajos preventivos y 495 de los 560 trabajos correctivos, lo que genera que mes a mes se acumule la carga de trabajo y con ello el rendimiento de los neumáticos se ve afectado.

Posteriormente, se diseñó un programa de gestión de mantenimiento basado en la metodología Lean Maintenance, a través de la aplicación de las 5's, mantenimiento productivo total y Poka Yoke. Con las mejoras aplicadas se evidenció un incremento la capacidad de atención de la línea de reparación y mantenimiento, determinando que de 280 unidades que ingresan, 273 unidades lograrían pasar por mantenimiento, de igual forma para el caso del mantenimiento correctivo, de las 560 unidades que ingresan, 555 lograrían pasar por el mantenimiento correctivo.

Como resultado de las mejoras implementadas, se proyecta que el rendimiento de los neumáticos se logrará incrementar a 52500 km para los neumáticos 12R22.5 y a 22500 km para los neumáticos 425/65R22.5, con un ratio beneficio costo de 3.94, evidenciando que la metodología Lean Maintenance mejora las operaciones a través de su aplicación.

**Palabras clave:** Lean Maintenance, neumáticos, rendimiento, mina, gestión de mantenimiento.

## ABSTRACT

The present research work entitled "Design of a Maintenance Management Program based on Lean Maintenance to improve the performance of tires of the Company Neuma Perú S.A.C. in the city of Arequipa - 2020" as a general objective to design a maintenance management program based on Lean Maintenance that allows improving the performance of the tires of the company Neuma Perú S.A.C.

Neuma Peru S.A.C. is a company with more than 25 years of operation, dedicated to the sale, monitoring, technical control, repair and retreading of OTR tires. Likewise, the company is also dedicated to the administration of the filling workshops in mines. Given the growth of Neuma Perú S.A.C., it is increasingly difficult to control all of the operations, with problems being visible when negative results are obtained, as was the case in the tire maintenance process at the Morocaqui headquarters, where decreased that the performance of the tires has decreased with deterioration, presenting the need to address this problem given the large economic losses that this situation produces.

As a starting point for the investigation, the real process was simulated, evidencing the existence of queues in the different stages of the process due to not having the optimal plant capacity. It will be suspended that on average monthly only 246 of the 280 preventive jobs and 495 of the 560 corrective jobs can be attended to, which means that the workload accumulates month after month and with it the performance of the tires is affected .

Subsequently, a maintenance management program based on the Lean Maintenance methodology was developed, through the application of the 5's, total productive maintenance and Poka Yoke. With the improvements applied, an increase in the attention capacity of the repair and maintenance line was evidenced, determining that of 280 units that entered, 273 units would manage to go through maintenance, in the same way in the case of corrective maintenance, of the 560 units that enter, 555 would make it through corrective maintenance.

As a result of the improvements implemented, it is projected that the performance of the tires will increase to 52,500 km for 12R22.5 tires and 22,500 km for 425/65R22.5 tires, with a benefit-cost ratio of 3.94, evidencing that the Lean Maintenance methodology improves operations through its application.

**Keywords:** Lean Maintenance, tires, performance, mine, maintenance management.

## INTRODUCCIÓN

El sector minero, sector al que brinda servicios la Empresa Neuma Perú Contratistas Generales S.A.C., se encuentra en constante crecimiento debido a los yacimientos de minerales con los que se cuenta a nivel nacional. De acuerdo con el Diario El Peruano (2022), la economía peruana crecería alrededor de 3.4%, teniendo a los sectores minero y agroexportador como dos motores claves para consolidar la recuperación del producto bruto interno (PBI) nacional, lo que evidencia un crecimiento en cuanto a las operaciones mineras y; por lo tanto, una mayor demanda de los servicios que son tercerizados por las empresas mineras, tal como es el caso de la Empresa objeto de estudio, al incrementar el requerimiento de neumáticos que requieren mantenimiento para desarrollar de forma regular las operaciones mineras.

Para el desarrollo de la presente investigación, se ha dividido la misma en IV capítulos como se describe a continuación: En el Capítulo I, Planteamiento Teórico, se presenta la descripción del problema, interrogantes del problema, objetivos de la investigación, justificación, hipótesis, variables y metodología de la investigación.

En el Capítulo II, Fundamentos Teóricos, se desarrollan los antecedentes de la investigación y el marco conceptual respecto a los principales términos que se abordan en la presente investigación. En el Capítulo III, Descripción de la Situación Actual, se presenta un resumen de la empresa Neuma Perú Contratistas Generales S.A.C., así como la explicación detallada del proceso de mantenimiento, evidenciando las deficiencias existentes en el proceso actual.

En el Capítulo IV, Diseño del Programa de Gestión de Mantenimiento, se desarrollan las 04 etapas del programa de mantenimiento, así como las mejoras propuestas para mitigar las deficiencias halladas en la situación actual; así mismo, se describen las actividades, responsables e hitos para la aplicación de la propuesta de mejora, culminando en un análisis beneficio costo para exponer la viabilidad de la puesta en marcha de la mejora planteada. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xiv
CAPÍTULO I .....	1
1.Planteamiento Teórico .....	1
1.1. Descripción del Problema.....	1
1.2. Campo, Área y Línea de Investigación .....	4
1.3. Interrogantes del Problema.....	4
1.3.1. Interrogante General .....	4
1.3.2. Interrogantes Específicas .....	4
1.4. Objetivos de la Investigación .....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
1.5. Justificación.....	5
1.5.1. Justificación Metodológica .....	5
1.5.2. Justificación Social y Económica.....	6
1.5.3. Justificación Práctica, Profesional y Personal.....	6
1.6. Hipótesis General de la Investigación .....	6
1.7. Variables.....	6
1.7.1. Variable Independiente .....	6
1.7.2. Variable Dependiente.....	7
1.7.3. Operacionalización de las variables.....	7

1.8. Metodología de la Investigación.....	8
CAPÍTULO II.....	9
2.Fundamentos Teóricos.....	9
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	9
2.2. Marco Conceptual.....	11
2.2.1. Mantenimiento.....	11
2.2.2. Programa de Gestión de Mantenimiento.....	12
2.2.3. Lean Maintenance.....	13
2.2.4. Neumático.....	18
2.2.5. Neuma Perú.....	24
2.2.6. Campamento Minero.....	29
CAPÍTULO III.....	30
3. Descripción de la Situación Actual.....	30
3.1. Descripción de la Empresa.....	30
3.1.1. Misión.....	30
3.1.2. Visión.....	30
3.1.3. Valores.....	30
3.1.4. Servicios.....	31
3.1.5. Organigrama.....	31
3.2. Distribución actual de planta.....	32
3.2. Descripción del Proceso.....	35
3.3. Simulación del Proceso Actual.....	37
3.4. Análisis Pareto.....	41
3.5. Análisis Ishikawa.....	42
3.6. Principales deficiencias encontradas a nivel de Mantenimiento.....	43
CAPÍTULO IV.....	49
4. Diseño del Programa de Gestión de Mantenimiento basado en Lean Maintenance.....	49
4.1. Diseño del Programa de Gestión de Mantenimiento.....	49

4.1.1. Etapa 01: Entrenamiento.....	49
4.1.2. Etapa 02: Lean Maintenance.....	51
4.1.3. Etapa 03: Programa de Gestión de Mantenimiento.....	77
4.1.4. Etapa 04: Plan de Mejoras .....	81
4.2. Requisitos para Implementación .....	81
4.2.1. Mano de Obra .....	81
4.2.2. Herramientas, Equipos y Materiales .....	82
4.2.3. Inversión .....	83
4.3. Resultados del sistema actual vs el diseñado.....	84
4.3.1. Indicadores del Sistema Actual.....	84
4.3.2. Indicadores del Sistema Diseñado .....	86
4.3.3. Análisis de Indicadores .....	88
4.4. Estimación del aumento del rendimiento de neumáticos .....	90
4.5. Análisis Económico.....	91
4.5.1. Beneficios de la Propuesta de Mejora.....	91
4.5.2. Costos de la Propuesta de Mejora.....	92
4.5.3. Análisis del Indicador B/C.....	93
CONCLUSIONES .....	94
RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
ANEXOS .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Pérdidas económicas por el tiempo de vida de neumáticos de los últimos cuatro años.....	2
<b>Tabla 2</b> Pérdidas económicas scrap de los últimos cuatro años .....	3
<b>Tabla 3</b> Operacionalización de las variables.....	7
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de Ocupación de Operarios Sistema Actual.....	39
<b>Tabla 5</b> Tabla Análisis de Pareto .....	41
<b>Tabla 6</b> Rendimiento actual de los neumáticos.....	48
<b>Tabla 6</b> Plan de Entrenamiento .....	50
<b>Tabla 7</b> Perfil del Jefe de Mantenimiento .....	53
<b>Tabla 8</b> Check List de Cumplimiento .....	58
<b>Tabla 9</b> Porcentaje de Ocupación de Operarios Sistema Propuesto.....	63
<b>Tabla 10</b> Ficha de Identificación de Defectos.....	69
<b>Tabla 11</b> Ficha Técnica.....	70
<b>Tabla 12</b> Ficha de Registro .....	70
<b>Tabla 13</b> Control de Ingresos y Salidas.....	71
<b>Tabla 14</b> Cronograma de Capacitaciones.....	73
<b>Tabla 15</b> Registro de Asistencia a Capacitación.....	73
<b>Tabla 16</b> Costo de EPP's.....	76
<b>Tabla 17</b> Programa de Gestión de Mantenimiento.....	80
<b>Tabla 18</b> Plan de Mejoras.....	81
<b>Tabla 19</b> Lista de herramientas, equipos y materiales .....	83
<b>Tabla 20</b> Inversión .....	84
<b>Tabla 21</b> Incremento del rendimiento 12R22.5.....	91
<b>Tabla 22</b> Incremento del rendimiento 425/65R22.5.....	91
<b>Tabla 23</b> Precios de neumáticos.....	92
<b>Tabla 24</b> Ahorro por neumáticos.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Pérdidas económicas por el tiempo de vida de neumáticos de los últimos cuatro años .....	2
<b>Figura 2</b> Pérdidas económicas scrap de los últimos cuatro años .....	3
<b>Figura 3</b> Organigrama Actual .....	32
<b>Figura 4</b> Distribución de planta actual .....	33
<b>Figura 5</b> Diagrama de tránsito.....	34
<b>Figura 6</b> Simulación en Arena Rockwell del Proceso Actual.....	38
<b>Figura 7</b> Colas del Proceso Productivo Actual .....	40
<b>Figura 8</b> Diagrama de Pareto .....	41
<b>Figura 9</b> Análisis Ishikawa .....	42
<b>Figura 10</b> Fotografía del Taller.....	45
<b>Figura 11</b> Almacén de Neumáticos.....	45
<b>Figura 12</b> Fotografía del campamento .....	46
<b>Figura 13</b> Fotografía de zona de trabajo .....	47
<b>Figura 14</b> Organigrama Propuesto .....	52
<b>Figura 15</b> Tarjeta Roja .....	54
<b>Figura 16</b> Tarjeta Amarilla .....	55
<b>Figura 17</b> Tarjeta Verde.....	55
<b>Figura 18</b> Apilamiento sugerido de neumáticos .....	56
<b>Figura 19</b> Portaherramientas.....	56
<b>Figura 20</b> Seguimiento semanal.....	59
<b>Figura 21</b> Simulación en el Software Arena del Proceso Propuesto.....	62
<b>Figura 22</b> Colas del Proceso Productivo Propuesto.....	64
<b>Figura 23</b> Distribución de planta propuesta .....	65
<b>Figura 24</b> Diagrama de tránsito propuesto.....	66
<b>Figura 25</b> Señalética.....	75
<b>Figura 26</b> Rotación de Neumáticos.....	76
<b>Figura 27</b> Rotación de Neumáticos según Colores .....	77
<b>Figura 28</b> Ingreso de Activos en Fracttal One .....	78
<b>Figura 29</b> Generación de OT's en Fracttal One .....	79

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> Perfil del Líder del Proyecto .....	49
<b>Cuadro 2</b> Cronograma de limpieza.....	57
<b>Cuadro 3</b> Mantenimiento Planificado.....	68



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Lean Maintenance:** Conocido como mantenimiento esbelto, es un enfoque que tiene por finalidad optimizar las actividades de mantenimiento.
- **Mantto:** Abreviatura de mantenimiento.
- **Programa:** Proyecto o planificación que se realiza en un orden establecido de determinadas actividades que componen un fin u objetivo común.
- **Scrap:** Neumáticos que por su estado deben ser desechados.
- **S.A.C:** Sociedad anónima cerrada, correspondiente al tipo de empresa a la cual pertenece una organización.
- **SMED:** Single Minute Exchange of Die, que en español significa “cambio de matriz en menos de 10 minutos”, corresponde a la metodología que tiene por finalidad realizar cambios en los procesos de forma rápida y ordenada.
- **Tiempo Takt:** Ritmo de fabricación requerido para mantener la demanda del cliente.
- **VSM:** Abreviatura de Value Stream Mapping, conocido en español como “mapa de flujo de valor”, el cual es una representación gráfica en el que se mapean las actividades de una organización o proceso, que tiene por finalidad evaluar los principales desperdicios del objeto de estudio.
- **5’s:** Método japonés denominado así por sus cinco etapas: Clasificación (Seiri), Orden (Seiton), Limpieza (Seiso), Estandarización (Seiketsu) y Disciplina (Shitsuke).

## CAPÍTULO I

### 1. Planteamiento Teórico

#### 1.1. Descripción del Problema

Neuma Perú S.A.C., es una empresa prestadora de servicios de mantenimiento y reparación de neumáticos, cuya sede principal se encuentra ubicada en la ciudad de Arequipa, calle Manzanitos 508-A; actualmente brinda sus servicios a distintas empresas mineras, localizadas en distintos puntos del Perú.

Entre los servicios que Neuma Perú S.A.C. presta actualmente se encuentran:

- Cambio de neumáticos.
- Reparación de neumáticos.
- Alineamiento de unidades.
- Inspección de unidades por mes.
- Presentación de informes mensuales de rendimientos de neumáticos.
- Proyección de consumo anual de neumáticos nuevos y reencauchados.

En la actualidad, la sede de Morocaqui, se encuentra presentando problemas debido al bajo rendimiento de los neumáticos, el cual se encuentra por debajo del rendimiento pactado con el cliente, ocasionando disconformidad en el servicio, lo que puede ocasionar a futuro la pérdida de la licitación con la empresa, incluso podría impactar en la obtención de futuras licitaciones. Uno de los puntos débiles dentro del servicio es el tiempo de operación para realizar el mantenimiento preventivo, dado que las unidades ingresan en lotes de 7 tractos y sólo se cuenta con 12 horas disponibles para realizar el mantenimiento de los neumáticos.

Durante los últimos 4 años, se han tenido pérdidas económicas debido a que los neumáticos no cumplen con el tiempo de vida esperado, estas pérdidas se han cuantificado, obteniendo una pérdida total de S/.316,107.17 desde el año 2018 al año 2020 tal como se muestra en la tabla 1 y figura 1.

**Tabla 1** Pérdidas económicas por el tiempo de vida de neumáticos de los últimos cuatro años

	2017	2018	2019	2020	Total
PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN DÓLARES	\$1,224.74	\$28,586.46	\$41,892.52	\$16,348.41	\$88,052.14
PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN SOLES	S/4,396.81	S/102,625.40	S/150,394.15	S/58,690.80	S/316,107.17

*Nota:* Elaboración Propia

**Figura 1** Pérdidas económicas por el tiempo de vida de neumáticos de los últimos cuatro años



*Nota:* Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 1 y la figura 1, las pérdidas crecieron progresivamente, para tener una baja en el año 2020 debido a la reducción de operaciones producto de la pandemia.

Así mismo, se han evidenciado pérdidas económicas adicionales debido a neumáticos en scrap, los cuales son neumáticos que han sufrido daños en la ruta de trabajo y las cuales deben desechados puesto que ya no cumplen con su función. Estos neumáticos son acumulados en la sede Morocaqui, ocasionado la reducción del espacio de trabajo disponible y; por lo tanto, limitando las operaciones de trabajo. Se muestran los datos de las pérdidas económicas debido al scrap durante los últimos 3 años las cuales ascienden a S/.610,764.44.

**Tabla 2** Pérdidas económicas scrap de los últimos cuatro años

	2017	2018	2019	2020	Total
<b>PÉRDIDAS ECONÓMICAS SCRAP EN DÓLARES</b>	\$0.00	\$135,435.31	\$27,844.00	\$6,850.06	\$170,129.37
<b>PÉRDIDAS ECONÓMICAS SCRAP EN SOLES</b>	S/0.00	S/486,212.76	S/99,959.96	S/24,591.72	S/610,764.44

*Nota:* Elaboración Propia

**Figura 2** Pérdidas económicas scrap de los últimos cuatro años



*Nota:* Elaboración Propia

Si bien es cierto, se puede observar un decremento en las pérdidas económicas en el año 2020 como se muestra en la tabla 2 y figura 2, esto se debe a la reducción de operaciones debido a la pandemia Covid-19; sin embargo, se continúa apreciando la continuidad de las pérdidas en el taller, lo que ha generado molestias al cliente, así como llamados de atención. Finalmente, se puede apreciar en campo que las zonas de trabajo no se encuentran correctamente delimitadas, así mismo no con estándares de orden y limpieza que permitan llevar a cabo un adecuado trabajo.

De no darse una pronta solución a las problemáticas mencionadas, se continuará incurriendo en pérdidas económicas, lo que podría dejar en déficit a la empresa. De igual manera, es probable que se pueda perder la licitación actual por incumplimiento del servicio pactado lo que dejaría a la empresa en pérdida, con posterior reducción de personal.

Con la finalidad de dar una solución a los problemas descritos, se plantea elaborar una propuesta de mejora basada en la metodología de Lean Maintenance utilizando herramientas tales como VSM, Kaizen y 5S, generando como resultado final un programa de gestión de mantenimiento.

## 1.2. Campo, Área y Línea de Investigación

- Campo: Ingeniería Mecánica.
- Área: Gestión de Mantenimiento.
- Línea: Lean Maintenance.

## 1.3. Interrogantes del Problema

### 1.3.1. Interrogante General

¿El diseño de un programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance permitirá mejorar el rendimiento de los neumáticos de la empresa Neuma Perú S.A.C., Región de Arequipa, 2023?

### 1.3.2. Interrogantes Específicas

- ¿Cuál es el rendimiento actual de los neumáticos la empresa, así como las causas que generan tal rendimiento?
- ¿Cuáles son las etapas que contempla Lean Maintenance para la elaboración de un programa de gestión?
- ¿Cuál el programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance, que permitirá a la empresa obtener una mejora en el rendimiento de sus neumáticos?
- ¿Cómo se incrementará el rendimiento de los neumáticos posterior a la aplicación de la mejora propuesta?
- ¿Cuáles serán los resultados operativos y económicos, de aplicarse el programa de gestión de mantenimiento ejecutado, basado en Lean Maintenance, en la empresa Neuma Perú S.A.C?

## 1.4. Objetivos de la Investigación

### 1.4.1. Objetivo general

Diseñar un programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance que permita mejorar el rendimiento de los neumáticos de la empresa Neuma Perú S.A.C., Región de Arequipa, 2023.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el rendimiento actual de los neumáticos la empresa, así como las causas que generan tal rendimiento.
- Identificar las etapas a aplicarse para el desarrollo del programa de gestión de Lean Maintenance.
- Elaborar un programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance, que permita a la empresa obtener una mejora en el rendimiento de sus neumáticos.
- Determinar el incremento del rendimiento de los neumáticos posterior a la aplicación del programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance.
- Cuantificar los resultados operativos y económicos de aplicarse el programa de gestión de mantenimiento ejecutado basado en Lean Maintenance, en la empresa Neuma Perú S.A.C.

## 1.5. Justificación

### 1.5.1. Justificación Metodológica

El programa de gestión de mantenimiento elaborado basado en Lean Maintenance, permitirá gracias a la aplicación de herramientas tales como VSM, Kaizen y 5S, mejorar el rendimiento de los neumáticos de la empresa Neuma Perú, a través de ejecución de un programa de gestión de mantenimiento, demostrando la eficacia de la herramienta. Así mismo, se creará un nuevo precedente para otras investigaciones, que pretendan mejorar el rendimiento de los neumáticos de sus flotas, a través de herramientas confiables y la aplicación de un eficiente un programa de gestión de mantenimiento, minimizando los costos e incrementando el rendimiento de las operaciones, pudiendo replicarse el modelo en distintas empresas.

### **1.5.2. Justificación Social y Económica**

La justificación social se basa en que los actuales y futuros clientes de Neuma Perú S.A.C., puedan recibir el servicio brindado bajo las condiciones pactadas y con el rendimiento de neumáticos esperado, ya que así, se aumentará el nivel de satisfacción de los clientes y se logrará una industria más competitiva. Así mismo, una mejora dentro de los procesos de mantenimiento de la empresa beneficiará a los trabajadores al brindar mejores condiciones de trabajo, haciendo que sus labores dentro de la empresa sean más satisfactorias.

A nivel económico, el presente trabajo de investigación permitirá a la empresa reducir los costos por mantenimientos correctivos, así como la eliminación de horas perdidas por paradas no programadas, generando que los neumáticos de la empresa tengan un mayor tiempo de vida útil y se pueda aprovechar los desechos scrap, por lo tanto, se generarán mayores ingresos para la empresa.

### **1.5.3. Justificación Práctica, Profesional y Personal**

La tesis ejecutada, permitirá plasmar todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica, teniendo un aporte positivo para la empresa donde actualmente se labora, gracias a los conocimientos impartidos en la Universidad Católica de Santa María, realizando un aporte no sólo para la empresa, si no para también para la sociedad. Así mismo, el presente trabajo de investigación permitirá poder optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico.

## **1.6. Hipótesis General de la Investigación**

Dado el diseño de un programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance, es probable que se incremente el rendimiento actual de los neumáticos de la empresa Neuma Perú S.A.C. y por lo tanto se incremente el tiempo de vida útil de los mismos.

## **1.7. Variables**

### **1.7.1. Variable Independiente**

La variable independiente es el programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance.

### 1.7.2. Variable Dependiente

La variable dependiente es rendimiento de los neumáticos de la Empresa Neuma Perú – Arequipa.

### 1.7.3. Operacionalización de las variables

A continuación se presenta la tabla 3 con la operacionalización de variables, que expone al programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance como la variable independiente y al rendimiento de los neumáticos de la Empresa Neuma Perú – Arequipa como la variable dependiente, dado que ante la implementación del programa de gestión de tiempo se podrá obtener un menor tiempo takt y menor tiempo sin valor agregado, los neumáticos podrán ser reparados y por lo tanto incrementarán su rendimiento, incrementando los kilómetros recorridos y disminuyendo los neumáticos sin reparación.

**Tabla 3** Operacionalización de las variables

<b>Variable</b>	<b>Programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance</b>	<b>Rendimiento de neumáticos de la empresa Neuma Perú</b>
<b>Tipo de Variable</b>	Independiente	Dependiente
<b>Dimensiones</b>	Tiempo takt del Mantenimiento	Kilómetros recorridos
	Tiempo sin valor agregado del mantenimiento	Cantidad de neumáticos sin reparación
<b>Indicador</b>	$Takt = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$	$\sum Km \text{ Recorridos}$
	$\sum \text{Tiempo sin valor agregado}$	$\sum \text{Neumáticos sin reparar}$
<b>Índices</b>	Horas	Km
	Horas	Unidades/Año
<b>Técnicas e Instrumentos</b>	Estudio de tiempos	Estudio de tiempos
	Observación	Observación
	Análisis de data histórica	Análisis de data histórica

**Nota:** Elaboración Propia

### 1.8. Metodología de la Investigación

Según Hernández Sampieri en su libro titulado Metodología de la Investigación (2016), una investigación puede presentarse como exploratoria, descriptiva, explicativa y correlativa. La presente investigación abordará una metodología descriptiva, puesto que pretende describir las características del rendimiento actual de los neumáticos de la empresa Neuma Perú S.A.C., así como el actual proceso de mantenimiento que se aplican a los neumáticos, identificando puntos de mejora en tal.

Así mismo, la investigación corresponde a un tipo explicativo, dado que se tomará como sustento y referencia la descripción científica, detallando el por qué actualmente se tiene el rendimiento analizado, y cómo podría mejorarse este a través de una mejora. Finalmente, la investigación es de tipo correlacional, puesto que se analizará la relación que tendrán la variable dependiente en la variable independiente del estudio, analizando si existe una correlación positiva o una correlación inversa entre las variables.

## CAPÍTULO II

### 2. Fundamentos Teóricos

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Acusami & Tremolada (2020) en su tesis de “Modelo de eliminación de desperdicios basado en Lean Manufacturing y Lean Maintenance para el incremento de la eficiencia en la industria manufacturera” presenta la problemática de la empresa y la baja eficiencia productiva en una empresa manufacturera de neumáticos. En la investigación, buscan incluir herramientas de ingeniería para poder evitar altos costos en mantenimiento de equipos de producción. En su tesis presentan un modelado de reducción de desperdicios que busca reducir el tiempo de set up y desarrollar una gestión de mantenimiento para lograr el incremento de la eficiencia general de los equipos (OEE). La validación del modelado fue realizada en empresa de manufactura en neumáticos y arrojó los siguientes resultados: Incremento del OEE de 13%, una reducción de set up 22.5%, la externalización de 37 actividades y aumento del 80% en el índice de conocimiento de los operarios involucrados en la propuesta.

De la investigación de Acusami & Tremolada (2020) se replicará el “Modelo de reducción de desperdicios basado en Lean Manufacturing y Lean Maintenance”, el cual consta de 04 etapas. En la primera etapa se establecerán los lineamientos de capacitación y entrenamiento sobre la metodología a aplicar, dirigido al personal involucrado. En la segunda etapa se realizará un análisis de los equipos y herramientas utilizados, así como el proceso de reparación y las condiciones del producto final posterior al proceso productivo, en esta etapa se realizará un análisis de desperdicios. En la tercera etapa se generará el programa de gestión de mantenimiento para detener los desperdicios identificados, así como mejorar el proceso productivo. Finalmente, en la cuarta etapa se generará un plan de control para que las mejoras se mantengan en el tiempo.

Ávila & Gamarra (2020), en su tesis de “Modelo operacional Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia en las empresas del sector metal mecánico”, identificaron que el sector metal mecánico presenta diversas deficiencias tales como baja disponibilidad de las máquinas, altos tiempos de configuración y desperdicios de producción. En base a las problemáticas identificadas, presentaron una alternativa de solución combinando herramientas propias de la filosofía lean

Manufacturing tales como SMED, Mantenimiento Productivo Total (TPM) y 5'S, así como la metodología Kaizen. El modelo fue validado en una empresa metal mecánica en donde se obtuvieron los siguientes resultados: Se mejoró en 8% la OEE, reduciendo los tiempos de configuración en 21% y, reduciendo la tasa de productos defectuosos en proceso del 20%. Esta nueva solución les permitirá a las empresas metal mecánicas ser más competitivas en su rubro.

De la investigación de Ávila & Gamarra (2020), se tomarán como referencia las fases de aplicación de 5'S, considerando una auditoría inicial, el diseño de la mejora aplicando 5'S, el desarrollo de un manual de procedimientos para la aplicación de la metodología y el plan de auditoría aplicado.

Díaz (2018) en su tesis de “Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en la empresa EMCO S.A.C Elaboración, Ejecución y Mantenimiento S.A.C. 2018” tuvo como objetivo principal la aplicación Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la empresa. La población de estudio fueron los proyectos realizados en un período de 3 meses, la con una muestra de 18 proyectos. Al aplicar las herramientas de Lean Manufacturing como; Value, Stream Mapping, Estandarización, y Pokayoke, así como instrumentos de investigación como la observación y la encuesta, evidenció mejorar la eficiencia de un 92.11% al 99%; así mismo, mejoró la eficacia de un 82.17% al 92%. Los datos que obtuvieron se evaluaron a través de Microsoft Excel para ser llevados a SPSS para la comparación del antes y después de la implementación de las herramientas Lean Manufacturan, concluyendo que la aplicación del Lean Manufacturing mejoró la productividad de 75.96% a un 91%.

De la investigación de Díaz (2018) se tomará como referencia el Value Stream Mapping desarrollado, así como las fichas elaboradas siguiendo la metodología Poka Yoke, para realizar seguimiento del programa de gestión de mantenimiento elaborado. Así mismo, se analizará mediante SPSS si el diseño propuesto será significativo en cuanto al incremento del rendimiento de los neumáticos y el tiempo de vida útil de los mismos.

## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1. Mantenimiento

Mostafa et al. (2015) indican que el mantenimiento supone importantes costes de funcionamiento en una organización. Se considera un pilar fundamental del rendimiento de la organización. El pensamiento Lean puede incorporarse a las actividades de mantenimiento aplicando sus principios y prácticas. Lean es un requisito previo para los sistemas de fabricación ajustada; así mismo, indican que el mantenimiento contempla las siguientes actividades:

- **Inspección:** comprobación de la conformidad midiendo, observando o calibrando las características relevantes de un bien.
- **Supervisión:** actividades manuales o automáticas realizadas para observar el estado real de un activo. Se evalúa cualquier cambio en los parámetros del activo con el tiempo.
- **Mantenimiento rutinario:** actividades elementales de mantenimiento que no suelen requerir cualificaciones, autorizaciones o herramientas especiales.
- **Revisión:** conjunto completo de exámenes y acciones llevadas a cabo con el fin de mantener el nivel requerido de disponibilidad y seguridad del activo. Una revisión puede realizarse a intervalos de tiempo prescritos o con un número de operaciones, y puede requerir un desmontaje parcial o completo del activo.
- **Reconstrucción:** acción que sigue al desmontaje del equipo y a la reparación o sustitución de aquellos componentes que se acercan al final de su vida útil y/o que deben ser sustituidos periódicamente. El objetivo de la reconstrucción es normalmente proporcionar al equipo una vida útil que puede ser superior a la del equipo original.
- **Reparación:** acción física realizada para restaurar la función requerida de un equipo defectuoso. Incluye el diagnóstico, corrección de fallos y comprobación del funcionamiento.

Así mismo, como parte de los mantenimientos, Mostafa et al. (2015) contemplan tanto el mantenimiento correctivo como preventivo:

- **Mantenimiento correctivo:** El mantenimiento correctivo se conoce como mantenimiento basado en fallos, mantenimiento de emergencia, mantenimiento contra incendios o mantenimiento de averías. El concepto de la estrategia de mantenimiento correctivo se basa

en reparar después de fallo. El mantenimiento correctivo es la estrategia de mantenimiento convencional aparecida en muchas industrias. Se ha empleado en operaciones de mantenimiento debido a la escasez de conocimientos sobre los comportamientos de fallo de los equipos. El mantenimiento correctivo puede llevarse a cabo de forma inmediata o diferida por técnicos de mantenimiento adecuados a los que se contrata para que evalúen la situación y solucionen el problema.

- **Mantenimiento preventivo:** El mantenimiento preventivo se lleva a cabo de acuerdo con criterios prescritos. Su objetivo es reducir la probabilidad de fallo o degradación del funcionamiento de un elemento. El mantenimiento preventivo puede dividirse en Mantenimiento Basado en el Tiempo (TBM) y mantenimiento basado en la condición (CBM).

### 2.2.2. Programa de Gestión de Mantenimiento

Según Herrera & Duany (2016) en su artículo científico “Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento”, un programa de gestión de mantenimiento considera 4 fases, siendo éstas en ejecutadas en el siguiente orden:

- **Fase inicial:** En la fase inicial se realiza un análisis de la organización, así como la descripción del proceso productivo. Se deben describir los recursos asignados para el área de mantenimiento, así como los recursos informáticos. En esta fase, es importante desarrollar un informe previo de la situación actual.
- **Fase de formación:** Como primer paso se debe dar la organización del personal, de ser necesario se considera la contratación de personal adicional y se generan las fichas de perfil de todos los puestos de trabajo. Posterior a ello se realiza la organización del departamento, analizando la estructura del área y asignación de actividades. Seguidamente se realiza la organización del almacén. Finalmente se establece un plan de mantenimiento inicial consideran las actividades urgentes.
- **Fase de desarrollo:** Se analizan posibles programas de software a implementar, así como las fases de implementación y actividades asignadas al personal, para ello se creará el plan de manteamiento.

- **Fase de optimización:** Se analizarán los resultados en la etapa anterior y se fijarán los indicadores de resultados que se desean alcanzar posterior a la implementación.

De acuerdo con el programa de gestión de Herrera & Duany (2016), de igual forma se aplicarán 04 etapas para la implementación; sin embargo, la fase inicial con la fase de formación se acoplará en uno solo, y la fase de desarrollo se dividirá en dos fases, consideran el desarrollo de las mejoras de Lean Maintenance y del Programa de Gestión de Mantenimiento; finalmente, se aplicará la fase de desarrollo considerando la implementación del programa.

### 2.2.3. Lean Maintenance

Según Paredes (2005) el Lean Maintenance considera un mantenimiento proactivo asociado a labores del mantenimiento planificado y programado a partir de las prácticas de mantenimiento productivo total, usando las estrategias del mantenimiento desarrollado mediante uso de criterios precisos del mantenimiento. Cabe resaltar que Lean Maintenance es una rama del Lean Manufacturing, es por ello por lo que se aplican mismas metodologías, sólo que enfocadas al mantenimiento.

Smith (2004) definió el mantenimiento esbelto o Lean Maintenance como "una operación de mantenimiento proactiva que emplea actividades de mantenimiento planificadas y programadas a través de prácticas de mantenimiento productivo total (TPM) utilizando estrategias de mantenimiento desarrolladas mediante la aplicación de la lógica de decisión del mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) y practicadas por equipos de acción capacitados (autodirigidos)". El mantenimiento ajustado genera un resultado deseable al minimizar el consumo de insumos. El mantenimiento ajustado representa la adopción de principios ajustados en las operaciones de mantenimiento, reparación y revisión (MRO). Podría reducir el tiempo de inactividad no programado mediante la optimización de las actividades de apoyo al mantenimiento y los gastos generales de mantenimiento. Las herramientas lean representan los principios lean para el proceso de implantación. Para conseguir una mejora eficaz del mantenimiento ajustado, es necesario emplear herramientas ajustadas clave como el Mapeo del Flujo de Valor (VSM), las 5S o la gestión visual.

### 2.2.3.1. Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Lean consiste en la aplicación 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. La clave del modelo es aplicar mejoras en la planta de fabricación, tanto a nivel de puestos de trabajo como de línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para cual se considera fundamental la colaboración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios. (Hernández & Vizán, 2013)

En cuanto los desperdicios Lean, Womack & Jones (2003) mencionan los siguientes desperdicios:

1. Sobreproducción: producir artículos en exceso o demasiado pronto, lo que da lugar a un exceso de existencias.
2. Defectos: errores frecuentes en el papeleo o problemas de calidad del material/producto que dan lugar a desechos y/o retrabajos.
3. Procesamiento inadecuado: uso de un conjunto inadecuado de herramientas, procedimientos o sistemas, a menudo cuando un enfoque más sencillo podría ser más eficaz.
4. Transporte excesivo: movimiento excesivo de información o materiales, con la consiguiente pérdida de tiempo y costes.
5. Esperas: largos períodos de inactividad de personas, información o bienes, que dan lugar a un flujo deficiente y a largos plazos de entrega.
6. Movimientos innecesarios: mala organización del lugar de trabajo, que da lugar a una ergonomía deficiente, por ejemplo, agacharse o estirarse en exceso, y pérdida frecuente de objetos.
7. Exceso de inventario: almacenamiento excesivo y retraso de la información o los productos, lo que da lugar a un exceso de inventario y costes, y genera un mal servicio al cliente.
8. Infrutilización de los empleados: Creatividad y habilidades de los empleados no utilizadas para mejorar los procesos y prácticas.

### 2.2.3.2. Herramientas de Lean Maintenance

La metodología Lean Maintenance contempla diversas herramientas cuyo propósito es eliminar los desperdicios identificados, siendo parte de esta metodología las siguientes herramientas: Andon, Kaizen, Value Stream Mapping, Heijunka, Poka Yoke, Gemba, SMED, 5'S, Mantenimiento Productivo Total, Hoshin Kanri, Jidoka, Just in Time, entre otras; sin embargo, para la implementación de Lean Manufacturing no es necesario aplicar todas las herramientas de la metodología, si no aquellas que realmente permita mitigar o eliminar los desperdicios identificados. De acuerdo con la presente investigación, se aplicarán 03 herramientas del Lean Maintenance, siendo estas Poka Yoke, 5's y el mantenimiento productivo total, considerando que este último es una herramienta bastante completa puesto que se divide en 08 partes cuyo propósito es atender los procesos relacionados al mantenimiento de la empresa.

- **Poka Yoke**

Shigeo Shingo denominó “poka-yoke” o también conocido como “anti-error” a los métodos de inspección 100 %, realizados mediante sencillos dispositivos integrados en los propios procesos, que evitan que los errores humanos se conviertan en defectos. (Madariaga, 2020)

Poka Yoke se caracteriza dado que la inspección se efectúa al 100 % de los productos; así mismo y la retroalimentación de los errores es inmediata. Según el tipo y lugar de la inspección, los poka-yoke se clasifican en tres categorías:

- El poka-yoke detecta el error en el propio proceso, impide el inicio de la acción que añade valor y, por lo tanto, evita el defecto.
- El poka-yoke no impide el defecto, lo detecta en el propio proceso donde se ha producido y evita su envío al proceso siguiente.
- El poka-yoke no impide el defecto, lo detecta en el siguiente proceso, antes de la acción que añade valor.

Dentro del sistema Poka Yoke se utilizan diversos dispositivos, algunos ejemplos de ellos son: Elementos mecánicos de contacto físico, interruptores de posición, detectores fotoeléctricos, inductivos, sensores de presión, temperatura, contadores, temporizadores, alarmas luminosas, acústicas, sistemas de visión artificial, entre otros. (Madariaga, 2020)

- 5'S

La expresión «cinco S» proviene de las cinco palabras japonesas seiri (separar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (control visual) y shitsuke (disciplina), que resumen los cinco pasos a seguir para implantar esta metodología. Las 5'S es una metodología enfocada a estandarizar las condiciones del puesto de trabajo. (Madariaga, 2020)

- Separar (seiri), consiste en separar los elementos del puesto de trabajo en dos categorías: necesarios e innecesarios.
- Ordenar (seiton), una vez eliminados los objetos innecesarios, se etiquetarán y ubicarán los elementos necesarios de tal forma que el operario los pueda encontrar, utilizar y reponer en su sitio fácilmente.
- Limpiar (seiso), una vez ordenados los elementos se procederá a la limpieza, para lo cual se eliminará toda suciedad.
- Control visual (seiketsu), se estandarizarán las zonas de trabajo de acuerdo a los procedimientos de trabajo establecidos.
- Disciplina (shitsuke). La disciplina consiste en mantener los estándares establecidos en los pasos anteriores.

- **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

El mantenimiento productivo total conglopera un conjunto de técnicas que tienen por finalidad solucionar averías producidas ante la falta de mantenimiento, velando por la conservación de los activos de la empresa (Hernández & Vizán, 2013).

La metodología del mantenimiento productivo total según Hernández & Vizán (2013) contempla 04 fases. La primera fase tiene por objetivo realizar el mantenimiento de los activos para que estos puedan encontrarse en un estado muy similar al cual se encontraba al momento de la entrega de parte del proveedor a la empresa. La segunda fase tiene por propósito el eliminar todo aquello que genere suciedad y las zonas en las cuales el acceso se encuentre restringido debido a la acumulación de objetos. Así mismo, la tercera fase contempla la capacitación para poder realizar adecuadamente el mantenimiento los equipos. Finalmente, la tercera fase contempla en la mejora continua, a través de la

verificación de las mejoras planteadas y la toma de decisiones para el aseguramiento de la calidad de los procesos en cuanto a los productos realizados.

Villaseñor & Galindo (2009) indican que la metodología del mantenimiento productivo total tiene por finalidad maximizar la efectividad de cada pieza los equipos, así como incrementar la vida del equipo a través del plan de mantenimiento e involucrar a las distintas áreas para lograr el objetivo del mantenimiento.

Marín-García & Martínez (2013) a su vez, contemplan que la metodología de mantenimiento productivo total se apoya en 08 pilares, siendo estos los siguientes:

- Pilar 1: Entrenamiento.
- Pilar 2: Mantenimiento Autónomo.
- Pilar 3: Mejora Enfocada.
- Pilar 4: Mantenimiento Planificado.
- Pilar 5: Establecimiento de un programa de gestión inicial del equipo.
- Pilar 6: Establecimiento de un sistema de mantenimiento de la calidad.
- Pilar 7: Establecimiento de un sistema para la mejora de la eficiencia de los departamentos administrativos.
- Pilar 8: Establecimiento de un sistema para el control de la Seguridad y Salud, y el Medioambiente.

Aunque algunos autores contemplan otros nombres para los pilares, estos tienen como objetivo aportar a la mejora del mantenimiento de activos de la empresa.

### 2.2.3.3.Herramientas de Análisis

- **Diagrama Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa es un diagrama que tiene por finalidad identificar las principales causas de un determinado problema, para lo cual se analizan las

conocidas 5M que hacen referencia a los “Materiales”, “Medio Ambiente”, “Materias”, “Métodos de trabajo” y “Mano de Obra”, se le conoce también a dicha metodología como la espina de Ishikawa, ya que las causas del problema se van colocando en forma de espinas y en la cabeza se coloca el problema principal, asemejando el esqueleto de un pescado, la finalidad de dicha herramienta es identificar adecuadamente el problema así como sus causas, para abordar las mismas a través de una mitigación e eliminación (González, 2014).

- **Diagrama Pareto**

El diagrama de Pareto se representa gráficamente a través de una proyección mediante barras, que se ordenan de acuerdo a la frecuencia de las sumatorias de los valores de las variables analizadas. La finalidad de dicho diagrama es identificar el 20% de las causas que generan el 80% de las consecuencias, con la finalidad de atacar las causas que generan la mayor cantidad de problemas, de forma que se puedan resolver las mismas a través de la intervención de los problemas (González, 2014).

#### 2.2.4. Neumático

Circula Seguro (2020) define a neumático como “cubierta, goma o llanta en América, es una pieza fabricada con un compuesto basado en el caucho que se coloca en la rueda de un vehículo para conferirle adherencia, estabilidad y confort”.

##### 2.2.4.1. Tipos de neumáticos

De acuerdo con Goodyear (s. f.) existen diversos tipos de neumáticos, siendo una clasificación de acuerdo con la estación de uso, mencionándose los siguientes tipos:

- a) Neumáticos de verano:** Estos neumáticos están diseñados para proporcionar un buen rendimiento en condiciones secas y calurosas. Tienen una banda de rodadura más dura que permite un agarre óptimo en carreteras secas y una menor resistencia al rodamiento.
- b) Neumáticos de invierno:** También llamados neumáticos de nieve se diseñan específicamente para condiciones de clima frío, hielo y nieve. Tienen una banda de rodadura más blanda y profunda con patrones de agarre especiales que mejoran la tracción en superficies resbaladizas y reducen el riesgo de deslizamiento sobre el agua.

c) **Neumáticos para todas las estaciones:** Estos neumáticos se desarrollan con el objetivo de ofrecer un rendimiento equilibrado durante todo el año, adaptándose a diversas condiciones climáticas. Tienen una banda de rodadura que combina características de los neumáticos de verano y los de invierno, proporcionando un buen agarre tanto en superficies secas como mojadas.

Otros tipos de neumáticos que se pueden mencionar son:

d) **Neumáticos de alto rendimiento:** Estos neumáticos se diseñan específicamente para vehículos deportivos y de alto rendimiento. Utilizan una construcción y compuestos especiales que brindan un mayor nivel de agarre, maniobrabilidad y respuesta en carreteras secas. Sin embargo, es posible que presenten un rendimiento inferior en condiciones de lluvia o nieve.

e) **Neumáticos de carrera:** Estos neumáticos están especialmente diseñados para competiciones de automovilismo. Se caracterizan por una construcción ligera y una banda de rodadura especializada que ofrece un máximo agarre en condiciones de alta velocidad y en circuitos de carreras.

f) **Neumáticos todo terreno:** También conocidos como neumáticos off-road, se diseñan para vehículos 4x4 y todoterreno. Tienen una banda de rodadura agresiva con tacos grandes y espaciados que brindan una tracción superior en terrenos difíciles, como barro, arena y rocas.

#### 2.2.4.2. Tipos de aplicaciones según recorridos

De acuerdo con Michelin (2008), los tipos de aplicaciones según los recorridos se pueden clasificar en cuatro grupos:

a) **Larga Distancia (a):** La categoría de Transporte de Larga Distancia se aplica a negocios que funcionan principalmente como transportistas generales. Los vehículos recorren anualmente entre 130,000 y 320,000 kilómetros.

b) **Regional (e):** La aplicación Regional incluye negocios como servicios públicos gubernamentales a nivel federal, estatal o municipal, distribución/procesamiento de alimentos, manufactura y procesos, petróleo y escuelas que operan dentro de un radio de 500 kilómetros. Los vehículos recorren anualmente entre 50,000 y 130,000 kilómetros.

- c) **Camino/Fuera de Carretera (y):** Las llantas diseñadas para Camino/Fuera de Carretera tienen como objetivo ofrecer durabilidad y rendimiento en condiciones de operación agresivas, a velocidades limitadas. Estas llantas de alta especialidad son ampliamente utilizadas en la industria de la construcción, minería e industria maderera. Los vehículos recorren anualmente entre 15,000 y 115,000 kilómetros.
- d) **Urbano (u):** Las aplicaciones urbanas implican un kilometraje muy bajo, con un alto porcentaje de frenado y arranques. Los principales usuarios incluyen servicios de reparto local, flotillas de camiones y servicios de saneamiento. Los vehículos recorren anualmente entre 30,000 y 100,000 kilómetros.

### 2.2.4.3. Tendencia mundial del mercado de neumáticos

El mercado global de neumáticos está experimentando un sólido crecimiento, proyectado a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 6,3% durante el período de pronóstico de 2023 a 2028. En el año 2022, el mercado alcanzó un valor de USD 314,07 mil millones y se espera que alcance los USD 453,13 mil millones en 2028 (EMR, 2023).

Este crecimiento se debe, en parte, a la preferencia de los consumidores por neumáticos de mayor tamaño para vehículos todoterreno y camionetas, como una declaración de estilo y para obtener mejores prestaciones, lo que impulsa la demanda en el mercado global.

Asimismo, la creciente preocupación por el medio ambiente ha generado una mayor demanda de neumáticos ecológicos, fabricados con materiales sostenibles que emiten menos contaminantes y mejoran la eficiencia del combustible. Los avances tecnológicos en la fabricación de neumáticos también han jugado un papel importante, con el uso de sílice y negro de humo, neumáticos run-flat y autosellantes, así como neumáticos conectados para la transmisión de datos.

Otro factor que impulsa la demanda de neumáticos de invierno es la aplicación de normativas gubernamentales y las crecientes preocupaciones por la seguridad, especialmente en regiones con inviernos rigurosos.

En términos geográficos, la región Asia-Pacífico lidera el mercado global de neumáticos, con más de la mitad de la cuota de mercado, impulsada por la creciente demanda de vehículos, la urbanización y el desarrollo de infraestructuras de transporte. China e India destacan como mercados significativos en la región, siendo China el mayor productor mundial de neumáticos.

Norteamérica y Europa también son mercados importantes, aunque con una cuota de mercado menor, debido a los avances tecnológicos, la demanda de neumáticos ecológicos y la tendencia a la electrificación de los vehículos.

En resumen, el mercado global de neumáticos experimenta un crecimiento sólido impulsado por diversos factores, como la preferencia por neumáticos de mayor tamaño, la preocupación por el medio ambiente, los avances tecnológicos y las regulaciones gubernamentales. Estas tendencias están llevando a cambios significativos en la industria y abriendo nuevas oportunidades para los fabricantes y proveedores de neumáticos (EMR, 2023)..

#### **2.2.4.4. Tendencia del mercado de neumáticos en Perú**

Se estima que el mercado de neumáticos en Perú experimentará un crecimiento constante durante el período de pronóstico comprendido entre 2023 y 2028, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 5,20%. En 2022, el mercado objetivo en Perú ya había alcanzado un valor de aproximadamente 10,40 millones de unidades. Durante los próximos años, se espera que esta tendencia de crecimiento se mantenga sólida, impulsada por diversos factores como el aumento de la actividad económica, el desarrollo del sector automotriz y el crecimiento de la industria de transporte en el país. El incremento de la demanda de neumáticos en distintos sectores contribuirá al aumento progresivo de la cuota de mercado en el país (EMR, 2023).

Este pronóstico positivo refleja las oportunidades de negocio y el potencial de desarrollo para las empresas relacionadas con la fabricación, distribución y venta de neumáticos en Perú, lo que representa una perspectiva alentadora para el sector en los próximos años. El mercado de neumáticos en Perú está experimentando un notable desarrollo, impulsado principalmente por la expansión del sector automotriz en el país. El creciente poder adquisitivo de los peruanos ha generado una mayor demanda de vehículos, lo que, a su vez, ha contribuido al aumento de la cuota de mercado de los neumáticos. Además, se observa un cambio positivo en el mercado objetivo, ya que las principales empresas están adoptando prácticas más sostenibles al utilizar materias primas de alta calidad para la fabricación de neumáticos, reduciendo así su impacto ambiental. Asimismo, están implementando tecnologías avanzadas para producir neumáticos de alta calidad y rendimiento, lo que augura un futuro prometedor para el sector de neumáticos (EMR, 2023)..

El panorama del mercado también se ve influenciado por la colaboración entre los principales fabricantes de neumáticos y los principales productores de vehículos, lo que promete traer nuevas perspectivas y oportunidades de crecimiento en el período de pronóstico. Además, las sólidas y duraderas relaciones de exportación con países vecinos como Chile, Guatemala, Uruguay y México también pueden tener un impacto positivo en el mercado de neumáticos de Perú, al proporcionar nuevas vías de expansión y oportunidades comerciales. En conjunto, estos factores delimitan un futuro prometedor para el mercado de neumáticos en Perú, con un crecimiento continuo y oportunidades emocionantes para las empresas involucradas en la industria (EMR, 2023).

En el sector de neumáticos en Perú, hay una competencia entre dos fabricantes locales y varios importadores, quienes abastecen el mercado local a través de diversos canales de distribución. Este sector comprende la importación, fabricación, distribución y comercialización de neumáticos para diferentes tipos de vehículos, como automóviles, buses, camiones, camionetas, motocicletas y maquinaria, así como guarda-cámaras y accesorios relacionados (Superintendencia del Mercado de Valores, 2017). Los principales actores en el mercado son los siguientes:

- a) **Proveedores de materia prima:** La fabricación de neumáticos requiere principalmente caucho natural como materia prima. La proporción de caucho natural utilizado varía según el tipo de vehículo, siendo aproximadamente del 10% para ruedas de turismo, entre un 40% y 60% para camiones, y puede llegar al 100% en el caso de tractores y maquinaria.
- b) **Fabricantes:** En el mercado peruano, hay dos fabricantes locales de neumáticos: Compañía Goodyear del Perú y Lima Caucho. Sin embargo, la demanda interna también se satisface a través de importaciones.
- c) **Importadores:** Los principales importadores de neumáticos en Perú son Bridgestone Off The Road Tire Perú, JHC Comercial y Michelin del Perú. Estas empresas importan y comercializan diferentes marcas de neumáticos en el país.
- d) **Distribución Local e Internacional:** La distribución de neumáticos en el mercado local se realiza a través de diversos canales, incluyendo distribuidores de automóviles, estaciones de servicio (grifos) y lubricantes, tiendas de autopartes, minoristas y otros puntos de venta.

Estos actores del mercado trabajan en conjunto para satisfacer la demanda de neumáticos en Perú, brindando opciones a los consumidores y contribuyendo al funcionamiento eficiente del sector automotriz y de transporte en el país.

#### **2.2.4.5. Exportaciones e importaciones de neumáticos en Perú**

Durante el año 2021, Perú se destacó en el comercio internacional de neumáticos de goma, tanto como exportador como importador. Como exportador, Perú logró exportar un total de \$76,9 millones en neumáticos de goma, lo que lo posicionó en el puesto número 49 a nivel mundial entre los países exportadores de este producto. A nivel nacional, los neumáticos de goma ocuparon el lugar número 61 en la lista de productos más exportados. Los principales destinos de las exportaciones peruanas de neumáticos de goma fueron México, con \$41,8 millones en importaciones; seguido por Chile con \$10,3 millones, Colombia con \$8,07 millones, Ecuador con \$4,72 millones y Argentina con \$1,94 millones. Es importante destacar que las exportaciones hacia Chile, Guatemala y Uruguay experimentaron un rápido crecimiento entre 2020 y 2021, aumentando en \$1,08 millones, \$852 mil y \$827 mil, respectivamente (Center for collective learning, 2021).

En cuanto a las importaciones, Perú importó un total de \$539 millones en neumáticos de goma durante el año 2021, posicionándose como el importador número 36 a nivel mundial. A nivel nacional, los neumáticos de goma ocuparon el lugar número 13 en la lista de productos más importados. Las principales fuentes de importación de neumáticos de goma para Perú fueron China, con \$224 millones en importaciones; seguido por Japón con \$107 millones, Estados Unidos con \$99,6 millones, India con \$22,6 millones y Brasil con \$19,7 millones (Center for collective learning, 2021).

Estas cifras demuestran la importancia del mercado de neumáticos de goma en la economía peruana, tanto en términos de exportación como de importación, y reflejan el dinamismo y el interés del país en el comercio internacional de este producto.

#### **2.2.4.6. Competidores de neumáticos en Perú**

A continuación, se mencionan las marcas más importantes de neumáticos, cuyas características permiten identificar a los fabricantes más destacados en el mercado actual:

Michelin, Good Year, Pirelli, Bridgestone, Firestone, Continental, Hankook y Dunlop son reconocidas por ofrecer prestaciones óptimas en carretera (A&M Cars, 2023).

Sin embargo, basándose en rigurosos tests realizados por el Club del Automóvil Alemán (ADAC), es necesario resaltar 5 modelos específicos que sobresalen a nivel mundial por encima de los demás: Michelin Primacy 3, Goodyear EfficientGrip, Continental ContiPremiumContact 5, Dunlop Sport BluResponse y Pirelli Cinturato P7 Blue (A&M Cars, 2023)..

Es relevante destacar que, si bien estas marcas presentan un precio más elevado, la inversión en ellas se amortiza fácilmente. Sus beneficios incluyen un excelente agarre en diversas superficies, eficiencia en el consumo de combustible, conducción silenciosa y un alto nivel de seguridad en carretera.

Por tanto, estas marcas de neumáticos son altamente recomendadas para aquellos conductores que priorizan la seguridad al volante y desean disfrutar de una conducción cómoda y estable en cualquier tipo de terreno, bajo cualquier condición climática y a cualquier velocidad. La Fundación CEA y ADAC respaldan estas afirmaciones mediante sus meticulosos estudios, en los cuales estas marcas han demostrado su liderazgo.

Así mismo, tomando en cuenta las empresas que a nivel nacional se dedican a la reparación/reencauche de neumáticos se pueden mencionar a Renova, El Sol, Andina Caucho, Neuma Perú y Relino.

## **2.2.5. Neuma Perú**

### **2.2.5.1. La organización**

Neuma Perú es una organización con más de 25 años en el mercado. Actualmente se encuentra dedicada a la importación, distribución y comercialización de neumáticos de la marca Michelin. Así mismo, en la actualidad Neuma Perú ha incursionado en el mercado a través de la instalación de talleres de enllante en las unidades mineras, con la finalidad de que se pueda realizar el mantenimiento de los neumáticos in situ, permitiendo a las mineras reducir los costos al tener que transportar sus neumáticos hasta otra sede, incurriendo en un mayor tiempo de atención.

### 2.2.5.2. Servicios OTR

Neuma Perú (2023) brinda en la actualidad dos tipos de servicios OTR, los cuales son:

- a) **Reparación OTR:** La reparación OTR se realiza a neumáticos en talleres de reparación in situ en las principales operaciones mineras, con el objetivo de proporcionar a sus clientes una disponibilidad inmediata de neumáticos, realizando tanto reparaciones preventivas como correctivas, por ello se cuenta con todos los procedimientos de reparación, materiales, herramientas y equipos necesarios para efectuar las mismas dando solución a daños, ya sean pasantes y/o preventivos. Este proceso se genera cuando la lesión es superficial en el neumático; sin embargo, si el proceso compromete más que sólo los materiales superficiales, será necesario aplicar un reencauche.
- b) **Reencauche OTR:** El reencauche es una práctica de reciclaje que tiene un impacto positivo en el medio ambiente, ya que ayuda a reducir la cantidad de basura generada por los neumáticos desechados después de su primer ciclo de vida, puesto que, a través de un proceso profundo de reparación, se logrará salvar el neumático para que pueda ser usado nuevamente. Al reencauchar los neumáticos, se les da la oportunidad de tener una segunda vida útil, lo que significa que se pueden utilizar nuevamente en lugar de desecharlos. Esto conlleva a una disminución significativa en la cantidad de neumáticos que terminan en vertederos o sitios de disposición, evitando así la acumulación de residuos y sus efectos negativos en el entorno. Además, al reciclar los neumáticos mediante el reencauche, se reduce la necesidad de fabricar nuevos neumáticos en su totalidad, lo que a su vez disminuye el consumo de recursos naturales y la energía requerida en el proceso de producción. De esta manera, el reencauche contribuye a una gestión más sostenible de los recursos y ayuda a conservar el medio ambiente.

### 2.2.5.3. Neumáticos 12R22.5 y 425/65R22.5

Neuma Perú vende distintos tipos de neumáticos dependiendo del vehículo que los utilice, siendo estos autos/camionetas, buses y OTR. En cuanto a autos y camionetas, la empresa maneja 25 tipos de neumáticos, en cuanto a buses, la empresa maneja 36 tipos de neumáticos y, finalmente, en cuanto a OTR la empresa ofrece 40 tipos de neumáticos.

La presente investigación se basa en el mantenimiento de neumáticos de los buses que se utilizan en la sede Morocaqui, donde únicamente se utilizan dos tipos de neumáticos los 12R22.5

que tienen una vida útil de 52,500 km y los neumáticos 425/65R22.5 cuya vida útil es de 22,500 km, siendo ambos tipos de neumáticos de la línea Michelin.

En cuanto a los neumáticos de tipo 12R22.5 se puede comentar adicionalmente sobre sus características que el neumático tiene un peso de 73.49 kg, con un diámetro total de 1092.60 mm, este neumático está desarrollado específicamente para el eje delantero y para el transporte tanto dentro como fuera de la carretera contando con una eficiencia de tipo A en cuanto al agarre en suelo mojado, ideal para las zonas en las que trabaja Neuma Perú considerando que se trabaja en zonas de la sierra alta. Respecto a los neumáticos 425/65R22.5 estos tienen un peso de 86.07 kg con un diámetro total de 1146.00 mm, siendo estos neumáticos utilizados para el eje trasero, ideal para trabajar tanto en carretera como trocha, soportando un mayor peso que los neumáticos de tipo 12R22.5, por ello es por lo que se les utiliza en el eje trasero debido a la carga que pueden soportar.

Cada neumático de tipo 12R22.5 tiene un precio de \$810.00, con un rendimiento de 0.015\$/Km y en el caso de los neumáticos 425/65R22.5 estos tienen un precio de \$711.19, con un rendimiento 0.031\$/Km. Los modos de falla que se producen de forma regular son las fallas intermitentes, esto quiere decir que las fallas ocurren por factores externos como sobrecarga de peso de los camiones y tipos de suelos por donde transitan los camiones, así como algunos factores internos como lo es la falta de mantenimiento, ya que, si las fallas no se atienden pronto, es mayor la probabilidad de que el daño se extienda y el neumático quede inservible. Como resultado de estas fallas, los neumáticos deben pasar por un proceso de mantenimiento, disminuyendo la capacidad de la planta al incrementar las unidades en mantenimiento; así mismo, esto incurre en la parada del tránsito de los vehículos y por tanto en la parada de operaciones, generando como resultado pérdidas económicas al disminuir la ejecución de operaciones.

#### 2.2.5.4. Tipos de modos de falla, efectos y consecuencias

Michelin (2008), detalla los tipos de modos de falla, efectos y consecuencias tanto operacionales como no operacionales que pueden existir en los neumáticos que opera Neuma Perú, los cuales se describen a continuación:

- a) **Montaje incorrecto:** Cuando una llanta es montada incorrectamente, significa que ha sido colocada de manera inadecuada sobre el área de la ceja del rin. Esto produce que el costado de la llanta sea un poco más corto, lo cual conduce a un desgaste desigual conocido como

"máxi - mini". Este desgaste se caracteriza porque la profundidad de la banda de rodamiento en un lado de la llanta es mayor que en el otro. Aunque es posible realizar un balanceo para paliar temporalmente el problema mientras la llanta se desgasta, con el tiempo los pesos tendrán que cambiar de manera natural hacia otras áreas del conjunto de llanta y rin para mantener un balanceo adecuado. Si el montaje incorrecto no se detecta a tiempo, la llanta podría desarrollar un desgaste localizado en el hombro. Con el paso del tiempo, el patrón de desgaste se extenderá al resto del hombro, lo que resultará en una incomodidad en la sensación de manejo que será difícil de pasar por alto.

- b) Pérdida de aire:** La pérdida de aire en una llanta se produce "de adentro hacia afuera". Esto se debe a que la presión del aire contenida en la llanta es significativamente mayor (entre 80 y 120 psi) que la presión del aire en el ambiente circundante. Las llantas modernas con tecnología hermética tienen una ventaja considerable sobre las llantas tradicionales con cámara. Cuando una llanta con cámara sufre una perforación, se desinfla prácticamente en cuestión de segundos. En cambio, una llanta hermética puede tardar semanas o incluso meses en desinflarse por completo, gracias a que su capa interior (hermética al aire) es una parte integral y fundamental de la estructura de la llanta. No obstante, las llantas herméticas enfrentan un problema: aunque el desinflado sea lento, el aire sigue intentando escapar. Cuando el aire de alta presión sale a través de la perforación, puede separar los componentes dentro de la llanta, lo que genera dificultades adicionales. Una forma más grave de pérdida de aire en llantas duales tiene como impacto que éstas se separan del cinturón, generando que la pérdida de aire sea más rápida. Como consecuencia, continuar la marcha con una llanta desinflada generará rupturas en forma de zipper. Si esta llanta se vuelve a inflar, experimentará una pérdida repentina y explosiva de gas. Las rupturas en forma de zipper han causado lesiones graves e incluso la muerte.
- c) Contaminación con combustible diésel:** El contacto de la llanta con combustible diésel u otros productos petroquímicos puede provocar la formación de burbujas, abultamientos o una condición esponjosa en ella. El abultamiento suele manifestarse en la banda de rodamiento, mientras que las burbujas aparecen comúnmente en el costado de la llanta. Además, es posible que se perciba un olor característico proveniente de los productos petroquímicos. El hule de la llanta afectada también se volverá más suave en comparación con otras partes de la llanta que no han sido dañadas por los productos del petróleo, y esto

podría medirse como una diferencia de aproximadamente 30 a 40 puntos en la escala de dureza Shore. Si se detectan o experimentan cualquiera de estas condiciones, es recomendable descartar la llanta y no continuar utilizándola.

- d) **Desgaste de la banda de rodamiento:** Las revoluciones por kilómetro de una llanta nueva son diferentes a las de una llanta completamente desgastada. Esta variación puede afectar las revoluciones por kilómetro en un 3%, en comparación con las revoluciones por kilómetro de una llanta en óptimas condiciones.
- e) **Desgaste punta-talón circunferencial:** El desgaste de los bloques o gajos de la llanta es gradual, desde su borde posterior hasta el frontal, en la banda de rodamiento. Este desgaste progresivo puede ser ocasionado por condiciones de alto torque, operaciones de reparto local o en terrenos montañosos, y situaciones donde se utilizan frecuentemente los frenos. Para solucionar este problema, se recomienda realizar rotaciones de las llantas de tracción, moviéndolas desde el frente hacia la parte posterior del vehículo. Si es necesario hacer una rotación cruzada, es importante tener en cuenta que esta práctica acelerará el desgaste y puede disminuir la vida útil de la llanta antes de necesitar un cambio.
- f) **Desgaste en costilla central:** Se observa un desgaste más acelerado en el centro de la banda de rodamiento de las llantas en comparación con los hombros. Este desgaste desigual puede deberse a una operación LTL (inferior a la carga nominal), combinada con un alto torque en el vehículo y una presión incorrecta de las llantas. Para abordar este problema, se sugiere realizar cinco mediciones de profundidad en la banda de rodamiento en la posición de tracción. Esto permitirá identificar con mayor precisión las condiciones de desgaste. Además, es importante corregir la presión del eje de tracción, ya que esto ayudará a reducir el patrón de desgaste irregular y mejorará la vida útil de las llantas, aumentando el kilometraje que pueden recorrer antes de requerir un cambio.
- g) **Desgaste en riel:** La llanta muestra desgaste circunferencial a lo largo de los bordes de las costillas situadas en los hombros de la banda de rodamiento. Característico de una tasa de desgaste lento de llantas radiales, este problema no es ha de causar preocupación en los usuarios.
- h) **Roturas por impacto:** Los daños por impacto son roturas que afectan la carcasa del neumático luego de que este entra en contacto con ciertos obstáculos. Si se pueden apreciar protuberancias externas en el flanco, es probable que existan cables rotos dentro de la

carcasa. Este tipo de daño generalmente ocurre cuando se conduce sobre objetos como bordillos o badenes a una velocidad excesiva o con un ángulo incorrecto. La tensión excesiva en la carcasa provoca la rotura de los cables. La magnitud exacta del daño dependerá de la velocidad y el ángulo de impacto, así como del tamaño del obstáculo. Por lo general, los conductores precavidos pueden evitar este tipo de daño, a menos que se encuentren repentinamente con un obstáculo frente al vehículo y no puedan evitarlo. Es importante prestar atención a este tipo de daño, ya que ignorarlo aumenta el riesgo de que el neumático falle en el futuro, ya sea debido a la deslaminación del perfil o la desintegración del flanco. A veces, se puede confundir el daño por impacto con las indentaciones en el flanco, pero es importante destacar que no son lo mismo. Las hendiduras o indentaciones en el flanco no son motivo de alarma y no implican un daño significativo en el neumático.

#### **2.2.6. Campamento Minero**

Según Rodríguez (2020), campamento minero es un “sitio que se acondiciona eventualmente cerca de una mina para que vivan los trabajadores mientras se labora en ella. Allí se encuentra la mina propiamente dicha, con sus diferentes servicios: Planta, contabilidad, almacén, servicio social, hospital y colegio.”

## CAPÍTULO III

### 3. Descripción de la Situación Actual

#### 3.1. Descripción de la Empresa

Neuma Perú es una empresa dedicada a la importación, distribución y comercialización de neumáticos utilizados en distintos sectores como minería, construcción y transporte, siendo la única línea de neumáticos comercializada la de la marca Michelin. En la actualidad, Neuma Perú ya cuenta con 25 años en este rubro, logrando posicionarse como una de las empresas líderes en ventas de neumáticos, seguimiento, control, reparación, rencauche y otros servicios. Hoy en día, Neuma Perú cuenta con dos sedes principales, una en la ciudad de Lima y otra en la ciudad de Arequipa.

##### 3.1.1. Misión

Contribuir al progreso de nuestros clientes, brindándoles la más alta calidad y excelencia en la venta de neumáticos y el uso de tecnología de vanguardia en la prestación de nuestros servicios.

##### 3.1.2. Visión

Consolidarnos como la mejor empresa de venta y reparación de neumáticos, así como un aliado estratégico para el desarrollo del máximo costo/beneficio de nuestros clientes.

##### 3.1.3. Valores

- **Seguridad:** Ninguna actividad tendrá prioridad sobre la salud y seguridad de las personas, reconociendo así la importancia de la protección de la integridad y salud de nuestros colaboradores cumpliendo con las normativas respectivas.
- **Respeto:** Todas las personas son tratadas con respeto, dignidad e integridad, respetando la contribución individual de cada colaborador.
- **Trabajo en Equipo:** Trabajar en forma complementaria, coordinada, con buena comunicación, asumiendo compromisos en nuestras labores y desarrollándolas con el apoyo del equipo de trabajo.

- **Disciplina:** Instruimos a nuestro equipo de trabajo, la aplicación y cumplimiento de políticas, reglamentos, normas, estándares y procedimientos de manera constante y ordenada.
- **Honradez:** Inculcamos a nuestro personal a respetar las buenas relaciones con nuestros clientes, prevaleciendo en su trabajo la rectitud, justicia y honestidad, teniendo presente una cultura de prevención de pérdidas.
- **Responsabilidad:** Las actividades solicitadas por nuestros clientes son un compromiso que asumimos y cumplimos siempre con las consideraciones de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente.

#### 3.1.4. Servicios

Neuma Perú oferta diversos servicios tanto para personas naturales como jurídicas, especializándose los últimos años en brindar servicios a empresas mineras. Entre los principales servicios se pueden destacar:

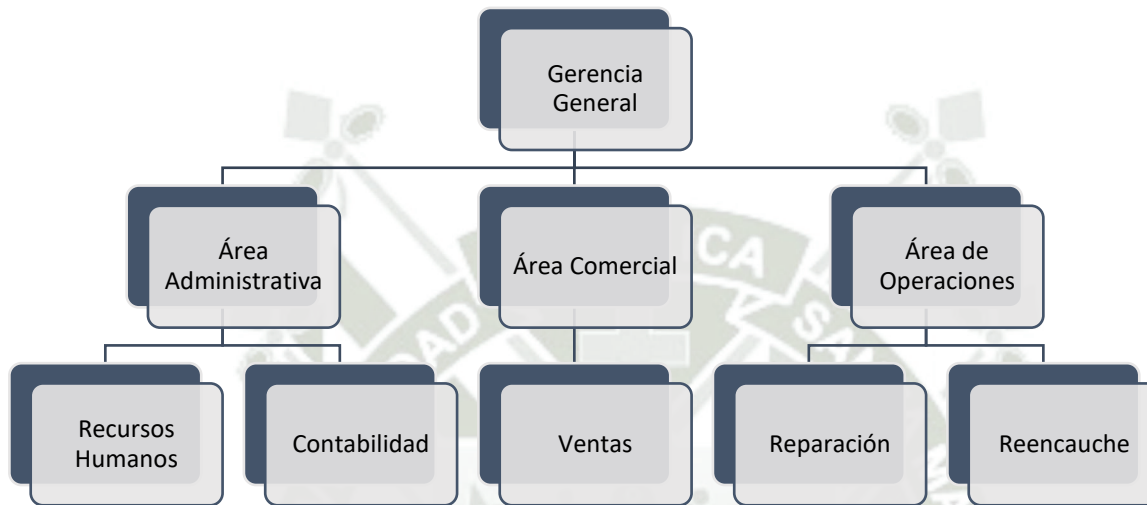
- Seguimiento de post venta de neumáticos.
- Reencauche.
- Seguimiento técnico.
- Reparación.
- Gestión de talleres de enllante.
- Vehículo de asistencia técnica.
- Aplicativos técnicos.
- Comercialización de neumáticos.

#### 3.1.5. Organigrama

La empresa Neuma Perú compone su estructura organizacional en base a tres áreas. Primero, se encuentra el área administrativa que se encarga de los procesos de reclutamiento, selección y contratación a través del área de recursos humanos, así como del área de contabilidad, encargada de realizar los pagos y recepcionar los ingresos. Por otro lado, se encuentra el área comercial, la cual, a través de su área de ventas, realiza las ventas de los servicios que ofrecen, así como de neumáticos. Finalmente, el área de operaciones se divide en reparación en rencauche, que

son los dos servicios que la empresa ofrece, cabe resaltar que el presente proyecto se encuentra inmerso en el área de reparación. A continuación, se presenta el organigrama actual:

*Figura 3 Organigrama Actual*



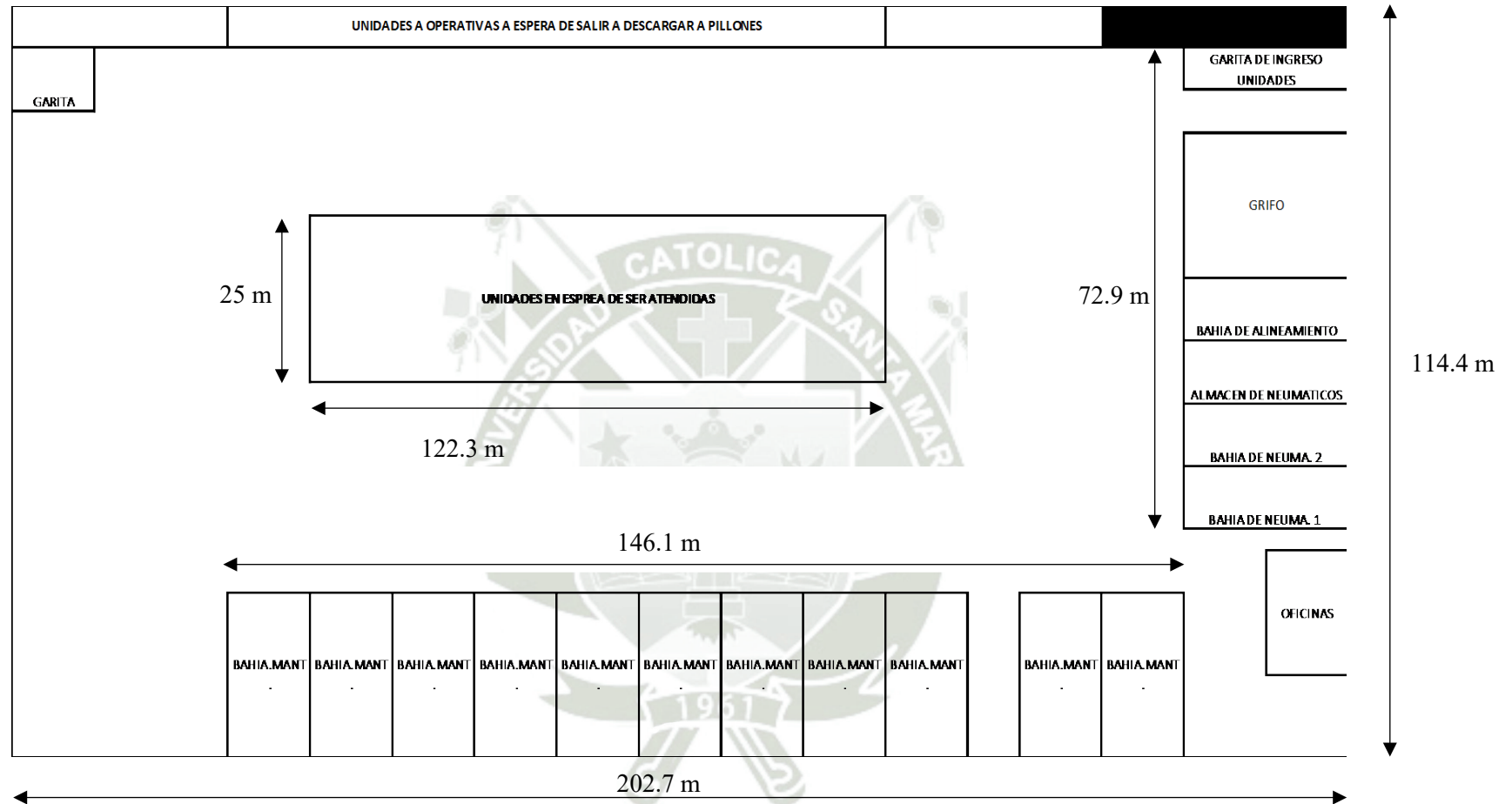
*Nota:* Elaboración Propia

La figura 3 muestra el organigrama actual de la organización, siendo esta como estructurada en base a tres áreas importantes: Administración, comercial y operaciones.

### 3.2. Distribución actual de planta

En cuanto a la distribución actual de planta, la sede in situ de Morocaqui tiene una extensión de 80,625m<sup>2</sup>, para lo cual se cuenta con una garita de ingreso y una de salida, ubicándose en la parte central un espacio de parqueo para los camiones, de forma que puedan esperar para ser atendidos. Se presenta la distribución actual en la figura 4.

**Figura 4** Distribución de planta actual



<b>Distribución de plano actual</b>	
Elaborado por: Luis Ademir Valdivia Vargas	Escala: 1/1000
Fecha: 18/01/23	Universidad Católica de Santa María

**Nota:** Elaboración Propia

Figura 5 Diagrama de tránsito

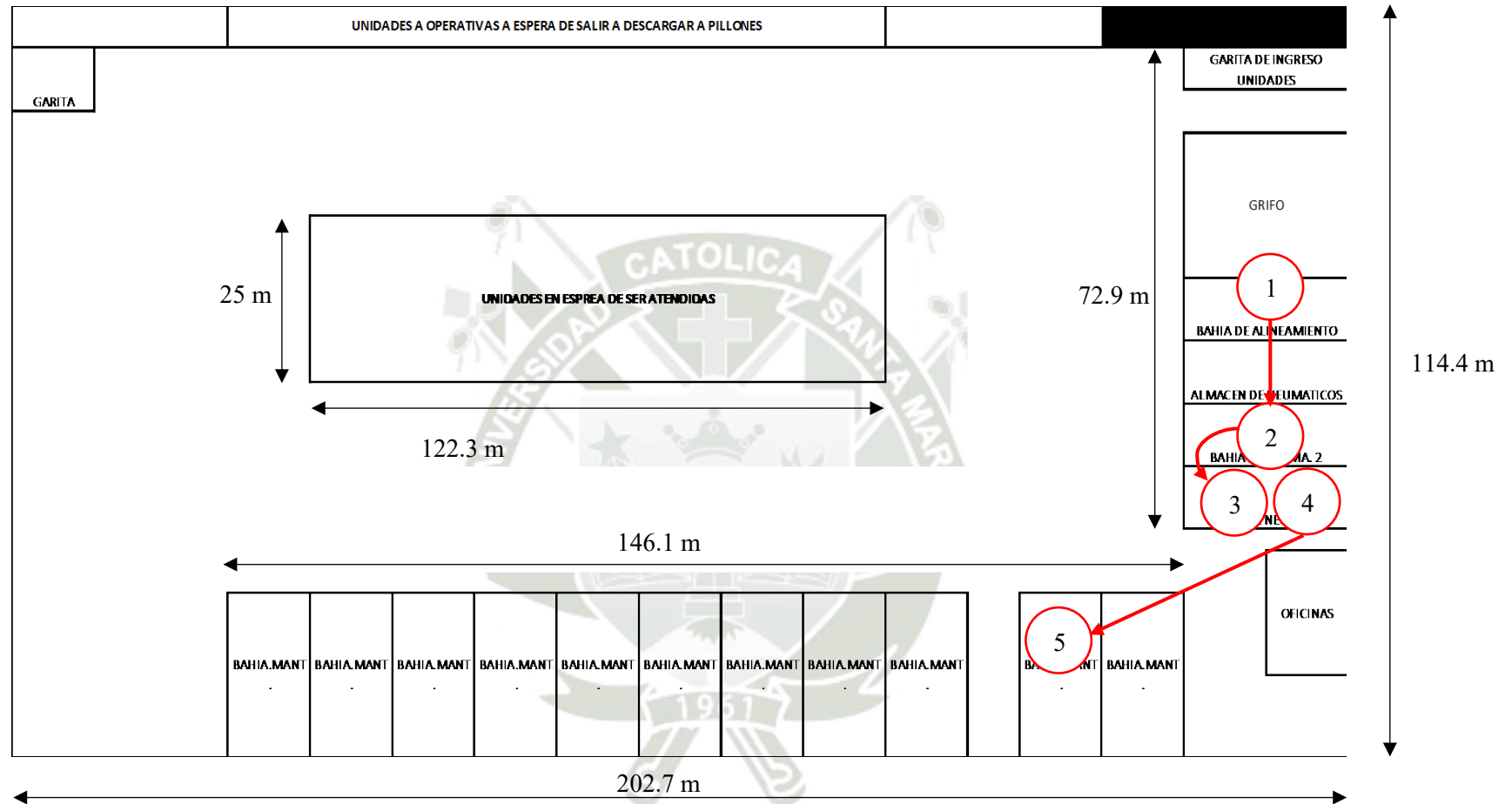


Diagrama de tránsito	
Elaborado por: Luis Ademir Valdivia Vargas	Escala: 1/1000
Fecha: 18/01/23	Universidad Católica de Santa María

Nota: Elaboración Propia

### 3.2. Descripción del Proceso

Como se ha detallado en el punto 3.1.4. Servicios, se puede observar que Neuma Perú brinda distintos tipos de servicios; sin embargo, la presente investigación se basará en el servicio de reparación, dado que producto de las deficientes reparaciones que se han desarrollado durante los últimos años, es que los neumáticos han tenido un decremento en el rendimiento promedio esperado. A continuación, se detallará el proceso de mantenimiento como se desarrolla en la Sede de Morocaqui, objeto de la presente investigación.

El proceso de mantenimiento se divide en según dos tipos de mantenimiento que se aplican en la Sede de Morocaqui, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. El mantenimiento preventivo se realiza de 7:00 a.m. a 12:00 p.m. y el mantenimiento correctivo se realiza de 1:00 p.m. a 7:00 p.m., con una hora de refrigerio de 12:00 p.m. a 1:00 p.m. El proceso de mantenimiento se realiza en equipos de dos operarios cada equipo, teniendo en total 8 operarios disponibles para el mantenimiento.

El proceso inicia con el ingreso del vehículo a una de las doce bahías disponibles para su estacionamiento; posterior a ello, se procede a aplicar el freno de parqueo y bloquear la unidad, desconectando cualquier fuente de energía y colocando los respectivos candados de seguridad en los puntos de bloqueo o cajas grupales. Así mismo, el operario responsable del vehículo debe colocar su tarjeta personal, la cual contiene sus datos de identificación, esto con la finalidad de dar a conocer quién es el operario responsable del vehículo. Una vez estacionado y bloqueado el vehículo, se procede a colocar conos y cuñas en cada una de las llantas del vehículo para asegurar el perímetro de trabajo.

Posterior al estacionamiento, bloqueo y delimitación del perímetro de trabajo, se proceden a realizar trabajos de alineación, cambio, rotación, inversión y reparación, según lo requiera la unidad. Todo neumático que pasa por un trabajo de mantenimiento preventivo pasa directamente a alineamiento, esto no sucede para neumáticos con mantenimiento correctivo, una vez que el neumático es alineado, puede pasar al subproceso de cambio.

En el mes de octubre de 2021, de los 840 neumáticos atendidos, 260 han requerido cambio, es decir un 30.95%. Para el cambio de neumáticos, se debe levantar el vehículo con una gata hidráulica. Así mismo, con la finalidad de que el proceso se lleve a cabo de forma segura, el

operario debe asegurar que el trabajo se realice sobre una superficie plana y dura, y que ningún otro operario se encuentre dentro del vehículo. Como siguiente paso se deben desajustar las tuercas usando dado y palanca, hasta remover totalmente la tuerca, después de ello se procederá a retirar el neumático.

Con el neumático retirado, se seleccionará el neumático con el cual se realizará el cambio; además, se deben limpiar restos de óxido, polvo y elementos extraños de los asientos del aro y espárragos. Se verificará el estado de espárragos y si es necesario, cambiarlos. En caso de encontrar dos o más espárragos rotos, estos deben cambiarse. Luego se trasladará el neumático correctamente inflado y armado. Se posicionará el neumático en su asiento con ayuda de un compañero y se colocarán un par de tuercas con la mano. Presentar las demás tuercas con la mano y aproximarlas con el dado reforzado y la pistola de impacto. Dar el ajuste y torque adecuado siguiendo orden cruzado. Retirar soporte y bajar cuidadosamente la gata hidráulica.

En cuanto al proceso de rotación, en octubre de 2021 de los 840 neumáticos atendidos, 184 han requerido rotación, siendo este un 21.85% del total. Para el proceso de rotación, primero se deberán inspeccionar los neumáticos que requieren rotación, una vez seleccionados, se; es importante resaltar, que este paso debe aplicar a los dos neumáticos que serán intercambiados, considerando que los neumáticos se rotan de forma cruzada. Posterior a ello se rotarán los neumáticos seleccionados, se posicionará el neumático en su asiento con ayuda de un compañero y se colocarán un par de tuercas con la mano. Presentar las demás tuercas con la mano y aproximarlas con el dado reforzado y la pistola de impacto. Dar el ajuste y torque adecuado siguiendo orden cruzado. Retirar soporte y bajar cuidadosamente la gata hidráulica.

En cuanto al proceso de inversión, este se realiza cuando el remanente se encuentra desgastado, en octubre de 2021 de los 840 neumáticos atendidos, 198 neumáticos han requerido inversión, siendo un total de 23.57% del total. La inversión inicia levantando el vehículo con una gata hidráulica y desajustaran las tuercas usando dado y palanca, hasta remover totalmente la tuerca, después de ello se procederá a retirar el neumático. Se procederá a desinflar el neumático, se realizará el cambio de aro, se procede a inflar el mismo y finalmente se procede a montar el neumático, ajustándolo como en los pasos anteriores.

Finalmente, en cuanto al proceso de reparación y mantenimiento, de los 840 neumáticos atendidos en octubre de 2021, 374 neumáticos han requerido mantenimiento, siendo un total de 44.41% del total. El proceso de reparación y mantenimiento inicia con una inspección de los neumáticos para verificar si es reparable, en caso de que no lo sea estos se disponen para scrap. Se localiza el daño del neumático y se procede a retirar el objeto que provocó el daño.

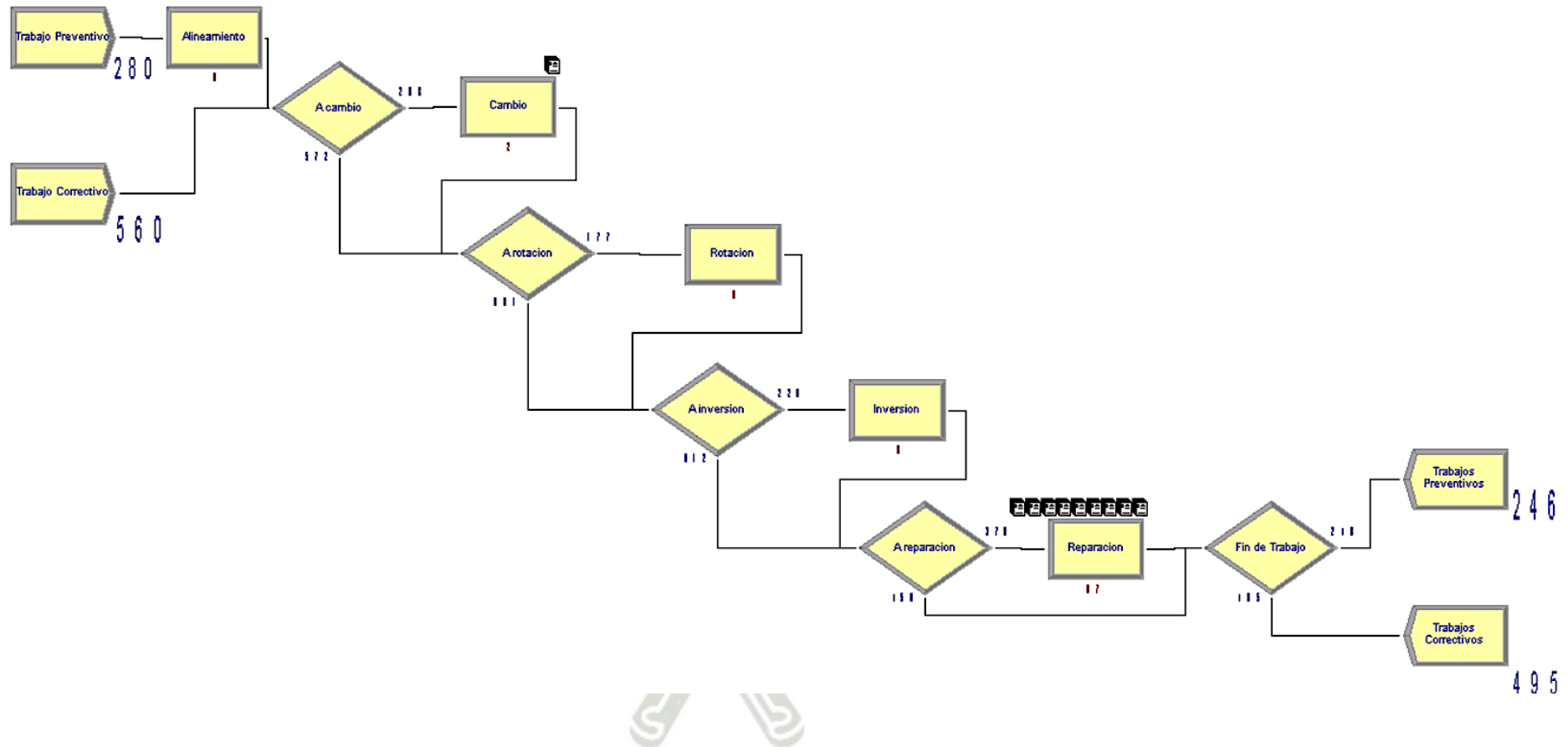
Utilizando el escariador se verifica si existe separación entre lonas y la extensión de la rotura, se mide la distancia entre el Talón del neumático y el comienzo de la rotura, verificando que se pueda reparar el neumático. Seguido de ello se procede a limpiar el forro del neumático, retirando cualquier sustancia contaminante; así mismo, se procede a remover el caucho, separando los cables dañados, finalmente se aplica el parche requerido. Cada unidad con sus neumáticos totalmente reparados procede a ser retirada del taller.

### 3.3. Simulación del Proceso Actual

Posterior a la descripción del proceso actual, se presentará a continuación una simulación del proceso actual, la cual ha sido simulada mediante el Software Arena Rockwell 14. Para la simulación del proceso, se han considerado los tiempos de las últimas 30 órdenes de trabajo, tal como se detalla en el Anexo 1. Así mismo, se han considerado los operarios actuales según cada estación de trabajo y la llegada diaria de neumáticos para su mantenimiento.

Se presenta a continuación en la Figura 6, la simulación del proceso actual:

**Figura 6** Simulación en Arena Rockwell del Proceso Actual



**Nota:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la Figura 6, mensualmente en promedio se genera el requerimiento de realizar 280 trabajos preventivos en los neumáticos y 560 trabajos correctivos en los neumáticos; sin embargo, debido a la capacidad de la planta de reparación y mantenimiento, en promedio sólo se puede atender 246 de los 280 trabajos preventivos y 495 de los 560 trabajos correctivos, quedando sin atender 34 trabajos preventivos y 65 trabajos correctivos. Se evidencia también, que existe una gran cantidad de trabajos correctivos por encima de los preventivos, esto es debido a que, al no contar con los equipos necesarios o personal disponible, los mantenimientos no pueden culminarse, por lo que existen vehículos que salen con neumáticos sin ser revisados o reparados, lo que termina incurriendo en un mayor desgaste al trabajar el neumático con defectos previos, generando así que los neumáticos fallen y se tengan que realizar trabajos correctivos.

Así mismo, se presenta en la Tabla 4, el porcentaje de ocupación de los operarios:

**Tabla 4** Porcentaje de Ocupación de Operarios Sistema Actual

Porcentaje de Ocupación de Operarios	
Operario 1	64.21%
Operario 2	64.21%
Operario 3	33.65%
Operario 4	33.65%
Operario 5	44.16%
Operario 6	44.16%
Operario 7	100.00%
Operario 8	100.00%

**Nota:** Elaboración Propia en base a los resultados obtenidos de la simulación realizada en el software Arena Rockewell 14.0.

Como se puede observar en la tabla 4, los operarios 7 y 8 que son los que atienden el proceso de reparación y mantenimiento, son los únicos que tienen una ocupación del 100% de horas disponibles; sin embargo, los otros operarios tienen una ocupación que va desde 33.65% a

64.21%, eso se asemeja al proceso actual de la planta, dado que al tener algunos procesos más complejos que otros, se requiere más tiempo de atención en dichos procesos. Es por ello que, se observa como oportunidad de mejora y analizando que el proceso de reparación es un cuello de botella, tal como se muestra en la Figura 7, se pueda habilitar una estación de trabajo más para el proceso de reparación, de manera que se eliminen los cuellos de botella y se pueda ir rotando al personal para que todos puedan tener un tiempo de ocupación equitativo.

**Figura 7** Colas del Proceso Productivo Actual

Queue	
Time	
Waiting Time	Average
Alineamiento.Queue	203.27
Cambio.Queue	161.01
Inversion.Queue	51.4621
Reparacion.Queue	2633.60
Rotacion.Queue	27.3812
Other	
Number Waiting	Average
Alineamiento.Queue	2.8745
Cambio.Queue	2.1718
Inversion.Queue	0.5874
Reparacion.Queue	50.1339
Rotacion.Queue	0.2448

**Nota:** Obtenido de la simulación realizada en el software Arena Rockwell 14.0.

Como se puede apreciar en la figura 7, el proceso de reparación es el que cuenta con más unidades en cola, teniendo en promedio 50 unidades en cola que requieren ser reparadas, lo que genera que no todas las unidades puedan pasar por el mantenimiento respectivo. En el caso de los otros subprocesos, se observan algunas colas que no exceden de las 3 unidades, lo cual aún es manejable; sin embargo, se evidencia la urgencia de intervenir en el subproceso de reparación.

### 3.4. Análisis Pareto

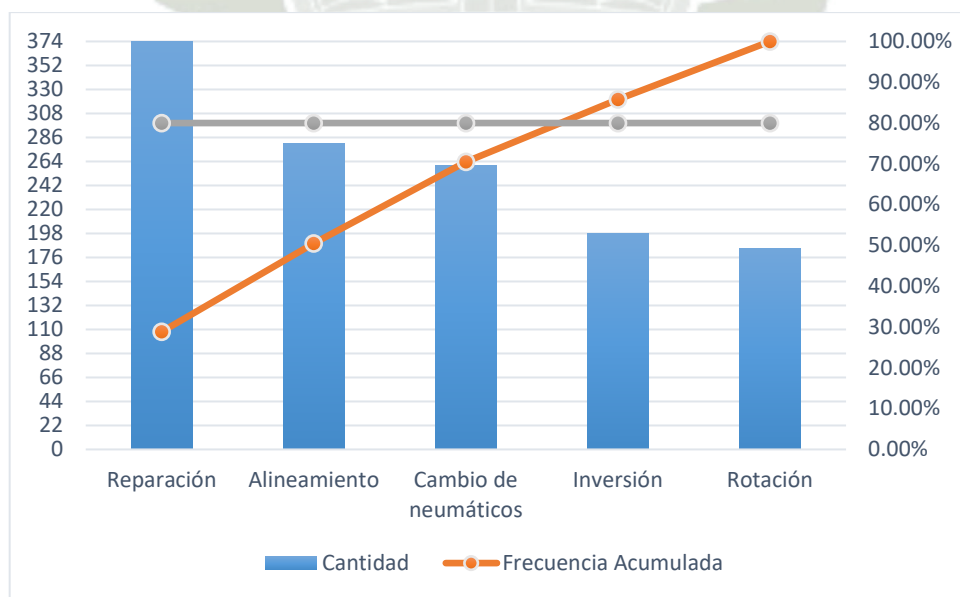
Para el análisis de Pareto, se tomarán en consideración los porcentajes de los trabajos que se han requerido por cada tipo durante el mes de octubre de 2021, lo cual dará una mejor perspectiva de cuáles son los tipos de trabajo que se han aplicado con mayor frecuencia.

**Tabla 5** Tabla Análisis de Pareto

Octubre de 2021			
Actividad	Cantidad	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
Reparación	374	28.86%	28.86%
Alineamiento	280	21.60%	50.46%
Cambio de neumáticos	260	20.06%	70.52%
Inversión	198	15.28%	85.80%
Rotación	184	14.20%	100.00%
<b>Total</b>	<b>1296</b>	<b>100.00%</b>	

*Nota:* Elaboración Propia

**Figura 8** Diagrama de Pareto



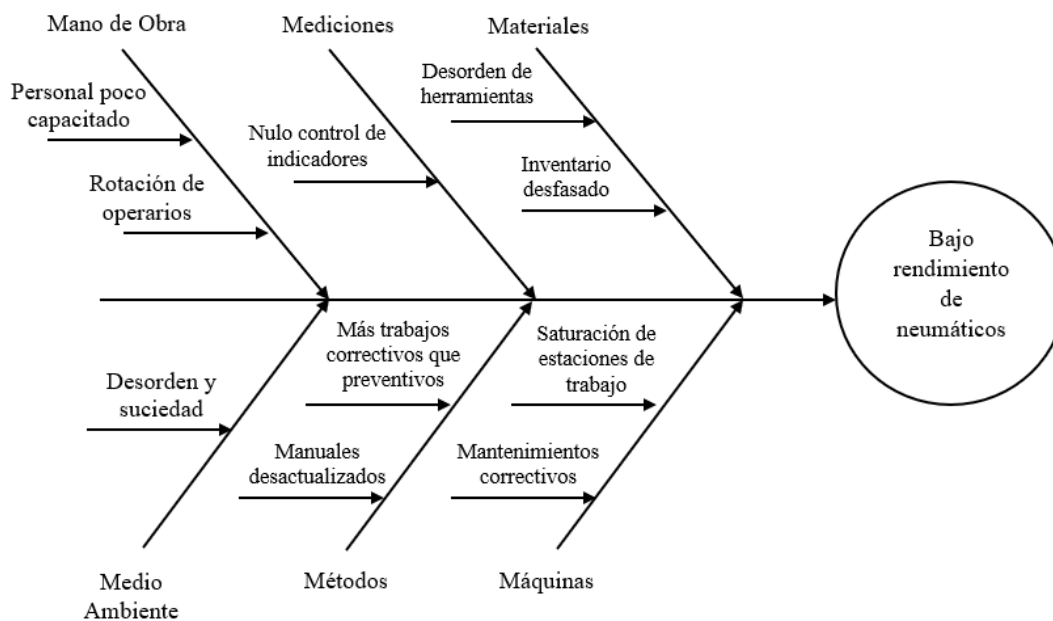
*Nota:* Elaboración Propia

Como se puede observar posterior al análisis de Pareto demostrado en la tabla 5 y figura 8, el 85.80% del total de trabajos, se realizan por motivos de reparación, alineamiento, cambio de neumáticos e inversión, lo que evidencia que estos son los trabajos que se realizan con mayor frecuencia; sin embargo, el proceso de rotación también tiene un porcentaje considerable, aunque al mismo nivel que los otros trabajos mencionados. Un punto importante, es que se proceden diversas reparaciones durante el mes, esto se debe a que conforme el desgaste de los neumáticos existe una mayor probabilidad de que estos sean dañados por objetos externos, por lo que es necesario aplicar con mayor frecuencia mantenimientos de tipo preventivo.

### 3.5. Análisis Ishikawa

Dado que se han identificado los trabajos que se producen con mayor frecuencia en el taller de mantenimiento, se procederá a realizar un análisis de Ishikawa para determinar las causas que producen un bajo rendimiento de los neumáticos, lo que conlleva a su posterior desecho de forma prematura al no poder ser reparados. La identificación de las causas del problema principal, permitirán tener claridad de los puntos que deben ser resueltos a través de la propuesta de mejora.

**Figura 9** Análisis Ishikawa



*Nota:* Elaboración Propia

Como se aprecia en el análisis de Ishikawa de la figura 9, a nivel de mano de obra el personal se encuentra poco capacitado y se evidencia la necesidad de contratación de más operarios que puedan apoyar en las diversas estaciones de trabajo. Así mismo, el nulo control de indicadores de gestión no permite analizar el impacto de tener más trabajos correctivos que preventivos. En cuanto a los materiales, se aprecia desorden en la disposición de los materiales, así como un inventario desfasado, lo que causa que acceder a las herramientas y materiales tome un tiempo mayor. Sobre el medio ambiente se evidencia que el mayor problema es el desorden y la suciedad. En cuanto a los métodos, los trabajos correctivos tienen una mayor prioridad que los preventivos y los manuales de procesos se encuentran desactualizados. Finalmente, se observa sobre la maquinaria que las estaciones de trabajo se encuentran saturadas y los mantenimientos sobre las mismas es correctivo mas no preventivo.

Las causas mencionadas, generan que los tiempos de trabajo sean más largos de lo debido, generando que no se puedan completar todas las órdenes de trabajo del día, dando una mayor prioridad a los trabajos correctivos que preventivos, por lo que se incrementa la posibilidad de que los neumáticos sufran algún tipo de daño, pasando a mantenimientos correctivos si existiese la posibilidad de reparación; sin embargo, al no dar mantenimientos preventivos por falta de tiempo, se incrementa el riesgo de un mayor daño en el neumático.

### **3.6. Principales deficiencias encontradas a nivel de Mantenimiento**

Posterior al análisis del diagnóstico actual, se puede observar como primera deficiencia, una cantidad considerable de mantenimientos correctivos, los cuales casi duplican a los mantenimientos preventivos que la Empresa Neuma Perú realiza. Se adjudica esta cantidad de mantenimientos correctivos a que no todos los neumáticos pueden pasar por un proceso de mantenimiento preventivo previo, dado que la capacidad de planta se ve reducida por los trabajos de reparación, al tener largos tiempos de trabajo sobre los otros trabajos que se realizan como son el cambio de neumáticos, rotación de neumáticos e inversión de neumáticos.

Mediante el análisis del proceso a través de la simulación del proceso de reparación mediante el software Arena Rockwell 14.0, se observó que existe saturación en el proceso de reparación, generando cuellos de botella en este subproceso, lo que evidencia la necesidad de implementar una estación de trabajo adicional para el proceso de reparación, ya que, en

comparación de los otros subprocesos, la tasa de utilización de recursos es menor del 65%. Cabe resaltar, que los neumáticos que no pasan por el proceso de reparación, corren el riesgo de reventarse en el momento que el vehículo está en movimiento al realizar trabajos en mina, lo que generará un tiempo muerto para realizar un cambio de neumático por un repuesto, o en el peor de los casos la generación de un accidente al reventarse el neumático en ruta, generando a la Empresa la posibilidad de perder la licitación y la generación de altos costos para cubrir los resultados del accidente.

Así mismo, se observa que el tiempo del proceso de reparación podría disminuir, de capacitar mejor al personal, para ello se sugiere que los operarios puedan ir rotando en sus puestos de trabajo. De igual forma, como se indicó en el análisis de Ishikawa, existe un nulo control de indicadores, por lo que no se conoce con claridad las deficiencias que presenta cada subproceso.

En cuanto a la planta como tal, se evidencia desorden en la disposición de las herramientas, lo que genera tiempo muerto al tener que buscar las herramientas necesarias para desarrollar el trabajo; a su vez, el inventario de materiales y herramientas se encuentra desfasado, esto sumado al desorden, falta de codificación y control, genera pérdidas de materiales y herramientas, incrementando los costos de operación de la empresa al tener que comprar nuevos implementos, más aun generando tiempos de espera dado que todos estos implementos, tienen que ser comprados en la ciudad de Arequipa y transportados al campamento de Morocaqui. Finalmente, si bien es cierto la empresa cumple con la entrega de EPP's, estos no son correctamente utilizados por todo el personal, por lo que se deben implementar medidas inmediatas.

Con la finalidad de evidenciar las condiciones actuales del taller, se adjuntan algunas fotografías del mismo:

*Figura 10 Fotografía del Taller*



*Nota:* Obtenido del Campamento Morocaqui – Neuma Perú

Como se observa en figura 10, no todos los neumáticos se apilan uno sobre otro, lo que genera que el espacio del almacén se reduzca, generando desorden y pérdida de tiempo al buscar dónde apilar nuevos neumáticos. Así mismo, se aprecia que el piso se encuentra desnivelado, lo que por el peso de los camiones genera que en cierto grado los neumáticos también se vean dañados. Por otro lado, la señalética presentada no es del todo visible y se encuentra desgastada.

*Figura 11 Almacén de Neumáticos*



*Nota:* Obtenido del Campamento Morocaqui – Neuma Perú

En la figura 10 respecto al almacén de neumáticos, se aprecia al igual que en la figura anterior que se almacenan los neumáticos en disposiciones no idóneas, dado que los neumáticos se podrían rodar provocando un accidente; así mismo, la entrada al almacén se encuentra bloqueada por algunos neumáticos, por lo que se dificulta el libre tránsito.

*Figura 12 Fotografía del campamento*



*Nota:* Obtenido del Campamento Morocaqui – Neuma Perú

De igual forma en la figura 12 se muestra un portaherramientas, el cual cuenta con las herramientas desgastadas, sucias, desordenadas y sin etiquetas, lo que también afecta el correcto desempeño de labores. En cuanto a los container donde se ubica el personal, la señalética tampoco es visible y los EPP's no son almacenados correctamente.

*Figura 13 Fotografía de zona de trabajo*



**Nota:** Obtenido del Campamento Morocaqui – Neuma Perú

Se puede observar en el taller que las señaléticas no se han dispuesto correctamente dado que no cumplen con la altura reglamentaria para su disposición, dado que deberían ir desde 1.80 m a 2.10 m desde el piso, pero se observa que estas se disponen de forma baja. También se observa que las señaléticas se encuentran desgastadas y que diversos materiales no cuentan con una disposición final adecuada.

En resumen y siguiendo la metodología Lean Maintenance, los desperdicios identificados para el proceso de reparación de neumáticos son: Esperas, transporte, inventario, movimiento y defectos. Se observa por ejemplo los tiempos de espera debido a las colas que se generan en cada etapa del proceso, en cuanto al transporte, debido a las distancias y las diferentes estaciones de trabajo, es necesario el recorrido entra áreas; sin embargo, se observa que estas pueden optimizarse, en cuanto al inventario, el hecho de tener que guardar los neumáticos que no se repararon, genera un inventario que no puede movilizarse; en cuanto a los movimientos, se generan actividades adicionales al tener un mayor trabajo y los defectos, debido a la inoportuna atención.

Finalmente, se observa que los rendimientos actuales de los neumáticos 12R22.5 y 425/65R22.5 se encuentran por debajo del promedio esperado como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6** Rendimiento actual de los neumáticos

12R22.5	Real km	Esperado km	425/65R22.5	Real km	Esperado km
2018	35062	52500	2018	13771	22500
2019	37298	52500	2019	16072	22500
2020	42848	52500	2020	16821	22500

**Nota:** Elaboración propia.

En cuanto a la principal causa identificada del rendimiento de estos neumáticos, se observa la falta de mantenimiento realizado debido a la capacidad de planta instalada que se ve ralentizada por falta de capacidad de atención en el proceso de reparación, dado que es el proceso más complejo y que lleva más tiempo realizar.

## CAPÍTULO IV

### 4. Diseño del Programa de Gestión de Mantenimiento basado en Lean Maintenance

#### 4.1. Diseño del Programa de Gestión de Mantenimiento

##### 4.1.1. Etapa 01: Entrenamiento

Como parte de la primera etapa de la propuesta de mejora, es necesario que los colaboradores sean entrenados sobre la metodología Lean Maintenance, esto debido a que la metodología no es conocida y, por lo tanto, su implementación se verá interrumpida al intentar capacitar al personal mientras se realiza la aplicación de mejoras, es por ello que se debe crear un plan de entrenamiento dirigido a los colaboradores, con los tópicos base para el entendimiento de la metodología aplicada.

Cabe resaltar que, para formular el plan de entrenamiento, la Gerencia General y la Gerencia de Operaciones deberán aprobar todas las medidas propuestas sobre el plan de mejoras de Lean Maintenance propuesto, en caso no se aprobarán todas las medidas, la Gerencia General y Gerencia de Operaciones deberán indicar si se aplicarán otras medidas en su lugar o si simplemente se aplicarán las mejoras restantes.

Adicionalmente, para la aplicación global de Lean Maintenance, es importante contar con un líder del proyecto, quien tenga los conocimientos necesarios para aplicar las mejoras, evaluando cada una de las etapas desarrolladas así como sus resultados, tomando las decisiones que se requieren para el cumplimiento de las metas de la aplicación de la mejora dentro de la empresa, es por ello que dado que la mejora se encuentra dirigida al Área de Operaciones, se sugiere adicionar un líder del proyecto como un ente de apoyo, para lo cual se recomienda que dicha persona cuente con el siguiente perfil requerido mostrado en el cuadro 1:

#### *Cuadro 1 Perfil del Líder del Proyecto*

---

**Puesto:** Líder del Proyecto

---

**Supervisado por:** Gerente de Operaciones

---

**Objetivo del puesto:** Planificar, desarrollar, evaluar y mejorar la implementación de Lean Maintenance en la Empresa Neuma Perú.

---

---

**Funciones y responsabilidades:**

- Planificar las actividades que se desarrollarán como parte de las mejoras de Lean Maintenance, asignando los recursos económicos, materiales y humanos para la ejecución de cada una de las actividades.
- Aplicar cada una de las mejoras de Lean Maintenance planificadas, velando por la asignación de recursos adecuada, así como el cumplimiento de los planes desarrollados.
- Evaluar los resultados posteriores a la implementación de Lean Maintenance, identificando puntos de mejora y emitiendo reportes a la Gerencia de Operaciones y a la Gerencia General.
- Aplicar el ciclo de mejora continua para corregir los puntos de mejora identificados, en base a las actividades que no se ejecutaron adecuadamente.

---

**Instrucción necesaria:** Ing. Industrial o Ing. Mecánico con 3 años de experiencia como líder de proyectos. Conocimientos en mejora continua y Lean Maintenance. Con experiencia mínima de 1 año en procesos relaciones a rencauche y reparación de neumáticos.

---

**Competencias y habilidades:**

- Liderazgo
- Trabajo bajo presión
- Facilidad de palabra y aprendizaje
- Trabajo en equipo

---

**Nota:** Elaboración propia.

Contando con el líder del proyecto de acuerdo con el perfil sugerido, se propone el siguiente plan de entrenamiento dirigido al personal de operaciones en la tabla 6:

**Tabla 7** Plan de Entrenamiento

---

Temario	Duración
Definición conceptual de Lean Maintenance	30 minutos
Siete desperdicios de Lean Maintenance	60 minutos
Importancia de Lean Maintenance para la empresa	30 minutos
Trabajo en equipo y mejora continua	30 minutos

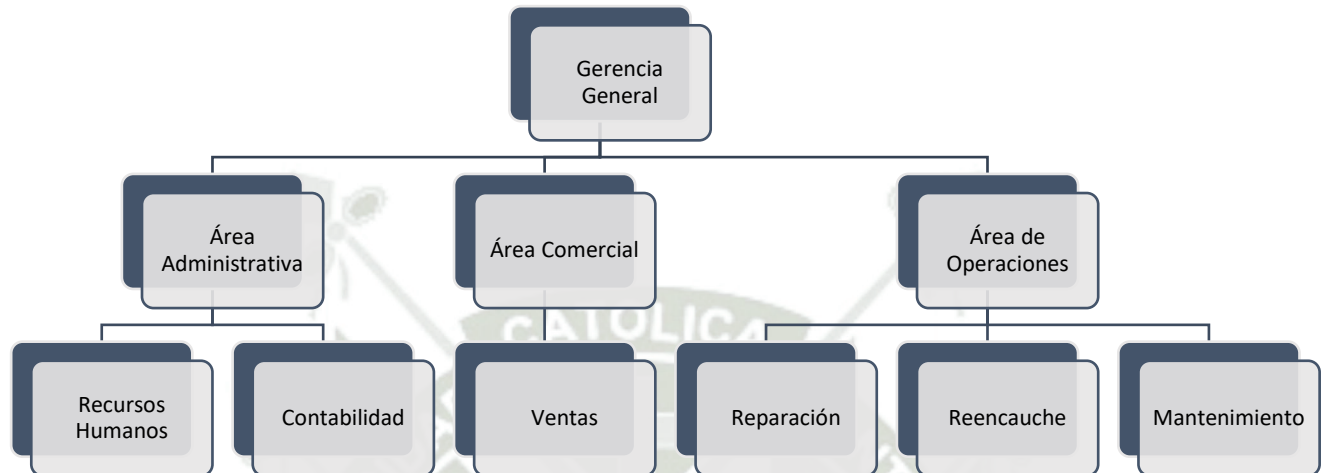
<b>Temario</b>	<b>Duración</b>
Teoría sobre gestión de mantenimiento	60 minutos
Teoría sobre herramientas Lean Maintenance	60 minutos
Dinámica grupal sobre conceptos revisados	60 minutos
<b>Total de tiempo requerido</b>	<b>330 minutos = 5.5 horas</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 6 del Plan de Entrenamiento, como parte del entrenamiento es necesario realizar una revisión conceptual sobre aquellas definiciones más importantes involucradas dentro de Lean Maintenance; sin embargo, también es importante hacer hincapié sobre la importancia que tiene esta metodología dentro de la empresa, dado que permitirá incrementar la productividad del área de operaciones. Del tiempo requerido para el entrenamiento, se ha obtenido un total de 330 minutos, equivalentes a 5.5 horas, por lo que se sugiere que la capacitación se pueda desarrollar en una jornada de trabajo, incluyendo algunos descansos entre los intermedios para dos refrigerios de 45 minutos y un almuerzo de 1 hora, teniendo un tiempo total para el día de entrenamiento de 8 horas. En todo caso, las 4 horas restantes de la jornada de 12 horas se utilizaría para desempeñar otras labores.

#### **4.1.2. Etapa 02: Lean Maintenance**

En la segunda etapa, se darán a conocer las herramientas Lean Maintenance que se aplicarán para la mejora del área de operaciones de la Empresa Neuma Perú. Como primer punto dentro de las mejoras, se sugiere implementar un área de mantenimiento, que esté a cargo de una sola persona, la cual pueda actualizar los planes de mantenimiento y asegurarse que del cumplimiento de objetivos e indicadores durante el trabajo diario de la empresa. Es por ello por lo que, se propone el siguiente organigrama mostrado en la figura 14, el cual adjunta el área de mantenimiento:

*Figura 14 Organigrama Propuesto*

**Nota:** Elaboración propia.

Como se observa, dadas las mejoras a implementar será requerido tener un área de mantenimiento para cumplir con todas las mejoras propuestas. A diferencia del organigrama actual de la empresa que no contempla el área de mantenimiento, el área de reparación es la encargada de velar por las actividades de mantenimiento, así como de operación, lo que genera una carga de trabajo que no permite que las actividades de mantenimiento se realicen eficientemente. Surge entonces la necesidad de un área cuyo propósito sea planificar, establecer, aplicar y supervisar al plan de mantenimiento anual, velando por el cumplimiento de las actividades descritas en el, tomando las acciones que correspondan en caso de incumplimientos. Si bien es cierto el área de reparación lleva a su cargo los mantenimientos de neumáticos, debido a la falta de personal y tiempo no se lleva un control de este, observándose únicamente las deficiencias a fin del mes al momento de generar los reportes, mas no en el día a día puesto que la principal actividad del área de reparación es que se lleven a cabo las operaciones al disponer de los recursos hacia el cliente, que en este caso es la unidad minera. Así mismo, dado que el área de mantenimiento llevará un control de los activos referente a máquinas, equipos y herramientas, deben establecer los planes

de seguridad para la correcta manipulación de equipos; ya que, de lo contrario, se podría ocasionar un accidente con pérdidas humanas y/o materiales. Si bien es cierto en operaciones pequeñas el área misma de operaciones suele llevar el mantenimiento, contrastando con las pérdidas económicas a falta de toma decisión, puesta en marcha y control, se requiere de un área que asuma el reto de resolver las problemáticas descritas.

Respecto al área de mantenimiento, se sugiere que se cuente con un Jefe de Mantenimiento, quien deberá cumplir con el siguiente perfil descrito en la tabla 7:

*Tabla 8 Perfil del Jefe de Mantenimiento*

---

**Puesto:** Jefe de mantenimiento

---

**Supervisado por:** Gerente de Operaciones

---

**Objetivo del puesto:** Dirigir el funcionamiento, conservación y reparación de máquinas, maquinaria e instalaciones y equipos, asegurando el correcto desempeño del área de operaciones, así como de los procesos de rencauche y reparación.

---

**Funciones y responsabilidades:**

- Elaborar y supervisar el plan y presupuesto de mantenimiento de los activos bajo su responsabilidad.
  - Establecer normativas procedimientos de seguridad para asegurar el funcionamiento y la seguridad de máquinas, mecanismos herramientas, dispositivos, instalaciones y equipos.
  - Coordinar y supervisar la introducción de nuevas instalaciones o maquinarias.
  - Cumplir las normas de seguridad desarrolladas por Neuma Perú.
  - Mantener actualizados y archivados los planos de arquitectura, electricidad, sanitarios y de estructuras del taller.
- 

**Instrucción necesaria:** Ing. Industrial o Ing. Mecánico con 3 años de experiencia como Jefe de Mantenimiento. Concomimientos en gestión del mantenimiento, electrónica y electrotecnia industrial, mantenimiento de plantas industriales, equipos de comunicación, reparación de neumáticos y rencauche.

---

**Competencias y habilidades:**

- Liderazgo
-

- 
- Trabajo bajo presión
  - Facilidad de palabra y aprendizaje
  - Trabajo en equipo
- 

*Nota:* Elaboración propia.

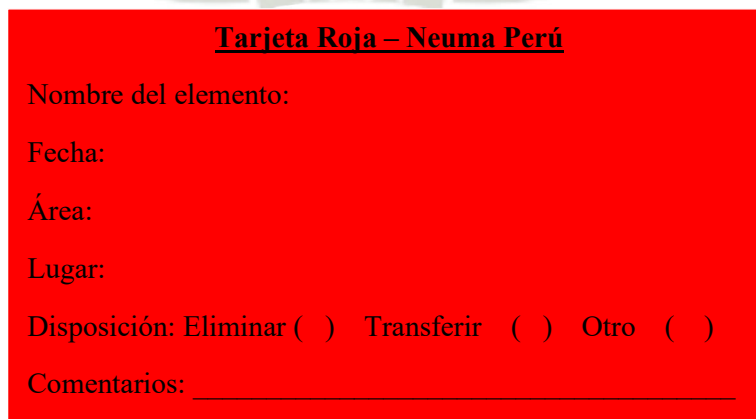
#### 4.1.2.1. Aplicación de 5'S

Como se había revisado previamente en el marco conceptual, las 5'S es una metodología de origen japonés, que tiene por finalidad estandarizar las condiciones de trabajo, es por ello por lo que para el taller de Morocaqui se sugiere aplicar las 5'S.

- **Seiri – Separar**

En cuanto a Seiri, se separarán todas aquellas herramientas, materiales, maquinaria y elementos que se encuentren en el taller y, se procederá a clasificar en tres grupos estos elementos. El primer grupo de elementos son aquellos que se encuentran operativos y con el mantenimiento respectivo, estos elementos se clasificarán mediante una tarjeta de color verde. El segundo grupo de elementos son aquellos que tienen desperfectos o que requieren pasar por mantenimiento, para ello se les clasificará mediante una tarjeta amarilla. Finalmente, el tercer grupo son aquellos elementos que deben ser desechados, ya sea porque no se encuentran operativos o porque finalmente ya se les considera desechos. Para ello, se procederá a utilizar las siguientes tarjetas descritas en las figuras 15, 16 y 17.

*Figura 15 Tarjeta Roja*



**Tarjeta Roja – Neuma Perú**

Nombre del elemento:

Fecha:

Área:

Lugar:

Disposición: Eliminar ( ) Transferir ( ) Otro ( )

Comentarios: \_\_\_\_\_

*Nota:* Elaboración propia.

*Figura 16 Tarjeta Amarilla*

**Tarjeta Amarilla – Neuma Perú**

Nombre del elemento:

Fecha:

Área:

Lugar:

Disposición: Mantenimiento ( ) Almacén ( ) Otro ( )

Comentarios: \_\_\_\_\_

*Nota:* Elaboración propia.

*Figura 17 Tarjeta Verde*

**Tarjeta Verde – Neuma Perú**

Nombre del elemento:

Fecha:

Área:

Lugar:

Disposición: Almacén ( ) Taller ( ) Otro ( )

Comentarios: \_\_\_\_\_

*Nota:* Elaboración propia.

- **Seiton – Ordenar**

Respecto a Seiton, una vez clasificados todos los elementos del taller, se procederá a ordenar los elementos que se encuentren en el almacén o en el taller, como primer punto y de acuerdo a lo observado, es importante que se mantengan ordenados los neumáticos, para lo cual se recomienda que estos se apilen uno sobre otro de forma vertical, con una cantidad máxima de apilamiento de cinco neumáticos, esto dado que al apilar cinco neumáticos, se tiene un promedio de altura de 1.80 metros, lo cual ante una caída, no generaría un aplastamiento de consecuencias graves a algún colaborador.

Si bien es cierto no existe una norma en Perú que regule la altura de apilamiento de materiales, se recomienda como máximo respetar la altura de 1.80 metros. Así mismo, para minimizar el riesgo ante caídas, se sugiere sujetar mallas a las paredes, sujetándolas al piso una vez que se apilen los neumáticos, mostrándose en la figura 18 el correcto apilamiento de neumáticos.

**Figura 18** Apilamiento sugerido de neumáticos



**Nota:** Elaboración propia.

En cuanto a lo que corresponde a las herramientas, se realizará la compra de un portaherramientas para cada estación de trabajo, clasificando cada gaveta según la función de las herramientas, de forma que las herramientas se mantengan ordenadas como se muestra en la figura 19.

**Figura 19** Portaherramientas



**Nota:** Fotografía de portaherramientas extraída de la página web de SODIMAC.

Sobre papelería correspondiente a órdenes de trabajo, documentos, normativas, registros, formatos, etc., estos se guardarán en archivadores con su respectiva etiqueta, indicando los documentos que esta porta. De esta forma, todos los registros que se generen, con especial importancia los registros de mantenimiento podrán ser archivados y se podrá realizar un seguimiento de estos en cuanto a indicadores de trabajo.

- **Seiso – Limpiar**

En cuanto a Seiso, todos los trabajadores del taller deberán realizar la limpieza de sus lugares de trabajo, y deberán apoyar en la limpieza de áreas comunes y zonas del taller; para lo cual, se establece el siguiente cronograma de limpieza en el cuadro 2, el cual detalla tanto las actividades como días que se desarrollarán las actividades:

**Cuadro 2** Cronograma de limpieza

Actividad	L	M	M	J	V	S
Limpieza del taller	X		X		X	
Limpieza de almacén		X		X		
Limpieza de área administrativa			X		X	
Limpieza de equipos y herramientas						X
Desinfección de áreas comunes	X		X		X	
Recojo de residuos					X	
Desecho de residuos						X

**Nota:** Elaboración propia.

- **Seiketsu - Control visual**

Como parte del control visual y la estandarización, se recomienda la implementación de un pizarrón, en el cual el Jefe de Taller, pueda realizar la marcación de aquellas actividades que se lograron exitosamente durante la semana, de acuerdo a las medidas sugeridas; es por ello que se recomienda que el pizarrón se pueda realizar un seguimiento dichas actividades, como se muestra en la tabla 10 para corroborar el cumplimiento:

**Tabla 9** Check List de Cumplimiento

Actividad	L	M	M	J	V	S
Limpieza del taller						
Limpieza de almacén						
Limpieza de área administrativa						
Limpieza de equipos y herramientas						
Desinfección de áreas comunes						
Recojo de residuos						
Desecho de residuos						
Equipos, herramientas y máquinas clasificados						
Orden en áreas de trabajo						
Correcto apilamiento de neumáticos						
Herramientas en portaherramientas						
Documentos archivados						
Otros _____						

**Nota:** Elaboración propia.

En caso de incumplimientos verificados mediante el Check List, el Jefe de Taller deberá realizar la amonestación verbal o escrita según la estandarización de los procedimientos de trabajo, velando por el cumplimiento de todas las actividades y revisando que aquellas que no se cumplieron, se estén cumpliendo posterior a la amonestación. Cabe resaltar, que el seguimiento de este Check List deberá mantener una revisión semanal.

- **Shitsuke - Disciplina**

Finalmente, sobre Shitsuke se recomienda que al final del día se puedan tener reuniones de 5 minutos con todos los trabajadores del taller, de forma que sea el Jefe de Taller quien retroalimente sobre los cumplimientos e incumplimientos de las 5'S, alentando el cumplimiento de todas las medidas descritas. De igual forma, se recomienda que todos los sábados se haga una revisión de las actividades que se

lograron completar en la semana y las que no, identificando el motivo por el cual no se cumplieron y dando una solución a ello.

Se recomienda llenar el siguiente formato adjunto en la figura 20, con la finalidad de identificar todas las actividades desarrolladas:

**Figura 20** Seguimiento semanal

<p><b>Semana N° ____ :</b></p> <p>Actividades cumplidas:</p> <hr/> <hr/>
<p>Actividades no cumplidas:</p> <hr/> <hr/>
<p>Acciones correctivas:</p> <hr/> <hr/>
<p>Comentarios: _____</p>

**Nota:** Elaboración propia.

#### 4.1.2.2. Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Productivo Total o también conocido como TPM por sus siglas en inglés que significan Total Productive Maintenance, es una metodología originaria de Estados Unidos que basa su teoría del mantenimiento preventivo que surgió en los años cincuenta. Como parte de esta metodología surgen 08 pilares, los cuales se aplicarán como parte de la presente investigación, los cuales son:

- Mejoras enfocadas.
- Mantenimiento Autónomo.
- Mantenimiento Planificado.
- Mantenimiento de Calidad.
- Prevención del Mantenimiento.
- Actividades de departamentos Administrativos y de Apoyo.
- Formación y Adiestramiento.
- Gestión de Seguridad y Entorno.

##### 4.1.2.2.1. Mejoras enfocadas.

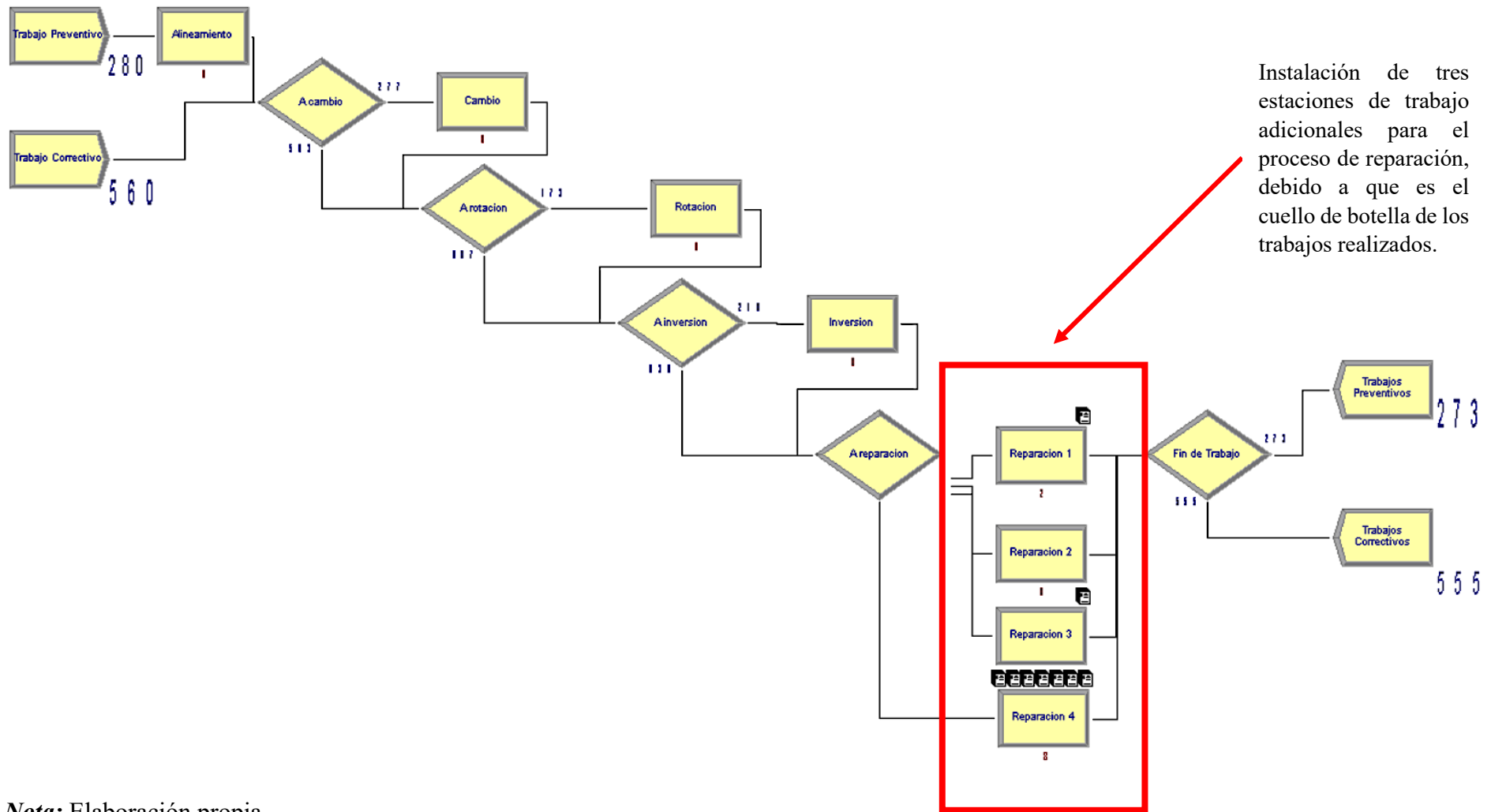
Dado que las mejoras enfocadas están orientadas a mejorar la productividad del mantenimiento y posterior a la evidencia de colas en el proceso de mantenimiento de neumáticos, se propone adicionar tres estaciones de trabajo en lo que corresponde al subproceso de reparación, dado que es el subproceso que genera colas en el proceso de mantenimiento de neumáticos, lo que ocasiona que, al no dar un adecuado mantenimiento a éstos, se deterioren y fallen cuando se están realizando las operaciones en campo.

Para la evidencia de la mejora correspondiente a la adición de tres estaciones de trabajo para el subproceso de mantenimiento, se realizará una simulación del proceso de mantenimiento con la finalidad de demostrar la disminución de colas del proceso como se muestra en la figura 21, siendo esta el diseño como se observa en el mismo simulador del Simulador Arena. La simulación inicia con dos estaciones con forma de pentágono, que son las estaciones que van liberando las unidades al proceso de forma diaria conforme a los datos históricos obtenidos del proceso. El proceso inicia con el alineamiento y, posterior a ello, mediante una entidad de decisión que se muestra en forma de rombo, se determina

de acuerdo con los porcentajes históricos (véase el anexo 3), los neumáticos que pasan al proceso de cambio o en su defecto a rotación. De igual forma sucede lo mismo con el proceso de rotación, inversión y reparación. A diferencia del proceso actual, sabiendo gracias a los datos recabados previamente que el proceso de reparación es el que genera colas en el proceso, se adicionarán tres estaciones de trabajo adicionales para apoyar las actividades de reparación, de forma que los neumáticos puedan salir más rápido del proceso y se puedan atender a todas las unidades. Finalmente, se evalúa la cantidad de neumáticos que fueron atendidos de acuerdo con el tipo de mantenimiento realizado, sea este del tipo preventivo o correctivo.



Figura 21 Simulación en el Software Arena del Proceso Propuesto



Nota: Elaboración propia.

Posterior a la simulación del proceso propuesto con las tres estaciones adicionales para el subproceso de mantenimiento como se adjunta en la figura 21, se observa que las colas del proceso de mantenimiento de neumáticos se reducen. A diferencia del proceso actual, son pocas las unidades que quedarían sin ser reparadas dado que, en el caso del mantenimiento preventivo, de 280 unidades que ingresan, 273 unidades lograrían pasar por mantenimiento, de igual forma para el caso del mantenimiento correctivo, de las 560 unidades que ingresan, 555 lograrían pasar por el mantenimiento correctivo, lo que evidencia un incremento sustancial de la productividad.

En cuanto a la productividad laboral, se evidencia en la tabla 9 que la mayoría de los operarios se encontrarán ocupados la mayor parte del tiempo; sin embargo, existen algunos operarios que tendrán tiempo muerto, por lo que se plantea que los operarios roten de estación de forma diaria; así mismo, cuando el operario se encuentre con tiempo ocioso, se dispondrán de los mismo para la aplicación de las mejores propuestas en las 5's, de manera que se proponga una cultura de mejora continua.

**Tabla 10** Porcentaje de Ocupación de Operarios Sistema Propuesto

<b>Porcentaje de Ocupación de Operarios</b>	
<b>Operario 1</b>	66.08%
<b>Operario 2</b>	66.08%
<b>Operario 3</b>	32.76%
<b>Operario 4</b>	32.76%
<b>Operario 5</b>	41.08%
<b>Operario 6</b>	41.08%
<b>Operario 7</b>	76.77%
<b>Operario 8</b>	76.77%
<b>Operario 9</b>	69.65%
<b>Operario 10</b>	69.65%
<b>Operario 11</b>	75.26%
<b>Operario 12</b>	75.26%
<b>Operario 13</b>	70.47%
<b>Operario 14</b>	70.47%

**Nota:** Elaboración Propia en base a los resultados obtenidos de la simulación realizada en el software Arena Rockwell 14.0.

En cuanto a las colas del proceso productivo, se observa una disminución de colas bastante considerable como se muestra a continuación en la figura 22:

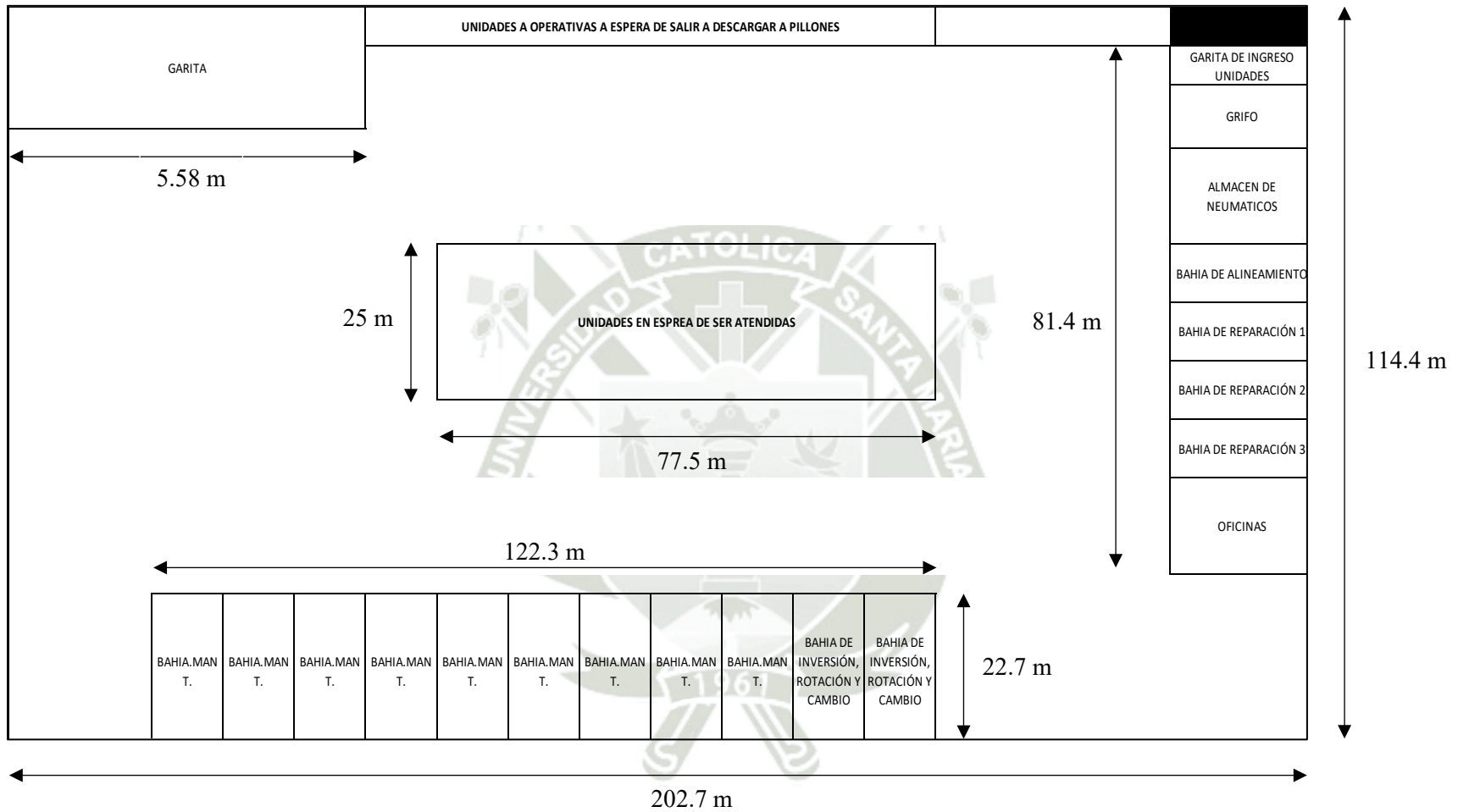
**Figura 22** Colas del Proceso Productivo Propuesto

Queue	
Time	
Waiting Time	Average
Alineamiento.Queue	197.24
Cambio.Queue	168.99
Inversion.Queue	27.4408
Reparacion 1.Queue	97.2780
Reparacion 2.Queue	104.75
Reparacion 3.Queue	96.3994
Reparacion 4.Queue	108.54
Rotacion.Queue	40.8599
Other	
Number Waiting	Average
Alineamiento.Queue	2.7893
Cambio.Queue	2.3642
Inversion.Queue	0.2910
Reparacion 1.Queue	1.0741
Reparacion 2.Queue	1.0422
Reparacion 3.Queue	1.0562
Reparacion 4.Queue	1.1707
Rotacion.Queue	0.3570

**Nota:** Obtenido de la simulación realizada en el software Arena Rockwell 14.0.

Como se observa en la figura 22, las colas del proceso han disminuido en comparación del proceso actual, teniendo como máximo número de neumáticos en cola 03 unidades, lo que demuestra que se ha logrado optimizar el proceso, incrementando la productividad del mismo. Así mismo, en la figura 23 se muestra la distribución de planta propuesta con la finalidad de optimizar los recorridos.

**Figura 23** Distribución de planta propuesta



Distribución de plano propuesto	
Elaborado por: Luis Ademir Valdivia Vargas	Escala: 1/0500
Fecha: 18/01/23	Universidad Católica de Santa María

**Nota:** Elaboración Propia

Figura 24 Diagrama de tránsito propuesto

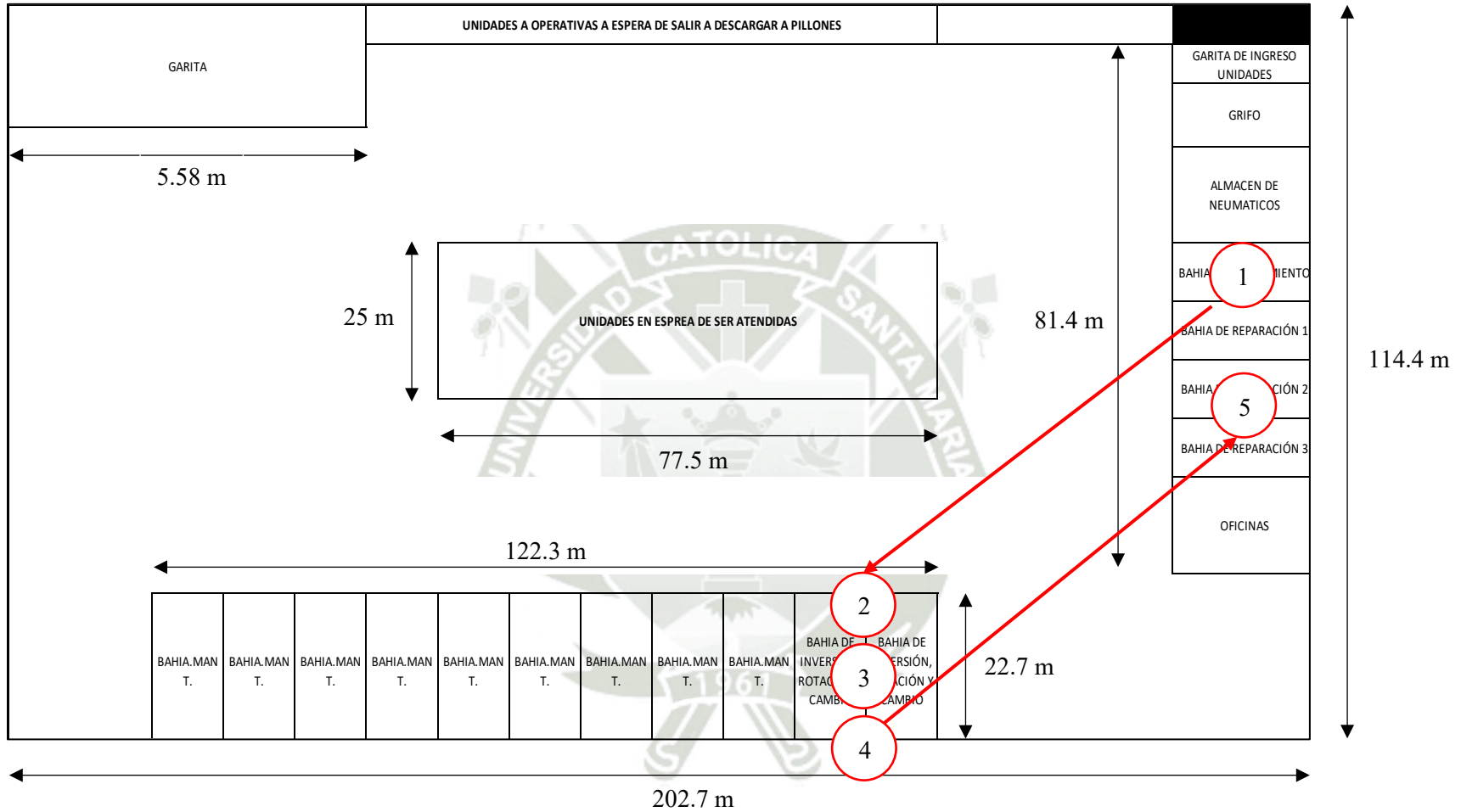


Diagrama de tránsito propuesto	
Elaborado por: Luis Ademir Valdivia Vargas	Escala: 1/0500
Fecha: 18/01/23	Universidad Católica de Santa María

Nota: Elaboración Propia

A diferencia de la distribución actual en la que se tienen diferentes bahías y se van usando de acuerdo con la necesidad, en este caso se han establecido las bahías de alineamiento, cambio, inversión y reparación, de forma que todas las actividades se vayan llevando de forma continua, siendo el recorrido de los neumáticos breve a través del pato mecánico. Adicionalmente, se plantea el incrementar el espacio del almacén de neumáticos, de forma que se apilen a una menor altura y sean de menor riesgo para los trabajadores. Finalmente, se mantendrán las bahías de mantenimiento para realizar los mantenimientos respectivos.

#### ***4.1.2.2.2. Mantenimiento Autónomo***

Parte del mantenimiento autónomo, es la capacitación del personal operario que trabaja directamente con la maquinaria y equipos, ya que de ellos depende que éstos se puedan mantener en buen estado y se realice un buen uso de estos; por ello es que, se precisa de las capacitaciones al personal en materia del manejo y mantenimiento de equipos y maquinaria, para lo cual se sugiere desarrollar las siguientes capacitaciones, dada su importancia para el cuidado de estos activos.

- Inspección de maquinaria y equipos.
- Mantenimiento y limpieza de maquinaria y equipos.
- Lubricación de maquinaria y equipos.

Cabe resaltar que, en cuanto a la maquinaria utilizada en el proceso de mantenimiento sólo se cuenta con equipo escariador, posterior a ello sólo se utilizan herramientas que apoyan a que el proceso de mantenimiento se lleve a cabo. Así mismo, las capacitaciones que se han sugerido pueden ser llevadas a cabo por el Jefe de Taller dada su experiencia laboral, considerando que no se será necesario más de un día de capacitación para abordar estos temas, dada su simplicidad y baja dificultad.

#### ***4.1.2.2.3. Mantenimiento Planificado***

Como parte del mantenimiento planificado, es importante programar actividades orientadas al mantenimiento de maquinaria, equipos, herramientas e instalaciones. En el caso del Taller de Morocaqui, como se había comentado previamente, en el caso de la maquinaria el único equipo que se utiliza en la actualidad dentro del proceso de mantenimiento es el escariado, posterior a ello sólo se utilizan otros equipos y herramientas y se da el mantenimiento respectivo a las áreas comunes del taller.

Normalmente, para realizar el mantenimiento planificado se suelen utilizar algunos software como parte del seguimiento y control de lo planificado; sin embargo, para el presente caso no se recomienda la compra de un software para planificar el mantenimiento, dada la cantidad de maquinaria, equipos, herramientas e instalaciones, de hecho que al trabajar en un taller dentro de una operación minera, este es mínimo a diferencia del taller de Arequipa, donde probablemente sí sea conveniente la compra de un software para el seguimiento; sin embargo, se recomienda realizar el mantenimiento de acuerdo a lo sugerido en el cuadro 3, la cual permitirá tener un orden y control adecuado de la planificación de actividades.

### ***Cuadro 3 Mantenimiento Planificado***

<b>Mantenimiento planificado</b>	
Inspección y limpieza de maquinaria	Días 05 y 15 de cada mes
Inspección y limpieza de equipos	Días 10 y 20 de cada mes
Inspección y limpieza de infraestructura	Según calendarios de 5'S

**Nota:** Elaboración Propia.

#### ***4.1.2.2.4. Mantenimiento de Calidad***

Dentro del análisis del mantenimiento de calidad, es importante asegurar la calidad del producto final, de forma que el producto cumpla con las especificaciones solicitadas por el cliente; es por ello por lo que, se debe asegurar el correcto funcionamiento de la maquinaria, equipos y herramientas, de forma que estos no provoquen defectos en el producto final.

Como parte de las mejoras sugeridas dentro del taller de Morocaqui, se sugiere implementar una hoja de control que permita identificar todos los defectos que se generen en los neumáticos reparados, de forma que se pueda analizar el motivo del defecto en el producto final. Para ello se sugiere implementar la siguiente ficha adjunta en la tabla 10:

**Tabla 11** *Ficha de Identificación de Defectos*

<b>Ficha de Identificación de Defectos</b>		
<b>Defecto</b>	<b>Equipo / Máquina que produjo el defecto</b>	<b>Acciones Correctivas</b>
Desajuste de tuercas.	Escariador.	Ajuste de tuercas.

**Nota:** Elaboración Propia.

Como parte de la mejora continua que conlleva la implementación del TPM, se sugiere que todos los sábados del mes, se realice una revisión de la ficha de identificación de defectos, de forma que se puedan identificar los defectos que se han producido en la semana y se puedan tomar acciones correctivas prontas que permitan mitigar o eliminar los defectos dados.

**4.1.2.2.5. Prevención del Mantenimiento**

Como parte de la prevención del mantenimiento, se llevará a cabo un registro de todos los activos de la empresa, con la finalidad de realizar un seguimiento de los activos de la empresa y, en caso de que se requirieran comprar nuevos equipos o realizar el mantenimiento con su fabricante, se tengan a la mano los datos del mismo, se presenta el formato sugerido para su implementación en la tabla 11 que contiene todos los datos del equipo:

**Tabla 12** Ficha Técnica

<b>FICHA TECNICA</b>	
Nombre del equipo:	Zona de uso:
Uso:	Costo de adquisición:
Modelo:	Costo de reemplazo:
Año de fabricación:	Vencimiento de garantía:
Fabricante:	Contrato de mantenimiento:
Proveedor:	Vida útil esperada:
Fecha de compra:	Fecha de actualización de datos:

**Nota:** Elaboración Propia.

Así mismo, se implementará una ficha de registro mediante la cual, se realizará seguimiento del estado de las máquinas, equipos y herramientas, la ficha de registro sugerida es la siguiente, mostrada en la tabla 12:

**Tabla 13** Ficha de Registro

<b>FICHA DE REGISTRO</b>
Nombre del equipo:
Fecha de revisión:
Estado
Acción correctiva ( )
Acción preventiva ( )
Indicar acciones que se tomarán:

**Nota:** Elaboración Propia.

Es importante que la ficha de registro cuente con las acciones que se tomarán en caso se tomen acciones correctivas o preventivas, para realizar un seguimiento de los cambios realizados y así, evitar que los defectos sean reiterativos.

#### 4.1.2.2.6. Actividades de departamentos Administrativos y de Apoyo

En cuanto a los departamentos administrativos y de apoyo, dado que la sede de Morocaqui es una sede de Neuma Perú y sus operaciones se encuentran centralizadas en las ciudades de Arequipa y Lima, la única área de apoyo con la que se cuenta en la sede de Morocaqui es el área de almacén. El área de almacén es una de las áreas críticas en cuanto a mejoras, dado que en ellas se apilan todos los neumáticos que no se encuentran en uso pero que posteriormente serán cambiados en algunos camiones.

El área de almacén tiene como retos mejorar el orden y apilamiento de los neumáticos, así como de mejorar su infraestructura, dado que en época de lluvias el agua ingresa mojando los neumáticos apilados, así como las herramientas dispuestas, por ello como parte de las mejoras para el área de almacén se recomienda:

- Reforzar el techo del almacén con calaminas gruesas.
- Acoplar topes en las entradas del almacén para evitar el ingreso de agua.
- Apilar los neumáticos de forma vertical y evitando exceder 1.80 metros de altura.

Así mismo, para asegurar llevar un control adecuado de las entradas y salidas del almacén, se recomienda implementar el siguiente formato:

**Tabla 14** Control de Ingresos y Salidas

<b>Control de Ingresos y Salidas</b>			
<b>Producto</b>	<b>Entrada / Salida</b>	<b>Fecha</b>	<b>Saldo</b>
Broca para concreto 10 mm	+15	25/09/22	15
Broca para concreto 10 mm	+15	27/09/22	30
Broca para concreto 10 mm	-5	03/10/22	25
Broca para concreto 10 mm	-5	10/10/22	20
Broca para concreto 10 mm	-5	17/10/22	15
Broca para concreto 10 mm	-5	24/10/22	10

**Nota:** Elaboración Propia.

La finalidad de la implementación de este formato es realizar un seguimiento de todos aquellos productos, equipos y herramientas que salgan o ingresen del almacén, llevando un conteo de los activos con los que se cuenta en el almacén, asegurando el abastecimiento de activos de acuerdo con las necesidades del taller y evitando pérdidas de éstos.

#### **4.1.2.2.7. Formación y Adiestramiento**

Sobre el pilar de formación y adiestramiento, es importante que los operarios se encuentren capacitados para poder llevar a cabo adecuadamente cada una de sus actividades orientadas a la producción y al mantenimiento de maquinaria, equipos, herramientas e infraestructura. Como se explicó en la Etapa 01: Entrenamiento, se llevarán a cabo diversas capacitaciones en torno a Lean Maintenance, de forma que los operarios se puedan involucrar desde la implementación de las mejoras hasta la etapa de la mejora continua, la cual se mantendrá de forma permanente dentro de la empresa.

Complementando a las capacitaciones anteriores, para que el modelo funcione y se pueda cuidar y salvaguardar la vida de cada uno de los operarios, se sugiere aplicar capacitaciones de:

- Mecánica Automotriz.
- Manejo defensivo.
- Importancia, uso y manipulación de EPP's.
- Control y llenado de fichas y documentos.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Trabajo seguro.

Complementando a las capacitaciones anteriores, para que el modelo funcione y se mantengan las buenas prácticas de formación y adiestramiento, se delegará esta labor al Jefe de Taller, quien velará porque las capacitaciones sean constantes, dada su experiencia profesional y conocimientos previos.

Se sugiere abordar una capacitación por semana de las sugeridas, con una duración máximo de una hora como se indica a continuación:

**Tabla 15** Cronograma de Capacitaciones

<b>Cronograma de Capacitaciones</b>	
<b>Capacitación</b>	<b>Fecha</b>
Mecánica Automotriz.	Semana 1
Manejo defensivo.	Semana 2
Importancia, uso y manipulación de EPP's.	Semana 3
Mantenimiento preventivo.	Semana 4
Mantenimiento correctivo.	Semana 5
Trabajo seguro.	Semana 6
Control y llenado de fichas y documentos.	Semana 7

*Nota:* Elaboración Propia.

De igual forma, se deberán registrar las capacitaciones mediante un formato de asistencia, para validar que las capacitaciones fueron realizadas según lo previsto.

**Tabla 16** Registro de Asistencia a Capacitación

<b>Registro de Asistencia a Capacitación</b>	
<b>Capacitación:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Lugar:</b>	<b>Desarrollada por:</b>
<b>Nombres y Apellidos:</b>	<b>Firma:</b>
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	
15.	

*Nota:* Elaboración Propia.

#### **4.1.2.2.8. Gestión de Seguridad y Entorno**

Culminando con el octavo pilar de la Gestión de Seguridad y Entorno, previamente se van a identificar los peligros a los que están expuestos los colaboradores del Taller de Morocaqui y en base a tales peligros identificados, se recomendarán medidas para mitigar o eliminar estos peligros.

En cuanto a los peligros identificados en el Taller de Morocaqui se pueden indicar:

- Riesgos Físicos: Quemaduras, cortes, golpes.
- Riesgos Mecánicos: Atrapamiento de extremidades.
- Riesgos Ergonómicos: Lesiones, fracturas, dislocaciones.
- Riesgos Químicos: Irritación ocular, quemaduras.

Por otro lado, identificados los peligros, se darán a conocer las recomendaciones para evitar la materialización de estos peligros:

- Riesgos Físicos: Uso de EPP's, de forma obligatoria deberá utilizarse casco, lentes, guantes, mameluco, orejeras y zapatos de seguridad.
- Riesgos Mecánicos: Para minimizar los riesgos mecánicos se deberán cumplir con los procedimientos establecidos por el área de operaciones; así mismo, se el uso adecuado de EPP's también ayudará a minimizar estos riesgos. Utilizar los candados de seguridad de forma que se bloqueen los equipos para que no puedan ser utilizados por el personal mientras pasan por mantenimiento.
- Riesgos Ergonómicos: Realizar un uso adecuado de EPP's, así mismo es importante seguir los procedimientos establecidos y las instrucciones del Jefe del Taller para evitar fracturas.
- Riesgos Químicos: Uso de EPP's.

Así mismo, la señalización adecuada de las zonas comunes alertará a los colaboradores sobre los peligros del Taller, por lo que se recomienda hacer uso de la siguiente señalética:

Figura 25 Señalética



Nota. Señales de Información.

**Tabla 17** Costo de EPP's

EPP	Costo unitario (Soles)	Cantidad	Subtotal (Soles)
Cascos de seguridad	4.90	14	68.60
Guantes de seguridad	9.90	14	138.60
Zapatos de seguridad	79.90	14	1114.40
Mascarilla con filtro	11.75	14	164.50
Orejeras	49.90	14	698.60
Mameluco	64.00	14	896.00
<b>TOTAL</b>			3080.70

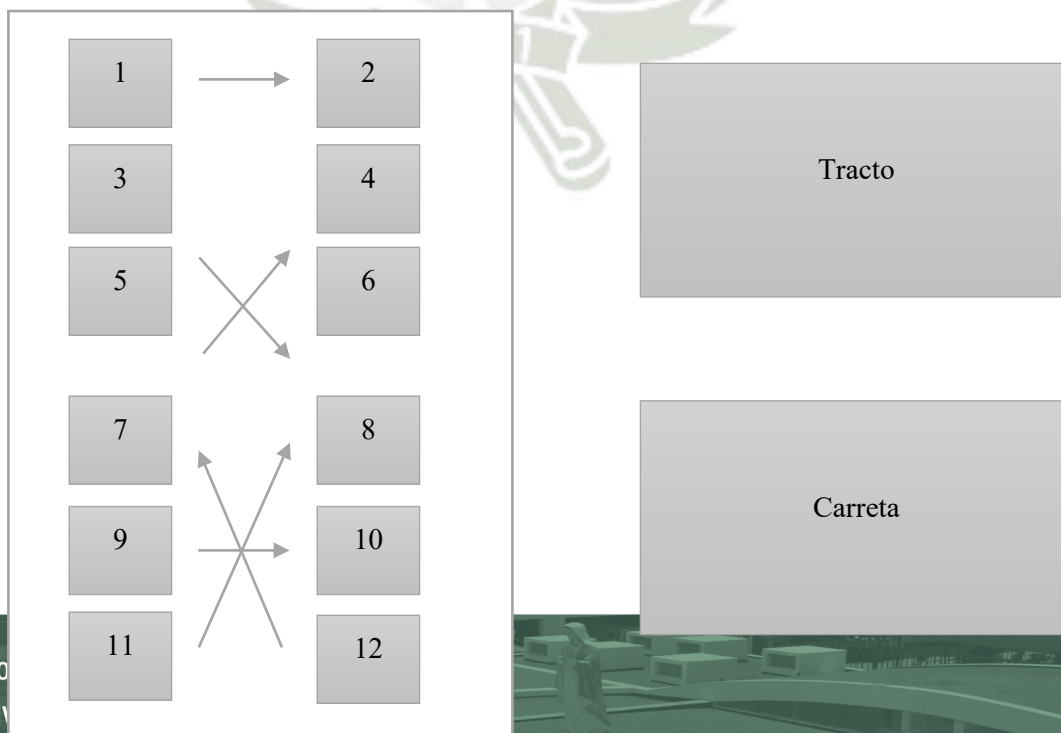
*Nota:* Elaboración propia.

**4.1.2.3. Poka Yoke**

La técnica de Poka Yoke tiene como propósito evitar errores inadvertidos en los procesos de producción, para lo cual se implementan diversas actividades de forma que se eviten cometer errores que perjudiquen al proceso de mantenimiento. Como parte de las mejoras que se han identificado convenientes para incrementar el rendimiento de los neumáticos, se realizará la rotación de neumáticos. Esta estrategia permite que los neumáticos pasen de zonas de alto desgaste a zonas de bajo desgaste, incrementando el kilometraje final que pueden dar.

Para ello, y siguiendo las recomendaciones del proveedor Michelin, se realizará la rotación de neumáticos como se indica a continuación a los 1500 km de tránsito:

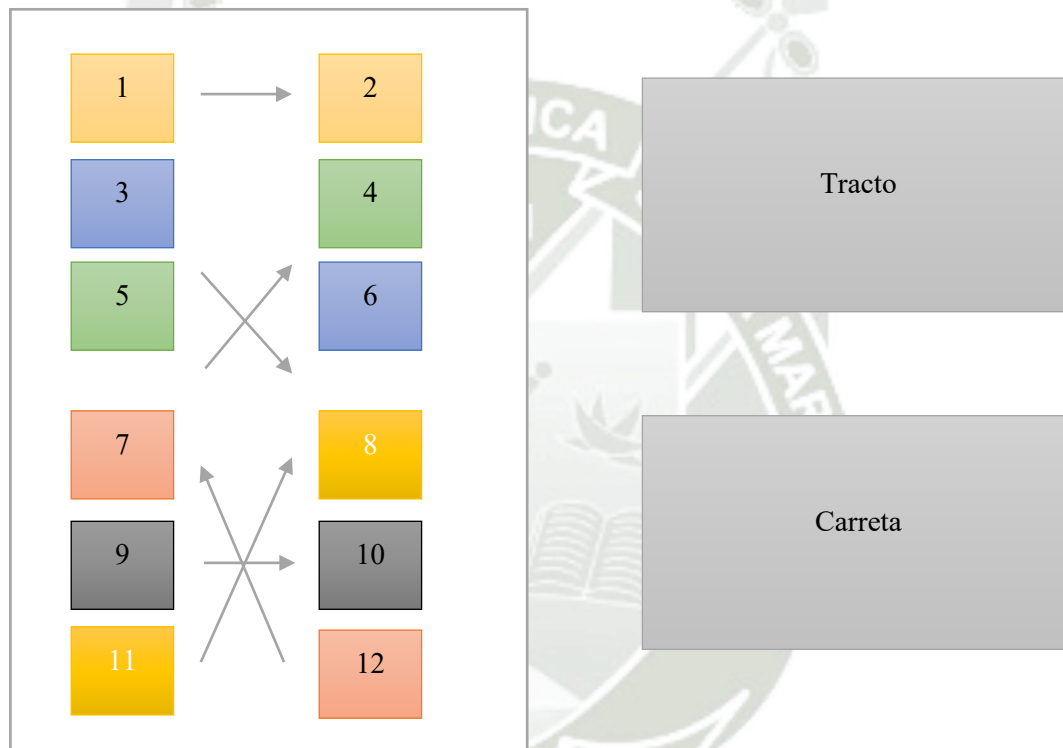
**Figura 26** Rotación de Neumáticos



*Nota:* Elaboración propia.

Aplicando la técnica de Poka Yoke y para evitar que se roten los neumáticos de forme equivocada, se van a marcar estos con plumones indelebles de colores, de forma que se evite rotar los neumáticos de forma errónea. Dado el material de los neumáticos, se recomienda utilizar la línea POSCA de plumones para asegurar que no se desprendan los colores. Se aplicarán los siguientes colores:

**Figura 27** Rotación de Neumáticos según Colores



*Nota:* Elaboración propia.

#### 4.1.3. Etapa 03: Programa de Gestión de Mantenimiento

En cuanto al programa de gestión de mantenimiento, este se llevará a cabo a través de un software que, de acuerdo con las necesidades de la empresa, se recomienda sea el software Fracttal One, dado que es un software especializado en mantenimiento. El software está diseñado para que sea factible llevar un inventario detallado de los activos de la empresa, para lo cual se ingresará la información correspondiente a las máquinas, equipos, herramientas, neumáticos y otros que sean considerados bienes relacionados a la gestión del mantenimiento, de esta forma será factible llevar

un registro de las entradas y salidas del almacén, con lo cual también se podrá tener una noción clara de la cantidad de neumáticos se poseen en el almacén, para su posterior disposición de forma ordenada.

**Figura 28** Ingreso de Activos en Fractal One



The image shows a mobile application interface for entering asset information. At the top, there is a back arrow and the word "General". Below this is a large QR code. Underneath the QR code are six input fields, each with a label and a placeholder bar:

- Nombre
- Código
- Unidad
- Número de parte
- Fabricante
- Modelo

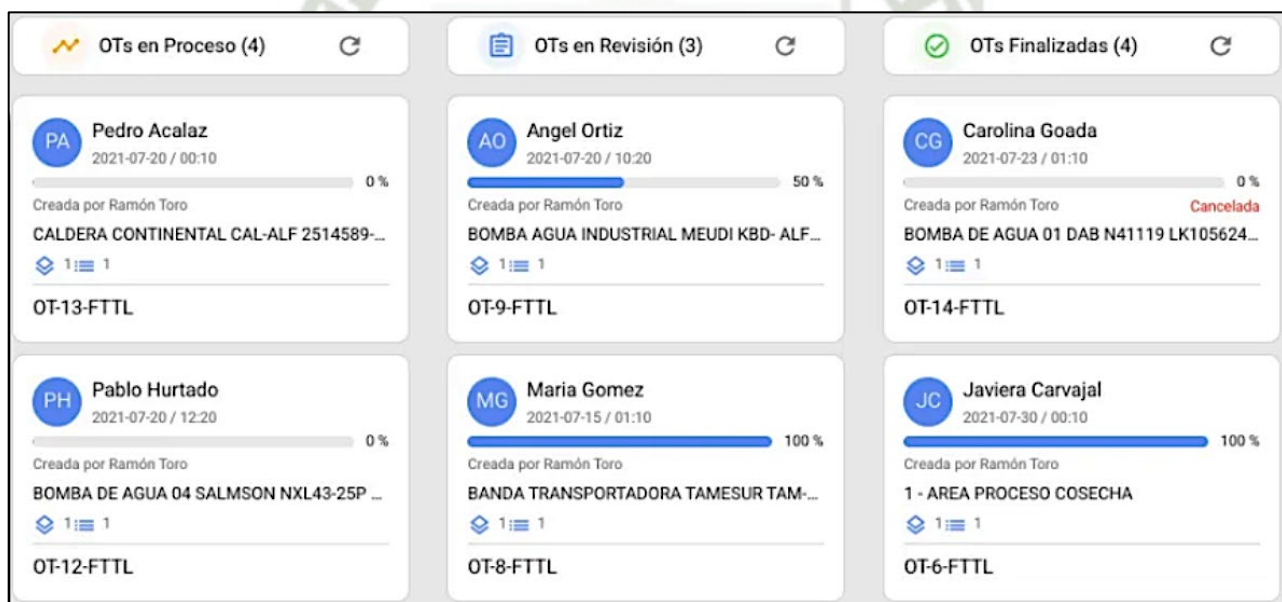
*Nota:* Extraído de la página web de Fractal One

Como se observa en la figura 28, el Software Fractal One permite codificar cada uno de los activos que se ingresan, incluyendo también ítems que pueden ser editados por la empresa para ingresar información relevante como fecha de fabricación, material, etc. De esta forma el sistema carga cada uno de los activos por áreas para llevar un seguimiento de los activos con los que se cuentan, realizando un mejor control de los ingresos y salidas.

Otra funcionalidad existente dentro del software Fractal One es la generación de órdenes de trabajo, lo cual permitirá conocer el estado de las órdenes que se van generando de forma diaria, teniendo un reporte de los trabajos que se encuentran en proceso, en revisión y los que ya fueron finalizados.

A continuación, se muestra una vista de la generación de órdenes de trabajo en el software Fractal One:

**Figura 29** Generación de OT's en Fractal One



*Nota:* Extraído de la página web de Fractal One

Como se observa en la figura 29, se podrán realizar asignaciones a diferentes personas, considerando el tipo de orden de trabajo que se registrará, así como la fecha y hora de esta, así como su porcentaje de cumplimiento, lo que permitirá evaluar si efectivamente se logró concretar el trabajo asignado, de esta forma se podrán generar no sólo los mantenimientos de los neumáticos si no también los mantenimientos de máquinas, equipos y herramientas.

De igual forma a continuación, se presentará en la tabla 17 el programa de gestión de mantenimiento para un mes de trabajo considerando 30 días de trabajo y considerando que se trabaja continuamente debido a la rotación de operarios debido al régimen minero sobre el cual se trabaja.

**Tabla 18 Programa de Gestión de Mantenimiento**

Mantenimientos	Días																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Mantenimiento preventivo de neumáticos (unidades)	10	9	9	9	10	9	9	10	9	10	9	9	9	9	10	9	10	9	9	10	9	9	10	9	10	9	9	9	9	10
Mantenimiento correctivo de neumáticos (unidades)	18	18	20	18	18	20	18	18	20	18	18	20	18	18	18	20	18	20	18	18	20	18	18	20	18	18	20	18	20	18
Mantenimiento según lineamientos 5'S																														
Mantenimiento de maquinaria																														
Mantenimiento de equipos																														

**Nota:** Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 17, se ha desarrollado el programa de gestión de mantenimiento de forma mensual, considerando el mantenimiento de los neumáticos, máquinas, equipos, herramientas e infraestructura según los lineamientos 5's. En el caso de los neumáticos, se están considerando la cantidad de neumáticos que deberán pasar mantenimiento de forma diaria para cumplir con el objetivo mensual, considerando la nueva capacidad de planta. Con ello, se concretarían los objetivos de la gestión de mantenimiento.

Considerar que el mantenimiento preventivo y correctivo de neumáticos incluye los neumáticos de los modelos 12R22.5 y 425/65R22.5. En cuanto al mantenimiento de maquinaria se incluye el mantenimiento de los dos patos mecánicos que posee la empresa y, en cuanto a los equipos, se incluye el mantenimiento del escariador, raspador, extrusora y esmeril regular, asiento de talón de neumático de camión sin cámara, balanceadora de neumáticos y compresora de aire.

#### 4.1.4. Etapa 04: Plan de Mejoras

Como parte de la cuarta y última etapa, se presentará el plan de mejoras y para su correspondiente implementación, para lo cual se calendarizarán las actividades que deben desarrollarse para concretar exitosamente el plan de mejoras. Para ello se presenta a continuación, el cronograma del plan de mejoras para su posterior implementación:

**Tabla 19** Plan de Mejoras

Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Sensibilización sobre gestión de mantenimiento	■																			
Contratación del Jefe de Mantenimiento		■																		
Ejecución del Plan de Entretamiento de Lean Maintenance			■																	
Implementación de 5'S				■	■															
Aplicación de mejoras enfocadas al subproceso de reparación						■	■													
Capacitación e implementación de mantenimiento autónomo								■												
Capacitación e implementación de mantenimiento planificado									■											
Capacitación e implementación de mantenimiento de calidad										■										
Capacitación e implementación de prevención de mantenimiento											■									
Aplicación de mejoras en áreas administrativas y de apoyo												■								
Aplicación de formación y adiestramiento													■							
Aplicación de gestión de seguridad y entorno														■						
Aplicación de Poka Yoke															■					
Inspección y conformidad de mejoras implementadas																■				
Seguimiento de las mejoras implementadas y acciones correctivas																	■	■	■	■

**Nota:** Elaboración propia.

De acuerdo a lo descrito en el plan de mejoras presentado en la tabla 18, se observa que la implementación de todas las mejoras planteadas tendrá una duración de 04 meses, considerando 01 mes adicional para realizar seguimiento de las mejoras que fueron implementadas, así como de las acciones correctivas requeridas en caso no se obtuvieran los resultados esperados.

#### 4.2. Requisitos para Implementación

##### 4.2.1. Mano de Obra

En cuanto a la mano de obra, se contará con los 08 operarios que la empresa actualmente posee, además del Jefe de Taller; sin embargo, dado que se están implementando 03 nuevas

estaciones de trabajo para el subproceso de mantenimiento, se va a requerir la contratación de 06 operarios, quienes trabajaran en pares durante el desarrollo de sus actividades.

Cabe resaltar que para la contratación se está considerando el actual perfil que la empresa maneja, únicamente será requerido realizar el requerimiento de personal al área de recursos humanos, contando los nuevos operarios con todos los beneficios sociales que por ley les corresponden, para ello se considerará un sueldo básico de S/.1500.00, más dos gratificaciones anuales, más dos CTS y el pago del seguro del ESSALUD del 9% según lo estipulado en la Ley de la Productividad y la Competitividad Laboral.

Así mismo, gracias a la experiencia de los 08 operarios con los que ya cuenta la empresa, se prevé que la implementación de las mejoras se cumplirá según el cronograma desarrollado, dado que ya conocen cómo se lleva a cabo el proceso productivo y de mantenimiento.

#### **4.2.2. Herramientas, Equipos y Materiales**

Sobre las herramientas, equipos y materiales que se van a requerir, se detalla a continuación la lista de compras que se van a necesitar para llevar a cabo la implementación de las mejoras propuestas, los precios se detallarán en el apartado 4.2.3. Inversión. En cuanto a los equipos, se está contemplando la compra del escariador y del raspador, ya que el mismo permitirá que se pueda incrementar la capacidad de la actividad de reparación, así como los carros portaherramientas ya que cada estación requiere de uno para trabajar de forma independiente, siendo tres las estaciones adicionales las que requieren dichos equipos.

En cuanto a la nivelación del piso, esta es necesaria para que así los camiones puedan transitar por un camino regular, sin tener que golpear los neumáticos; así, estos sufrirán un menor daño a lo largo de su vida útil. Adicionalmente, se contempla la compra de señaléticas, plumones, EPP's, tarjetas, lapiceros, papel, escobas, recogedores y bolsas de basura, debido a que al implementar la metodología Lean nos sólo se está implementando una metodología, sino que también se está implementando una nueva cultura dentro de la empresa, tal como lo hacen en países de primer mundo, siendo necesario que todos los trabajadores se involucren ya sea través de actividades de orden, clasificación, limpieza, controlar y supervisar. En la actualidad estos implementos son limitados y de hecho, la limpieza y el orden no ha sido una tarea de todos, pero al involucrar a todo el personal, se logrará implementar la cultura Lean desde pequeñas actividades,

hasta lograr eliminar todos los desperdicios Lean que se han venido mencionando a lo largo de la investigación.

*Tabla 20 Lista de herramientas, equipos y materiales*

<b>Ítem</b>
Señaléticas
Nivelación de piso
Plumones POSCA
EPP's
Tarjetas Seiton
Archivadores
Papelería
Lapiceros
Paños de limpieza
Escoba
Recogedor
Bolsas de basura
Escariador
Raspador

*Nota:* Elaboración propia.

#### 4.2.3. Inversión

Como parte de la inversión, se detallarán los costos de:

- a) Mano de obra,
- b) Herramientas,
- c) Equipos,
- d) Materiales,

Siendo estos materiales necesarios para la implementación de las mejoras descritas, con la finalidad de evaluar en el apartado 4.6. Análisis Económico, si es factible llevar a cabo la implementación de las mejoras de acuerdo con el beneficio obtenido.

*Tabla 21 Inversión*

Ítem	Precio Unitario	Unidades	Total
<b>Inversión para ampliación de capacidad de planta</b>			
Sueldo 6 operarios	S/1,500.00	6 operarios x 12 meses	S/108,000.00
CTS 6 operarios	S/750.00	2 CTS x 6 operarios	S/9,000.00
Gratificaciones 6 operarios	S/1,500.00	2 gratificaciones x 6 operarios	S/18,000.00
ESSALUD 6 operarios	S/135.00	ESSALUD sujeto a 12 sueldos + 2 gratificaciones + 2 CTS al 9%	S/12,150.00
Carro portaherramientas	S/899.00	2	S/1,798.00
Escariador	S/1,031.20	3	S/3,093.60
Raspador	S/2,319.60	3	S/6,958.80
			<b>Subtotal S/159,000.40</b>
<b>Aplicación de Mejoras Lean</b>			
Señaléticas	S/9.90	50	S/495.00
Nivelación de piso	S/1,800.00	1	S/1,800.00
Plumones POSCA	S/9.50	18	S/171.00
EPP's	S/220.05	14	S/3,080.70
Tarjetas Seiton	S/5.00	100	S/500.00
Archivadores	S/6.10	20	S/122.00
Papelería	S/22.90	5	S/114.50
Lapiceros	S/1.00	50	S/50.00
Paños de limpieza	S/13.90	20	S/278.00
Escoba	S/18.50	5	S/92.50
Recogedor	S/9.70	5	S/48.50
Bolsas de basura	S/25.00	10	S/250.00
Software Fractall One	S/23,280.00	1	S/23,280.00
			<b>Subtotal S/30,282.20</b>
			<b>Total S/189,282.60</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Se ha determinado como parte de la inversión que se requerirá desembolsar S/.189,282.60 para llevar a cabo la implementación de la mejora desarrollada.

### 4.3. Resultados del sistema actual vs el diseño

#### 4.3.1. Indicadores del Sistema Actual

Como parte del análisis de indicadores del sistema actual, se analizará la productividad de los trabajos preventivos y los trabajos correctivos, para lo cual se analizarán las unidades que ingresaron al proceso de mantenimiento y las unidades que salieron de dicho proceso.

En el caso del sistema actual, sobre los trabajos preventivos ingresan mensualmente un promedio de 280 unidades; sin embargo, al final del período sólo 246 se reparan debido a las colas

existentes en el proceso, así como por la falta de recursos para atender todos los neumáticos. Se presenta a continuación el ratio de productividad de los trabajos preventivos:

*Productividad Trabajo Preventivo*

$$= \frac{\text{Neumáticos que ingresan al proceso preventivo}}{\text{Neumáticos que salen del proceso preventivo}} * 100\%$$

$$\text{Productividad Trabajo Preventivo} = \frac{246}{280} * 100\% = 87.86\%$$

De igual forma para el caso del sistema actual, el trabajo correctivo tiene en promedio 560 ingresos de neumáticos mensuales; sin embargo, de igual forma que en los trabajos preventivos, por la falta de recursos no es factible que todos puedan pasar por el mantenimiento respectivo, por lo que sólo un porcentaje pasan por el mantenimiento requerido. Se presenta a continuación el ratio de productividad de los trabajos correctivos:

*Productividad Trabajo Correctivo*

$$= \frac{\text{Neumáticos que ingresan al proceso correctivo}}{\text{Neumáticos que salen del proceso correctivo}} * 100\%$$

$$\text{Productividad Trabajo Correctivo} = \frac{495}{560} * 100\% = 88.39\%$$

Así mismo, de acuerdo a las variables de la investigación se calculará el indicador takt, que determina el ritmo del mantenimiento de los neumáticos, para lo cual se aplicará la siguiente fórmula, considerando que se laboran 12 horas diarias por los 30 días del mes debido a que siempre se destaca personal a mina para no detener las operaciones. Así mismo, se considera una demanda de 741 unidades dado que es la capacidad de planta actual. Reemplazando la fórmula se obtiene:

$$\text{Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$$

$$\text{Takt} = \frac{(12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}} * 30 \text{ días})}{741 \text{ unidades}}$$

$$\text{Takt} = 29.15 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Por tanto, como se observa en el indicador takt el ritmo de producción es de 29.15 minutos por cada unidad a la que se le realizó el mantenimiento respectivo. En cuanto al tiempo sin valor agregado, se han considerado todos los tiempos de espera que resultaron de la simulación del sistema, teniendo un tiempo total de 3076.75 minutos considerando los valores obtenidos de la figura 6.

Respecto a los neumáticos a los cuales no se les puede aplicar mantenimiento al cierre mes en el sistema actual, 34 unidades no pasan por su respectivo mantenimiento preventivo y 65 unidades no pasan por su respectivo mantenimiento correctivo. Sobre los km no recorridos, en promedio de acuerdo con los datos obtenidos de la empresa, 379 neumáticos 12R22.5 no logran alcanzar el rendimiento esperando, dejando de recorrer en promedio 9652 km, y en el caso de los neumáticos 425/65R22.5, una cantidad de 767 neumáticos dejan de recorrer 5679 km.

#### 4.3.2. Indicadores del Sistema Diseñado

En cuanto al sistema diseñado como parte de la propuesta de mejora y dado el incremento de estaciones de trabajo para el subproceso de mantenimiento, se prevé un incremento de las unidades reparadas y por lo tanto de la productividad global.

Se evidenció a través de la simulación del sistema actual la veracidad de los datos arrojados por el Software Arena 14.0 al calzar los datos obtenidos con la situación real de la empresa; es por ello que, de igual forma se procedió a simular el sistema diseñado bajo la propuesta de mejora con las 03 estaciones de trabajo adicionales para el subproceso de mantenimiento, obteniendo un incremento de la productividad.

En el caso de los trabajos preventivos, se logró incrementar la cantidad de unidades reparadas a 273 de 280, quedando únicamente 7 unidades sin reparar; sin embargo, se prevé que conforme la experiencia de los operarios incrementa, puedan trabajar a un ritmo más rápido y se logre concretar en un menor tiempo el proceso de mantenimiento de neumáticos. Se evidencia el incremento de la productividad de los trabajos preventivos como se indica a continuación:

##### *Productividad Trabajo Preventivo*

$$= \frac{\text{Neumáticos que ingresan al proceso preventivo}}{\text{Neumáticos que salen del proceso preventivo}} * 100\%$$

$$\text{Productividad Trabajo Preventivo} = \frac{273}{280} * 100\% = 97.50\%$$

De igual forma, los trabajos correctivos también han logrado incrementar sustancialmente, dado que, de 560 neumáticos ingresantes, se lograrían reparar 555 neumáticos, denotando también un incremento de la productividad en los trabajos correctivos como se detalla:

*Productividad Trabajo Correctivo*

$$= \frac{\text{Neumáticos que ingresan al proceso correctivo}}{\text{Neumáticos que salen del proceso correctivo}} * 100\%$$

$$\text{Productividad Trabajo Correctivo} = \frac{555}{560} * 100\% = 99.11\%$$

Así mismo, de acuerdo con las variables de la investigación se calculará el indicador takt para el sistema propuesto, calculando el ritmo del mantenimiento de los neumáticos, para lo cual se aplicará la siguiente fórmula, considerando que se laboran 12 horas diarias por los 30 días del mes debido a que siempre se destaca personal a mina para no detener las operaciones. Así mismo, se considera una demanda de 828 unidades dado que es la capacidad de planta actual. Reemplazando la fórmula se obtiene:

$$\text{Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$$

$$\text{Takt} = \frac{(12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}} * 30 \text{ días})}{828 \text{ unidades}}$$

$$\text{Takt} = 26.09 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Por tanto, como se observa en el indicador takt el ritmo de producción es de 26.09 minutos por cada unidad a la que se le realizó el mantenimiento respectivo, se observa una mejora de 3.06 minutos respecto al indicador obtenido en la situación actual. En cuanto al tiempo sin valor agregado, se han considerado todos los tiempos de espera que resultaron de la simulación del sistema, teniendo un tiempo total de 841.48 minutos considerando los valores obtenidos.

Respecto a los neumáticos a los cuales no se les puede aplicar mantenimiento al cierre mes en el sistema diseñado, 7 unidades no pasarían por su respectivo mantenimiento preventivo y 5

unidades no pasan por su respectivo mantenimiento correctivo. Sobre los km no recorridos, en promedio de acuerdo a los datos obtenidos de la empresa, 84 neumáticos 12R22.5 no logran alcanzar el rendimiento esperando, dejando de recorrer en promedio 9652 km, y en el caso de los neumáticos 425/65R22.5, una cantidad de 60 neumáticos dejan de recorrer 5679 km, estos datos considerando la cantidad mensual de neumáticos que no culminan de recibir el mantenimiento a que no se logra alcanzar la capacidad de planta ideal, para lo cual se requiere capacitar al personal de forma que a través de su experiencia logren alcanzar un mejor ritmo de trabajo.

#### 4.3.3. Análisis de Indicadores

Analizando los indicadores de productividad de los trabajos preventivo y correctivo, se puede evidenciar un incremento de la productividad como se indica a continuación:

$$\Delta \text{Productividad} = \text{Productividad propuesta} - \text{Productividad actual}$$

En cuanto al incremento de la productividad para los trabajos preventivos se evidencia un incremento de la productividad en un 9.64% como se describe a continuación:

$$\Delta \text{Productividad trabajos preventivos} = 97.50 \% - 87.86\%$$

$$\Delta \text{Productividad trabajos preventivos} = 9.64\%$$

Así mismo, en cuanto al incremento de la productividad de los trabajos correctivos se evidencia un incremento de la productividad en 10.72% como se indica:

$$\Delta \text{Productividad trabajos correctivos} = 99.11 \% - 88.39\%$$

$$\Delta \text{Productividad trabajos correctivos} = 10.72\%$$

En promedio la productividad global sería el promedio de la productividad tanto de los trabajos correctivos como de los trabajos preventivos como se indica a continuación:

$$\Delta \text{Promedio de la Productividad Global} = \frac{10.72\% + 9.64\%}{2}$$

$$\Delta \text{Promedio de la Productividad Global} = 10.18\%$$

En cuanto al tiempo takt, se observa una mejora de 3.06 minutos por unidad tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\Delta Takt = Takt actual - Takt propuesto$$

$$\Delta Takt = 29.15 - 26.09$$

$$\Delta Takt = 3.06$$

Respecto al tiempo sin valor agregado, se observa una diferencia de 2235.27 minutos tal como se demuestra a continuación:

$$\Delta \text{Tiempo sin valor agregado} = \text{Valor actual} - \text{Valor propuesto}$$

$$\Delta \text{Tiempo sin valor agregado} = 3076.75 - 841.48$$

$$\Delta \text{Tiempo sin valor agregado} = 2235.279 \text{ minutos}$$

En cuanto a las unidades que no se logran reparar, se observa una mejora de 27 unidades en los mantenimientos preventivos y 55 unidades en los mantenimientos correctivos como se detalla en los cálculos mostrados:

$$\Delta \text{Mantto Preventivo} = \text{Unidades actual} - \text{Unidades propuesto}$$

$$\Delta \text{Mantto Preventivo} = 34 - 7$$

$$\Delta \text{Mantto Preventivo} = 27 \text{ unidades}$$

$$\Delta \text{Mantto Correctivo} = \text{Unidades actual} - \text{Unidades propuesto}$$

$$\Delta \text{Mantto Correctivo} = 60 - 5$$

$$\Delta \text{Mantto Correctivo} = 55 \text{ unidades}$$

Finalmente, en cuanto a los km no recorridos,

$$\Delta \text{ km no recorridos } 12R22.5 = (\text{Uni. actual} - \text{Uni. propuesto}) * \text{ km promedio}$$

$$\Delta \text{ km no recorridos } 12R22.5 = (379 - 84) * 9652$$

$$\Delta \text{ km no recorridos } 12R22.5 = 2,847,340 \text{ km}$$

$$\Delta \text{ km no recorridos } 425/65R22.5 = (767 - 60) * 5679$$

$$\Delta \text{ km no recorridos } 425/65R22.5 = 4,015,053 \text{ km}$$

Además de evidenciar una mejora en los indicadores mostrados, se prevén otros resultados favorecedores para la empresa, dado que el cliente quedará satisfecho con los trabajos realizados y con el rendimiento de los camiones en carretera a través del incremento del rendimiento de los neumáticos; adicionalmente, esta mejora supondrá un ahorro para la empresa, ya que al dar mantenimiento a todos los neumáticos de sus flotas estos podrán rendir un mayor kilometraje, suponiendo un ahorro de dinero para la empresa, apoyando al incremento de la rentabilidad de la misma.

#### **4.4. Estimación del aumento del rendimiento de neumáticos**

Para la estimación del aumento del rendimiento de los neumáticos con los que se trabaja en el Taller de Morocaquí, se analizarán los dos tipos de neumáticos utilizados. El primero tipo de neumático de la línea Michelin es el 12R22.5, con un rendimiento sugerido por parte de Michelin de 52500 km; el segundo tipo de neumático que se utiliza en las operaciones también de la línea Michelin es el 425/65R22.5, con un rendimiento sugerido por parte de Michelin de 22500 km. Cabe resaltar que la sugerencia de Michelin en cuanto al rendimiento sugerido es una estimación realizada como productores considerando los cuidados necesarios a los neumáticos; sin embargo, en el caso de los neumáticos 12R22.5 se ha identificado un rendimiento de hasta 55000 km y en el caso de los neumáticos 425/65R22.5 se ha identificado un rendimiento de hasta 30000 km; empero, se tomarán como referencia los valores dados por el fabricante Michelin.

En cuanto al rendimiento de los neumáticos 12R22.5, se observa en la tabla 21 que ha habido un incremento del rendimiento de los neumáticos en los años 2018, 2019 y 2020; sin embargo, se estima que este incremento se ha debido a que con el paso de los años se han ido comprando más neumáticos, lo que ha permitido su mayor rotación y menor desgaste. Tomando como referencia el año 2020, se esperaba un rendimiento de 52500 km, no logrando alcanzar el kilometraje estimado por una diferencia de 9652 por cada neumático, lo que es un dato alarmante; sin embargo, dados los cuidados que se han determinado a través de la propuesta de mejora, se espera lograr el incremento del rendimiento de los neumáticos 12R22.5 a un kilometraje de 52500.

**Tabla 22** Incremento del rendimiento 12R22.5

12R22.5	Incremento del rendimiento km
2018	17438
2019	15202
2020	9652

*Nota:* Elaboración propia.

Sobre los neumáticos 425/65R22.5 se observa en la tabla 22 una tendencia similar a lo descrito anteriormente; sin embargo, este tipo de neumáticos tienen una menor duración, esperando un rendimiento por neumático de 22500 km, tomando como referencia el año 2020, cada neumático tuvo un menor rendimiento con una diferencia de 5679 km sobre la meta; por lo que, de igual forma debido a las mejoras implementadas, se espera alcanzar un rendimiento de 22500 km como mínimo de acuerdo a los datos dados por el fabricante Michelin.

**Tabla 23** Incremento del rendimiento 425/65R22.5

425/65R22.5	Incremento del rendimiento km
2018	8729
2019	6428
2020	5679

*Nota:* Elaboración propia.

## 4.5. Análisis Económico

### 4.5.1. Beneficios de la Propuesta de Mejora

Como parte de los beneficios de la propuesta de mejora, se calculará en base al año 2020 el ahorro como parte de llegar al kilometraje recomendado por el fabricante, lo cual permitirá que los neumáticos sean rotados a un mayor tiempo, permitiendo tener un ahorro en cuanto a las compras, para ello se muestra el ahorro producto de alcanzar el kilometraje del fabricante:

Como punto de partida, se muestra el precio de cada uno de los neumáticos en la tabla 23:

**Tabla 24 Precios de neumáticos**

	<b>Precio \$</b>	<b>Precio S/.</b>
<b>12R22.5</b>	\$810.00	S/ 3,110.40
<b>425/65R22.5</b>	\$711.90	S/ 2,733.70

*Nota:* Elaboración propia. Cambio del dólar cotizado al 06 de febrero de 2022.

Se puede observar en la tabla 23 que a la tasa de cambio consultada el 06 de febrero de 2022, el precio del neumático 12R22.5 es de S/3,110.40 y el precio del neumático 425/65R22.5 es de S/2,733.70. Con la referencia de estos valores, se calculará el ahorro que se podría obtener tomando como referencia el desempeño del año 2020.

**Tabla 25 Ahorro por neumáticos**

	<b>Precio S/.</b>	<b>Km no recorridos</b>	<b>Neumáticos</b>	<b>Ahorro</b>
<b>12R22.5</b>	S/ 3,110.40	9652	379	S/ 216,718.24
<b>425/65R22.5</b>	S/ 2,733.70	5679	767	S/ 529,186.65
<b>Total Ahorro</b>				<b>S/ 745,904.89</b>

*Nota:* Elaboración propia.

En cuanto al ahorro por alcanzar como la tabla 24 la meta de los 52500 km en el caso de los neumáticos 12R22.5 y la meta de los 22500 km en el caso de los neumáticos 425/65R22.5, se prevé un ahorro anual de S/. 745,904.89. Para ello, primero se calculó el precio de cada neumático en soles, que es la moneda nacional, y sobre ello se dividió el precio entre los km meta de recorrido, a este indicador se le multiplicaron los km no recorridos, así como la cantidad de neumáticos que se tuvieron en el año 2020, obteniendo el ahorro de S/. 216,718.24 para los neumáticos 12R22.5 y un ahorro de S/. 529,186.65 para los neumáticos 425/65R22.5.

#### 4.5.2. Costos de la Propuesta de Mejora

Dada la implementación de las mejoras señaladas, se requerirán una serie de inversiones para la puesta en marcha del proyecto tal como se describió en el punto 4.2.3. Inversión,

requiriéndose una inversión ascendiente a S/.182,323.80. Como parte de la inversión requerida para la implementación de las mejoras detalladas, se ha considerado la contratación de 06 operarios adicionales, 03 escariadores y todos los artículos y herramientas necesarios para implementar las mejoras 5's, TPM y Poka Yoke.

#### 4.5.3. Análisis del Indicador B/C

Para el cálculo del indicador beneficio – costo, se procederá a dividir los beneficios calculados entre los costos de la implementación del proyecto, para ello se obtendrá entonces el ratio B/C:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio/ Costo} &= \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} \\ \text{Beneficio/ Costo} &= \frac{S/. 745,904.89}{S/ 189,282.60} \\ \text{Beneficio/ Costo} &= 3.94 \end{aligned}$$

En cuanto al indicador B/C, se obtuvo un ratio de 3.94, lo que indica que por cada sol invertido se obtendrá un retorno de S/.3.94, lo que evidencia la rentabilidad de la propuesta de mejora y por ello se sugiere llevar a cabo la implementación de la mejora.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA.-** Se desarrolló un programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance para la mejora del rendimiento de los neumáticos de la empresa Neuma Perú S.A.C., logrando un incremento de la capacidad de mantenimiento de neumáticos, de forma que todos los neumáticos puedan pasar el mantenimiento respectivo. Se logró incrementar la productividad en un 10.18% en promedio sobre los mantenimientos preventivos y correctivos.

**SEGUNDA.-** Posterior al diagnóstico situacional se identificó que el rendimiento de neumáticos del último período analizado se encuentra por debajo del estándar de Michelin, teniendo los neumáticos 12R22.5 un rendimiento promedio de 42,848 km y para los neumáticos 425/65R22.5 se identificó un rendimiento de 16,821 km, siendo el principal motivo la falta de mantenimiento de los neumáticos al no contar con la capacidad de atención en el proceso de reparación.

**TERCERA.-** Para la aplicación de las propuestas de mejora se requiere implementar el programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance en cuatro etapas: Entrenamiento, Lean Maintenance, Programa de Gestión de Mantenimiento y Plan de Mejoras, considerando la primera etapa para la concientización y capacitación de personal, la segunda etapa de aplicación de mejoras Lean Maintenance, la tercera etapa en cuanto a las actividades del programa de gestión de mantenimiento y la cuarta etapa respecto al candelario de actividades para la implementación de las mejoras.

**CUARTA.-** Se elaboró un programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance, considerando las herramientas 5'S, Mantenimiento Productivo Total y Poka Yoke, con lo cual se espera incrementar el rendimiento de los neumáticos a la media de acuerdo a los estándares de los neumáticos Michelin.

**QUINTA.-** Se cuantificó que los rendimientos de los neumáticos 12R22.5 incrementarían a 52,500 km y en el caso de los neumáticos 425/65R22.5 se incrementaría el rendimiento a 22,500 km según los estándares de los neumáticos Michelin, esto debido al incremento de capacidad de atención al mantenimiento de neumáticos, extendiendo su vida útil.

**SEXTA.-** A través de la aplicación de la propuesta de mejora, se espera un incremento de la productividad de los mantenimientos preventivos en un 9.64% y en los mantenimientos correctivos en un 10.72%, gracias al incremento de la capacidad de planta, generando un beneficio costo de 3.94 lo que indica que por cada sol invertido, la empresa recuperará S/3.94.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.-** Implementar el programa de gestión de mantenimiento basado en Lean Maintenance en la empresa Neuma Perú S.A.C. dado los resultados obtenidos, puesto que además de lograr incrementar el rendimiento de los neumáticos, se generará un ahorro al incurrir en una menor compra de neumáticos.

**SEGUNDA.-** La implementación de Lean Maintenance debe darse respetando las cuatro etapas debido a que su aplicación fue realizada en ese orden, de esta forma se asegurarán los resultados obtenidos.

**TERCERA.-** Para seguir un orden en cuanto a las actividades más importantes de Lean Maintenance se plantea implementar primero las herramientas 5'S, posterior a ello la herramienta de Mantenimiento Productivo Total y finalmente la herramienta Poka Yoke, esto debido a que algunas actividades son más urgentes que otras para visualizar mejoras en el corto plazo.

**CUARTA.-** Se deberá realizar un seguimiento mensual del rendimiento de los neumáticos y de igual forma realizar un conglomerado de datos de forma anual, de forma que permitan analizar el cumplimiento de la meta trazada. En caso de no cumplir con la meta trazada, se sugiere desarrollar una auditoría para evaluar el motivo del no cumplimiento de metas.

**QUINTA.-** Para continuar incrementando el rendimiento de los neumáticos, se sugiere supervisar las rutas que los camiones toman y verificar si éstas puedan optimizarse, de forma que se tomen autopistas que dañen menos los neumáticos.

**SEXTA.-** En cuanto a la inversión requerida para la implementación de la mejora, es necesario no disminuir la contratación de los seis operarios sugeridos, puesto que su desempeño es primordial para que se logre alcanzar la capacidad de planta estimada; así mismo, dado que posterior a la inversión analizada aún no se obtiene un beneficio, se sugiere realizar un seguimiento continuo los gastos de la misma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A&M Cars. (2023). Las mejores marcas de Llantas. Obtenido de <https://aymcars.pe/las-mejores-marcas-de-llantas/>
- Aucasime , P., & Tremolada, S. (2020). Modelo de eliminación de desperdicios basado en Lean Manufacturing y Lean Maintenance para el incremento de la eficiencia en la industria manufacturera. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ávila , R., & Gamarra, A. (2020). Modelo operacional Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia en las empresas del sector metalmecánico. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Center for collective learning. (2021). Neumático de Goma en Perú. Obtenido de [https://oec.world/es/profile/bilateral-product/rubber-tires/reporter/per#:~:text=Balanza%20Comercial&text=1%2C94M\).- ,En%202021%2C%20Perú%20importó%20%24539M%20en%20Neumáticos%20de%20goma,B rasil%20\(%2419%2C7M\).](https://oec.world/es/profile/bilateral-product/rubber-tires/reporter/per#:~:text=Balanza%20Comercial&text=1%2C94M).- ,En%202021%2C%20Perú%20importó%20%24539M%20en%20Neumáticos%20de%20goma,B rasil%20(%2419%2C7M).)
- Circula Seguro. (14 de Marzo de 2020). Tu publicación sobre seguridad vial. Obtenido de <https://www.circulaseguro.com/que-es-el-neumatico/>
- Diario El Peruano. (Enero de 2022). Sectores minero y agroexportador impulsarán la economía el 2022. Lima, Perú. Obtenido de <https://elperuano.pe/noticia/137299-sectores-minero-y-agroexportador-impulsaran-la-economia-el-2022>
- Díaz, B. (2018). Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la Empresa emcosac, elaboración, ejecución y mantenimiento S.A.C., 2018. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- EMR. (2023). Mercado Global de Neumáticos. Obtenido de <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-neumaticos#:~:text=El%20mercado%20global%20de%20neumáticos,13%20mil%20millones%20en%202028.>
- EMR. (2023). Mercado Global de Rodamientos Automotrices | Tamaño de la Industria, Participación, Crecimiento, Informe, Análisis 2023-2028. Obtenido de <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-neumaticos-en-peru>
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación. Madrid: Escuela de Organización Industrial.

- Herrera, M., & Duany, Y. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba.
- Madariaga, F. (2020). Lean Manufacturing. Exposición Adaptada a la Fabricación Repetitiva de Famias de Productos Mediante Procesos Discretos. Creative Commons.
- Michelin. (2008). Manual de Servicio para llanta de camión MICHELIN® X One. Obtenido de [https://www.renollan8w.com/wp-content/uploads/2018/07/Manual\\_servicio\\_XONE.pdf](https://www.renollan8w.com/wp-content/uploads/2018/07/Manual_servicio_XONE.pdf)
- Neuma Perú. (2023). Servicios OTR. Obtenido de <https://neumaperu.com.pe/es/servicios/otr/reencauche-otr>
- Paredes, F. (2005). Lean Maintenance. Un nuevo enfoque para optimizar el mantenimiento. LM Center.
- Reencauchadora Yasani. (14 de Marzo de 2020). Reencauchadora Yasani. Obtenido de <https://www.reencauchadora-yasani.com/reencauche-de-llantas/>
- Rodríguez, M. (12 de Marzo de 2020). Léxico de la Minería. Obtenido de [sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Human/rodriguez\\_sm/cap3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Human/rodriguez_sm/cap3.pdf)
- Superintendencia del Mercado de Valores. (2017). Determinación del precio mínimo a ser tomado en cuenta por Compañía Goodyear del Perú S.A. en la oferta pública de compra sobre sus acciones de inversión emitidas. Obtenido de <https://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Informe%202%20Valorización%20AI.pdf>
- Goodyear. (s. f.). Tipos de neumáticos. Kilómetros que cuentan. Recuperado de <https://kilometrosquecuentan.goodyear.eu/tipos-de-neumaticos/>
- Hernández, J., & Matías, V. (2013). Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean Maintenance Roadmap. Procedia Manufacturing, 2, 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Marín-García, J. A., & Martínez, R. M. (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. Intangible Capital, 9(3), 823-853.
- Smith, R., What is Lean maintenance? Elements that need to be in place for success, Maintenance Technology. (2004) 15-21.

Villaseñor Contreras, A., & Galindo Cota, E. (2009). Manual de Lean Manufacturing: guía básica.  
México: LIMUSA.

Womack, J, & Jones, D, Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation. second ed.,  
Free Press, Simon & Schuster Inc, New York, 2003.





# ANEXOS

**Anexo 1.** Tiempos productivos del proceso actual

<b>Trabajo</b>	<b>Alineamiento</b>	<b>Cambio</b>	<b>Rotación</b>	<b>Inversión</b>	<b>Reparación</b>
OT 1	19	28	42	37	63
OT 2	20	31	42	42	69
OT 3	15	26	41	34	69
OT 4	16	31	38	35	68
OT 5	15	32	33	39	74
OT 6	15	30	41	33	71
OT 7	19	27	42	40	63
OT 8	17	32	35	41	75
OT 9	15	26	40	42	75
OT 10	20	31	33	42	77
OT 11	19	25	37	33	66
OT 12	16	25	35	39	74
OT 13	16	27	38	40	68
OT 14	19	33	41	40	65
OT 15	15	28	34	37	76
OT 16	18	33	33	38	76
OT 17	19	26	36	43	63
OT 18	19	33	37	44	74
OT 19	19	34	33	40	70
OT 20	16	30	42	42	73
OT 21	15	25	34	40	77
OT 22	19	28	39	35	69
OT 23	17	34	33	35	65
OT 24	17	28	35	39	70
OT 25	15	28	37	41	66
OT 26	18	34	36	33	69
OT 27	16	32	40	33	76

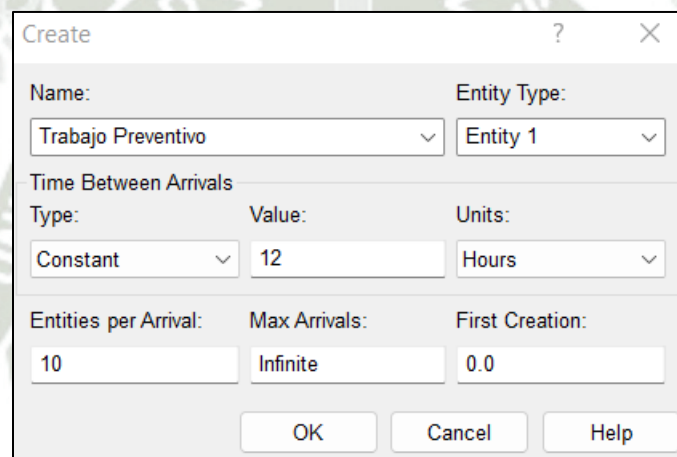
OT 28	20	31	40	43	65
OT 29	17	33	39	44	64
OT 30	15	29	38	44	69
<b>Promedio</b>	<b>17.20</b>	<b>29.67</b>	<b>37.47</b>	<b>38.93</b>	<b>69.97</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1.80</b>	<b>2.94</b>	<b>3.12</b>	<b>3.57</b>	<b>4.53</b>



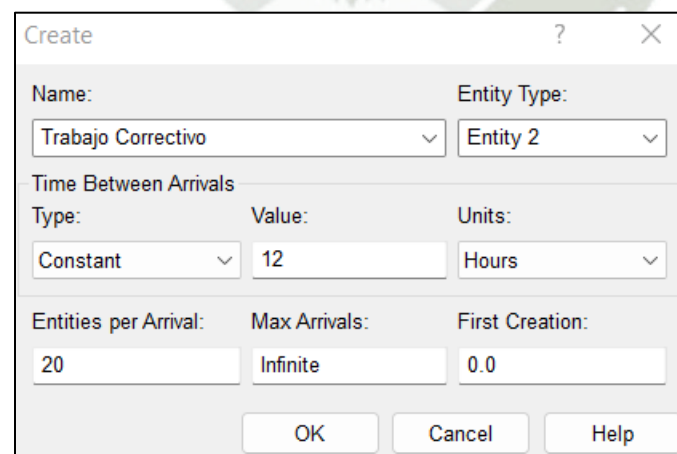
## Anexo 2. Programación de Sistema Actual en Arena

Como parte del Anexo 2, se presenta a continuación la programación realizada en el programa Arena 14.0 para la simulación del sistema actual del trabajo de la empresa Neuma Perú Contratistas Generales S.A.C., para lo cual a continuación se dará a conocer el paso a paso de la programación.

Primero, se crean los elementos de input, para lo cual se considerarán dos elementos de ingreso, siendo estos los trabajos preventivos y los trabajos correctivos. En cuanto al trabajo preventivo, ingresarán 10 unidades cada 12 horas, puesto que es el horario de trabajo de la empresa. Así mismo, en cuanto al trabajo correctivo ingresarán 20 unidades cada 12 horas, considerando también el horario de trabajo.

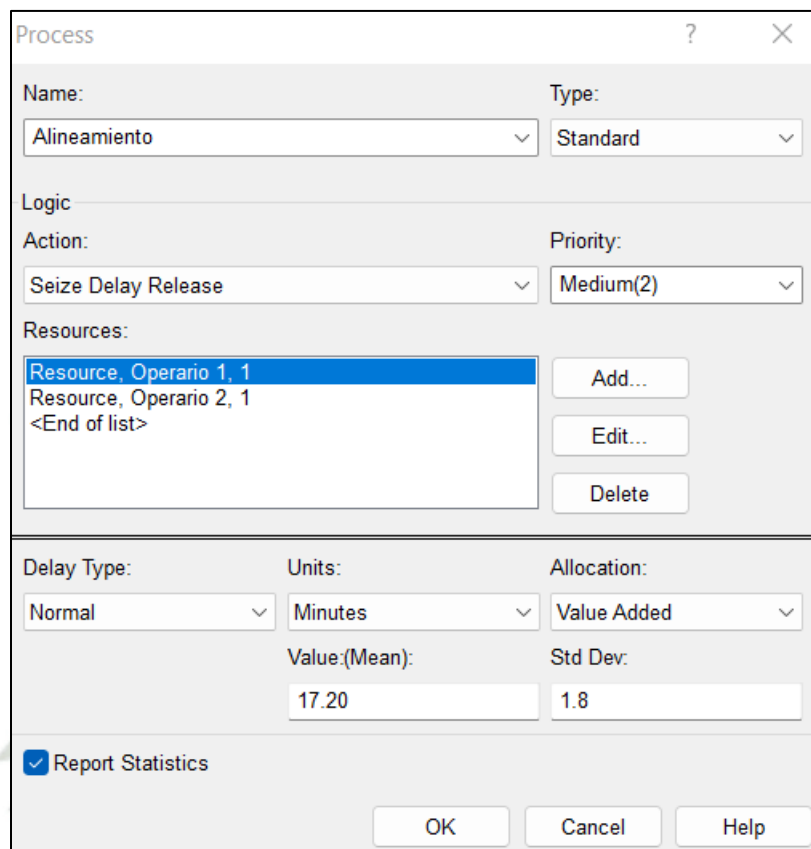


The screenshot shows the 'Create' dialog box in Arena 14.0. The 'Name' field is set to 'Trabajo Preventivo' and the 'Entity Type' is 'Entity 1'. Under 'Time Between Arrivals', the 'Type' is 'Constant', the 'Value' is '12', and the 'Units' are 'Hours'. The 'Entities per Arrival' is '10', 'Max Arrivals' is 'Infinite', and 'First Creation' is '0.0'. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.



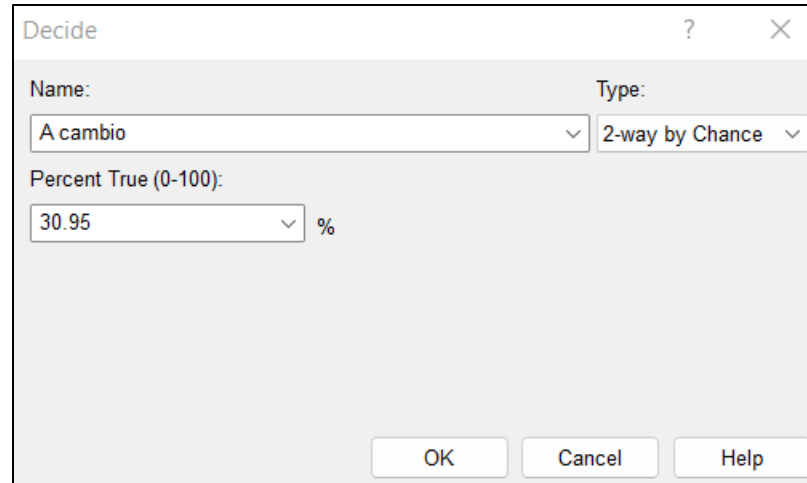
The screenshot shows the 'Create' dialog box in Arena 14.0. The 'Name' field is set to 'Trabajo Correctivo' and the 'Entity Type' is 'Entity 2'. Under 'Time Between Arrivals', the 'Type' is 'Constant', the 'Value' is '12', and the 'Units' are 'Hours'. The 'Entities per Arrival' is '20', 'Max Arrivals' is 'Infinite', and 'First Creation' is '0.0'. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Luego, como sólo los neumáticos que pasan por un proceso preventivo pasan por alineamiento, se procede a programar dicha actividad, considerando un tiempo NORMAL (17.20, 1.8) minutos, a cargo de dos operarios.



Process		
Name:	Type:	
Alineamiento	Standard	
Logic		
Action:	Priority:	
Seize Delay Release	Medium(2)	
Resources:		
Resource, Operario 1, 1	Add...	
Resource, Operario 2, 1	Edit...	
<End of list>	Delete	
Delay Type:	Units:	Allocation:
Normal	Minutes	Value Added
Value:(Mean):		Std Dev:
17.20		1.8
<input checked="" type="checkbox"/> Report Statistics		
OK Cancel Help		

Posterior a ello, los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de cambio; para lo cual se sabe que el 30.95% de los trabajos que pasan por cambio son trabajos preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por cambio.



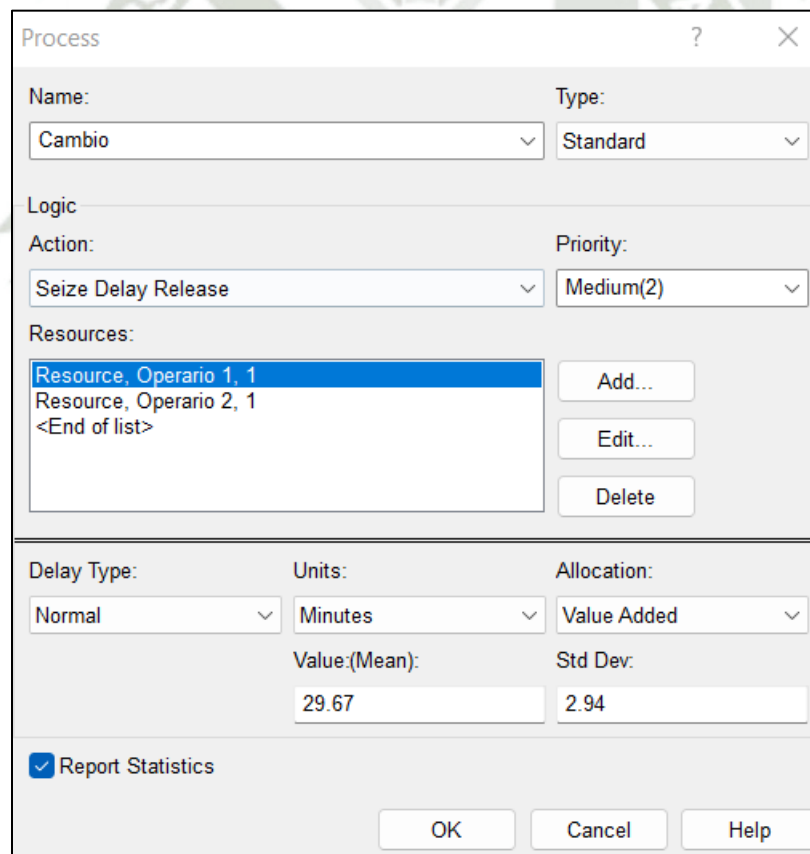
Decide

Name: A cambio Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 30.95 %

OK Cancel Help

En cuanto al proceso de cambio, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (29.67, 2.94) minutos, tal como se muestreó con los datos del Anexo 1.



Process

Name: Cambio Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 1, 1
- Resource, Operario 2, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

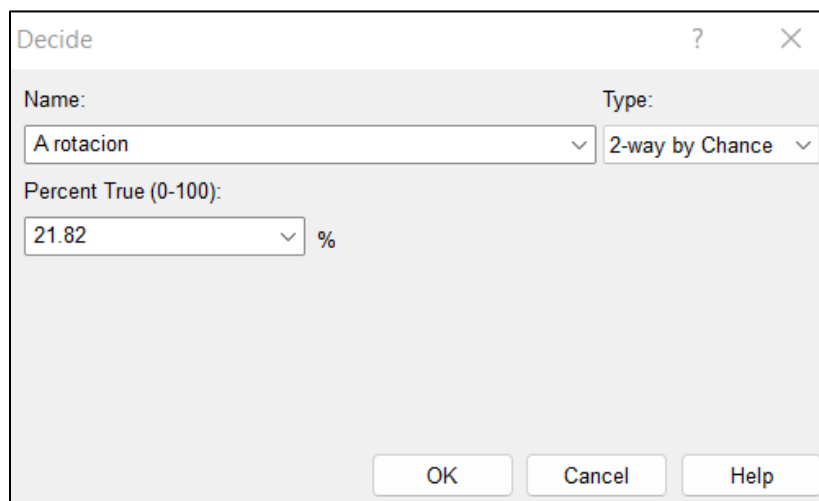
Value:(Mean): 29.67 Std Dev: 2.94

Report Statistics

OK Cancel Help

Los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de rotación; para lo cual se sabe que el 21.82% de los trabajos que pasan por rotación son trabajos

preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por rotación.



Decide

Name: A rotacion

Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 21.82 %

OK Cancel Help

Respecto al proceso de rotación, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (37.47, 3.12) minutos, tal como se muestreó con los datos del Anexo 1.

Process
?
×

Name:

Type:

---

Logic

Action:

Priority:

---

Resources:

---

Delay Type:

Units:

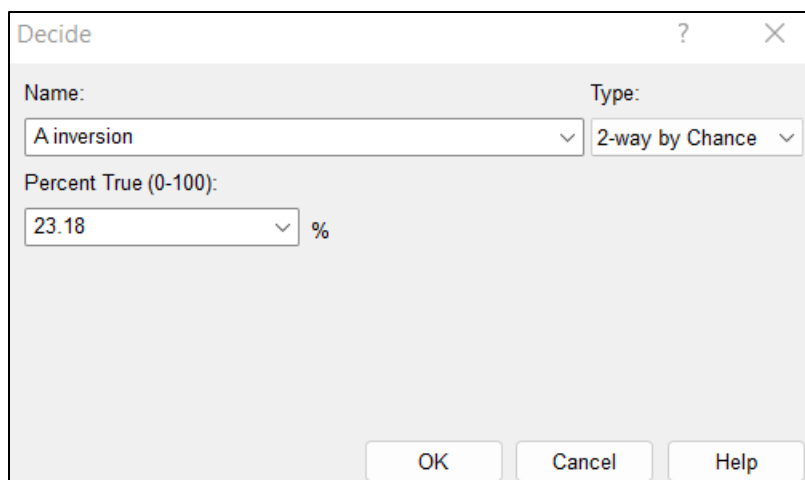
Allocation:

Value:(Mean):

Std Dev:

Report Statistics

Los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de inversión; para lo cual se sabe que el 23.18% de los trabajos que pasan por inversión son trabajos preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por inversión.



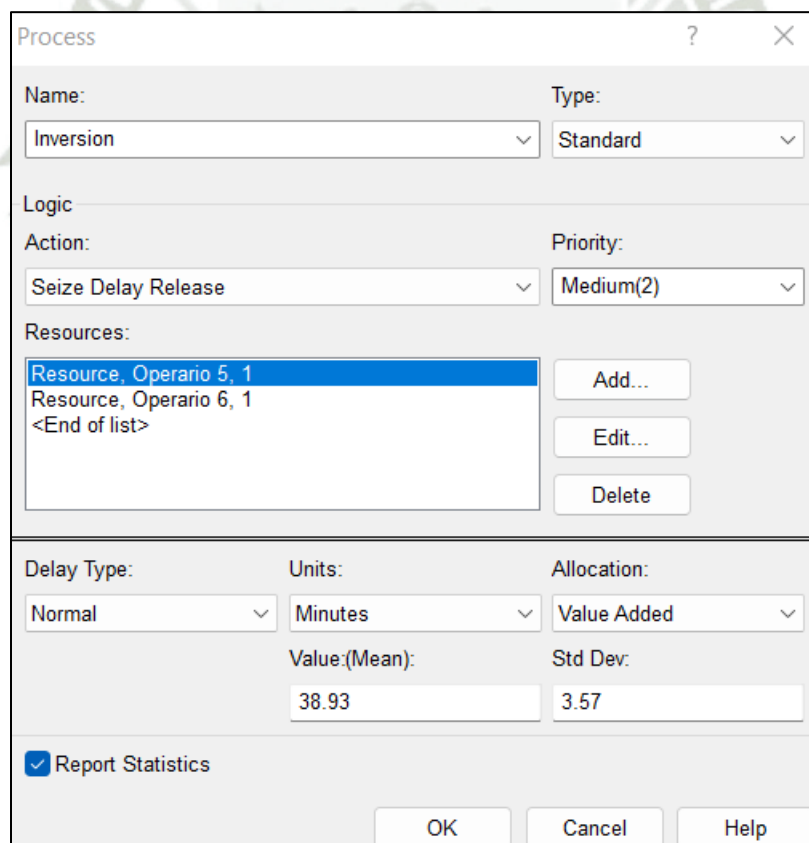
Decide

Name: A inversion Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 23.18 %

OK Cancel Help

Concerniente al proceso de inversión, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (38.93, 3.57) minutos, tal como se muestreó con los datos del Anexo 1.



Process

Name: Inversion Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 5, 1
- Resource, Operario 6, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

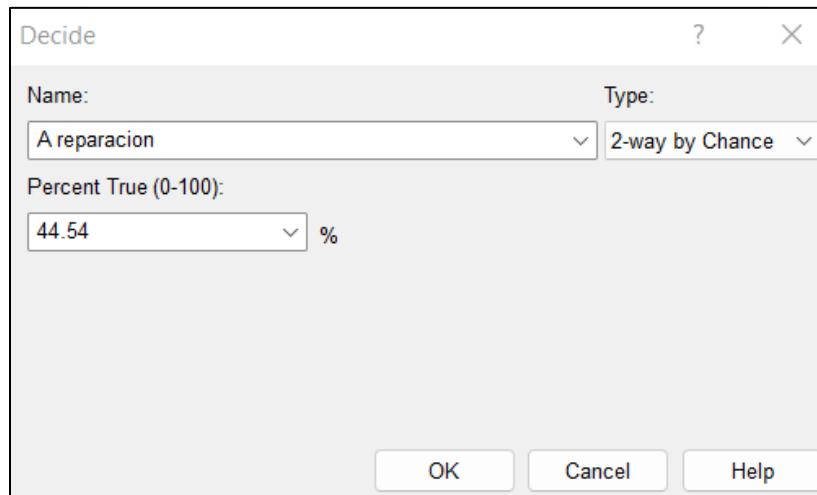
Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value:(Mean): 38.93 Std Dev: 3.57

Report Statistics

OK Cancel Help

Los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de reparación; para lo cual se sabe que el 44.54% de los trabajos que pasan por reparación son trabajos preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por reparación.



Name:	Type:
A reparacion	2-way by Chance
Percent True (0-100):	
44.54	%

OK Cancel Help

En cuanto al proceso de reparación, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (69.97, 4.53) minutos, tal como se muestró con los datos del Anexo 1.

Process

Name: Reparacion Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 7, 1
- Resource, Operario 8, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value:(Mean): 69.97 Std Dev: 4.53

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

Finalmente, los trabajos preventivos y correctivos deben ser contabilizados, por lo cual se separarán ambos trabajos a través de la denominación de entidades, dándose la denominación de entidad 1 a los trabajos preventivos y la denominación de entidad 2 a los trabajos correctivos.

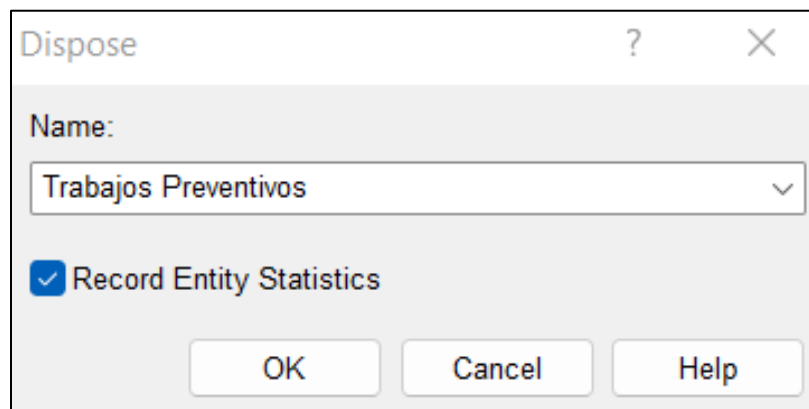
Decide

Name: Fin de Trabajo Type: 2-way by Condition

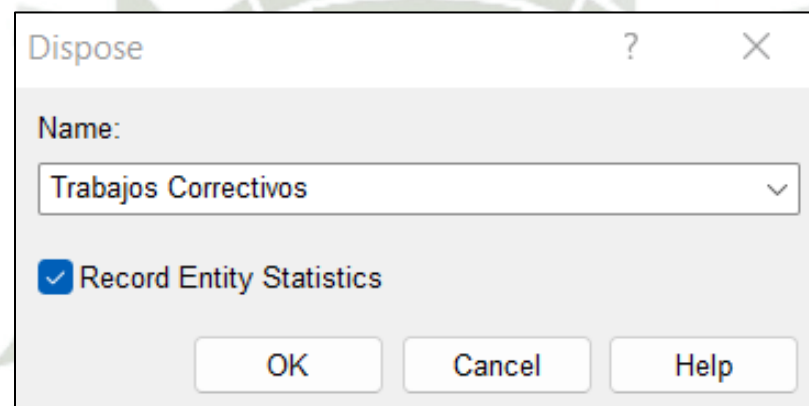
If: Entity Type Named: Entity 1

Buttons: OK Cancel Help

Con la herramienta dispose se contabilizarán por separado tanto los trabajos preventivos como correctivos.



The screenshot shows a dialog box titled "Dispose" with a question mark icon and a close button. It contains a "Name:" label above a dropdown menu with "Trabajos Preventivos" selected. Below the dropdown is a checked checkbox labeled "Record Entity Statistics". At the bottom are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

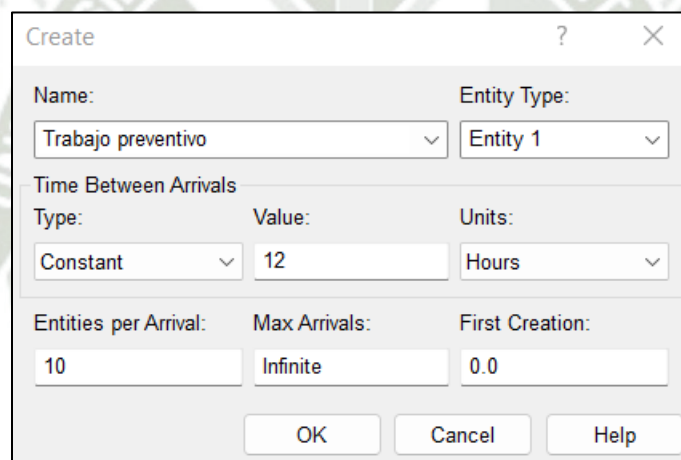


The screenshot shows a dialog box titled "Dispose" with a question mark icon and a close button. It contains a "Name:" label above a dropdown menu with "Trabajos Correctivos" selected. Below the dropdown is a checked checkbox labeled "Record Entity Statistics". At the bottom are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

### Anexo 3. Programación de Sistema Propuesto en Arena

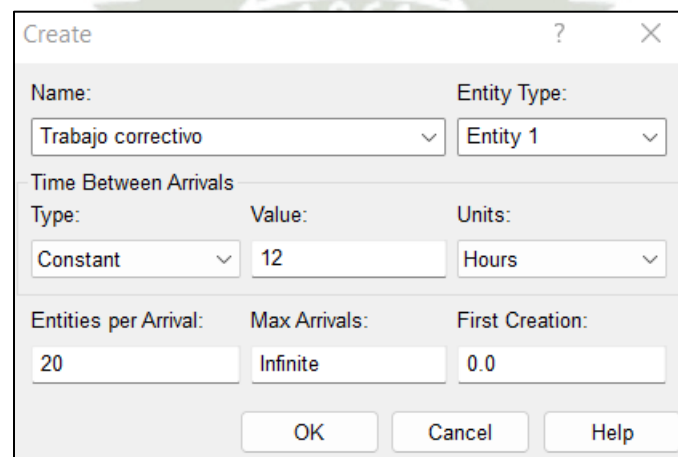
Como parte del Anexo 3, se presenta a continuación la programación realizada en el programa Arena 14.0 para la simulación del sistema propuesto de trabajo de la empresa Neuma Perú Contratistas Generales S.A.C., para lo cual a continuación se dará a conocer el paso a paso de la programación.

Primero, se crean los elementos de input, para lo cual se considerarán dos elementos de ingreso, siendo estos los trabajos preventivos y los trabajos correctivos. En cuanto al trabajo preventivo, ingresarán 10 unidades cada 12 horas, puesto que es el horario de trabajo de la empresa. Así mismo, en cuanto al trabajo correctivo ingresarán 20 unidades cada 12 horas, considerando también el horario de trabajo.



The screenshot shows the 'Create' dialog box for a preventive work entity. The 'Name' field is set to 'Trabajo preventivo' and the 'Entity Type' is 'Entity 1'. Under 'Time Between Arrivals', the 'Type' is 'Constant', the 'Value' is '12', and the 'Units' are 'Hours'. The 'Entities per Arrival' is '10', 'Max Arrivals' is 'Infinite', and 'First Creation' is '0.0'. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

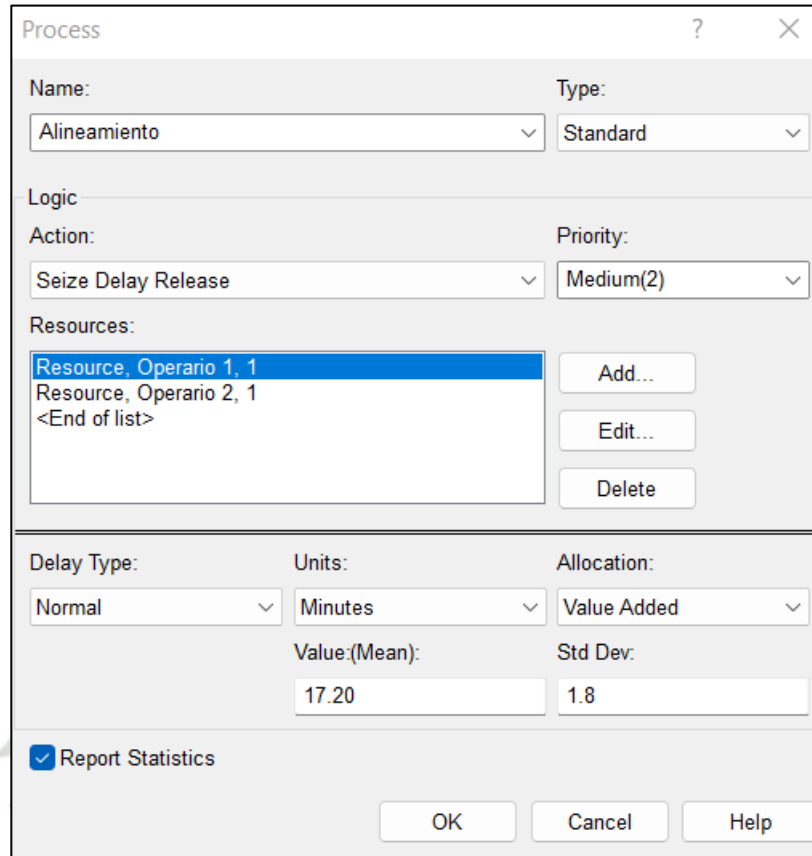
Name:	Entity Type:	
Trabajo preventivo	Entity 1	
Time Between Arrivals		
Type:	Value:	Units:
Constant	12	Hours
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:
10	Infinite	0.0



The screenshot shows the 'Create' dialog box for a corrective work entity. The 'Name' field is set to 'Trabajo correctivo' and the 'Entity Type' is 'Entity 1'. Under 'Time Between Arrivals', the 'Type' is 'Constant', the 'Value' is '12', and the 'Units' are 'Hours'. The 'Entities per Arrival' is '20', 'Max Arrivals' is 'Infinite', and 'First Creation' is '0.0'. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

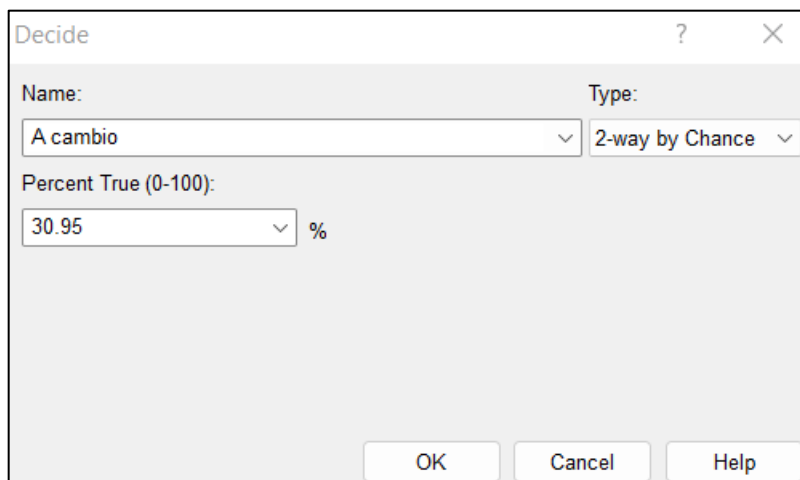
Name:	Entity Type:	
Trabajo correctivo	Entity 1	
Time Between Arrivals		
Type:	Value:	Units:
Constant	12	Hours
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:
20	Infinite	0.0

Luego, como sólo los neumáticos que pasan por un proceso preventivo pasan por alineamiento, se procede a programar dicha actividad, considerando un tiempo NORMAL (17.20, 1.8) minutos, a cargo de dos operarios.



Name:	Alineamiento	Type:	Standard
Logic			
Action:	Seize Delay Release	Priority:	Medium(2)
Resources:	Resource, Operario 1, 1 Resource, Operario 2, 1 <End of list>		
Delay Type:	Normal	Units:	Minutes
Allocation:	Value Added		
Value:(Mean):	17.20	Std Dev:	1.8
<input checked="" type="checkbox"/> Report Statistics			

Posterior a ello, los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de cambio; para lo cual se sabe que el 30.95% de los trabajos que pasan por cambio son trabajos preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por cambio.



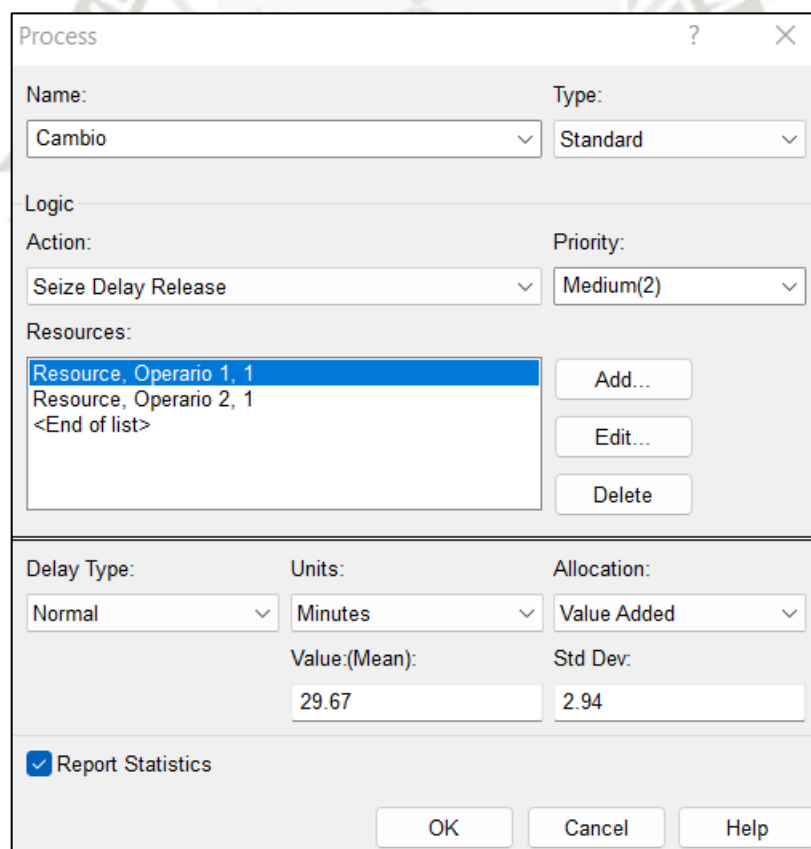
Decide

Name: A cambio Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 30.95 %

OK Cancel Help

En cuanto al proceso de cambio, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (29.67, 2.94) minutos, tal como se muestreó con los datos del Anexo 1.



Process

Name: Cambio Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 1, 1
- Resource, Operario 2, 1
- <End of list>

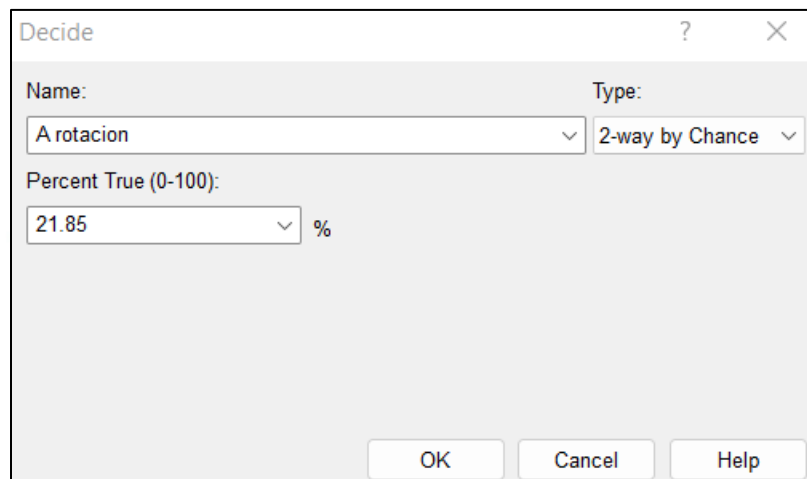
Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value:(Mean): 29.67 Std Dev: 2.94

Report Statistics

OK Cancel Help

Los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de rotación; para lo cual se sabe que el 21.85% de los trabajos que pasan por rotación son trabajos preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por rotación.



Decide

Name: A rotacion

Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 21.85 %

OK Cancel Help

Respecto al proceso de rotación, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (37.47, 3.12) minutos, tal como se muestreó con los datos del Anexo 1.

Process

Name: Rotacion Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 3, 1
- Resource, Operario 4, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value:(Mean): 37.47 Std Dev: 3.12

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

Los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de inversión; para lo cual se sabe que el 23.57% de los trabajos que pasan por inversión son trabajos preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por inversión.

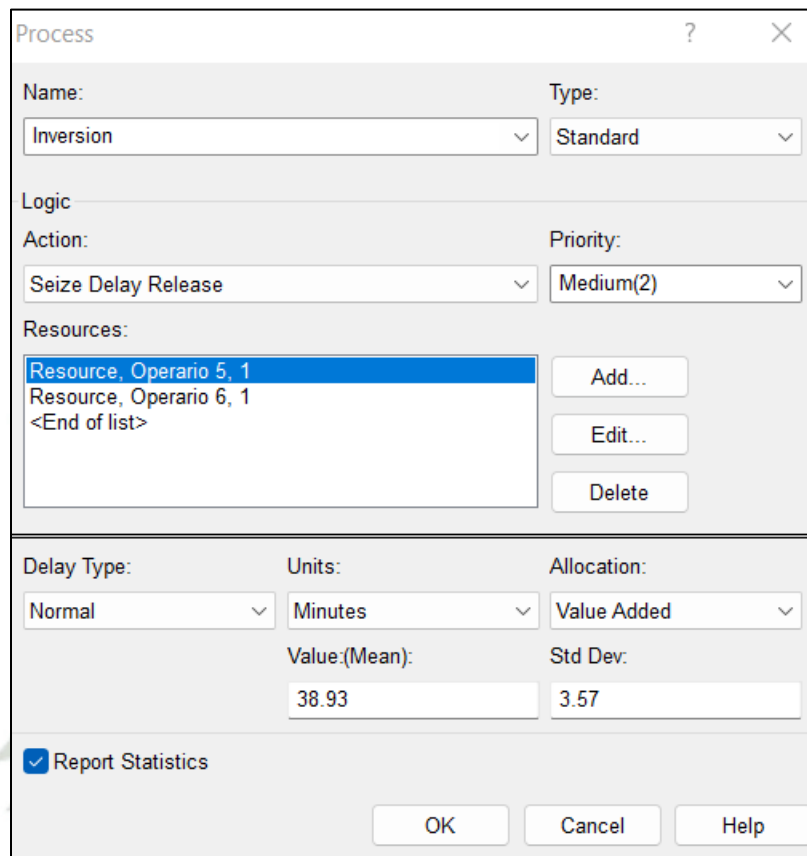
Decide

Name: A inversion Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 23.57 %

Buttons: OK Cancel Help

Concerniente al proceso de inversión, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (38.93, 3.57) minutos, tal como se muestró con los datos del Anexo 1.



Process

Name: Inversion Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 5, 1
- Resource, Operario 6, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value:(Mean): 38.93 Std Dev: 3.57

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

Concerniente al proceso de inversión, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (38.93, 3.57) minutos, tal como se muestró con los datos del Anexo 1.

Process
?
×

Name:

Type:

Logic

Action:

Priority:

Resources:

Resource, Operario 5, 1

Resource, Operario 6, 1

<End of list>

Add...

Edit...

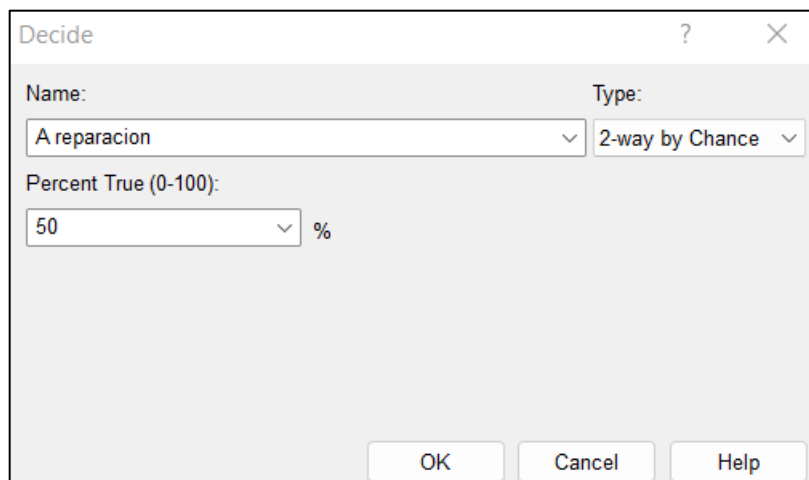
Delete

Delay Type:	Units:	Allocation:
<input type="text" value="Normal"/>	<input type="text" value="Minutes"/>	<input type="text" value="Value Added"/>
	Value:(Mean):	Std Dev:
	<input type="text" value="38.93"/>	<input type="text" value="3.57"/>

Report Statistics

OK    Cancel    Help

Los neumáticos de trabajos tanto preventivos como correctivos deberán pasar a un proceso de reparación; para lo cual se sabe que el 50% de los trabajos que pasan por reparación son trabajos preventivos, por lo que lo restante serán cambios en trabajos correctivos, para lo cual se utilizará un proceso de decisión para determinar la cantidad de unidades de cada tipo de trabajo que deberán pasar por reparación.



Decide

Name: A reparacion

Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 50 %

OK Cancel Help

En cuanto al proceso de reparación, se requieren dos operarios para atender la actividad, para lo cual se trabajará con un tiempo NORMAL (69.97, 4.53) minutos, tal como se muestreó con los datos del Anexo 1. Cabe resaltar que a diferencia el modelo actual, la diferencia reside en este punto, puesto que la actividad de reparación tendrá dos estaciones de trabajo.

Process ? X

Name: Reparacion 1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 7, 1
- Resource, Operario 1, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value:(Mean): 69.97 Std Dev: 4.53

Report Statistics

OK Cancel Help



Process

Name: Reparacion 2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Operario 1, 1
- Resource, Operario 2, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value:(Mean): 69.93 Std Dev: 4.53

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

Finalmente, los trabajos preventivos y correctivos deben ser contabilizados, por lo cual se separarán ambos trabajos a través de la denominación de entidades, dándose la denominación de entidad 1 a los trabajos preventivos y la denominación de entidad 2 a los trabajos correctivos.

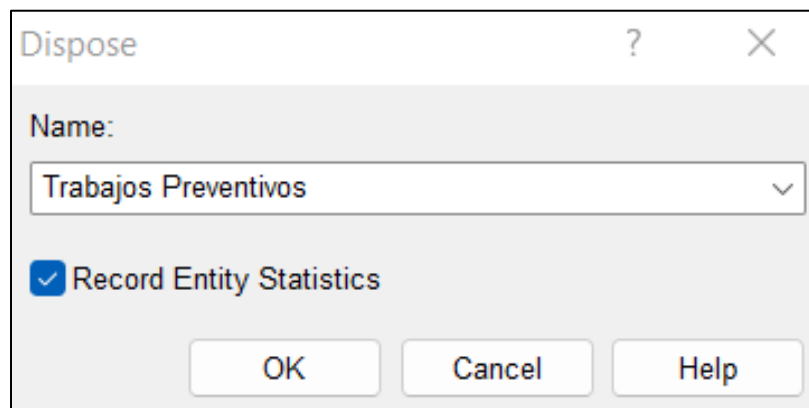
Decide

Name: Fin de Trabajo Type: 2-way by Condition

If: Entity Type Named: Entity 1

Buttons: OK Cancel Help

Con la herramienta dispose se contabilizarán por separado tanto los trabajos preventivos como correctivos.



Dispose

Name:

Trabajos Preventivos

Record Entity Statistics

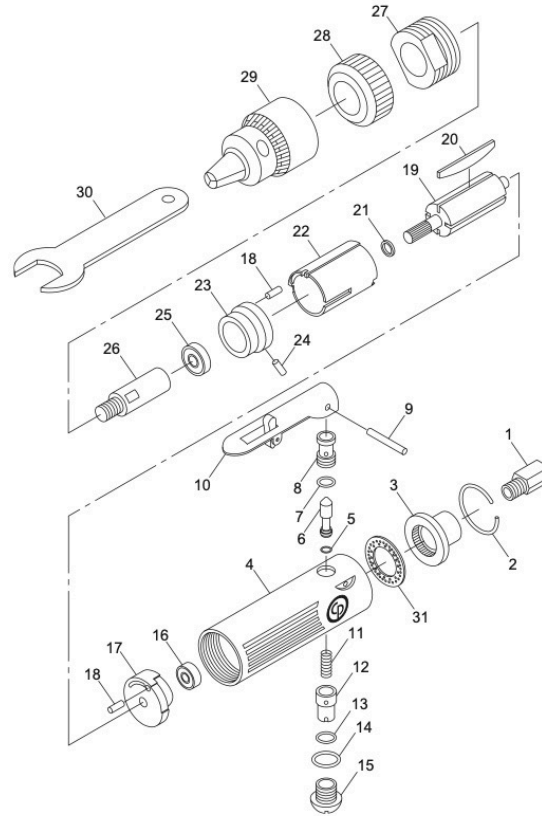
OK Cancel Help



Anexo 4. Ficha Técnica del Raspador



**CP871**  
High Speed Tire Buffer



Index No	Part No	Description	Qty	Index No	Part No	Description	Qty
1	CA144870	Bushing-Air Inlet (Model A)	1	21	CA144890	Collar-Rotor	1
	CA157739	Bushing-Air Inlet ( Model B)	1	22	CA144891	Liner	1
2	CA144871	Ring-Retaining (Model A Only)	1	23	CA144892	Plate-Front End (Includes: Index Nos. 18 & 24)	1
3	CA144872	Deflector-Exhaust (Model A)	1	24	CA144893	Pin-Roll	1
	CA157734	Deflector-Exhaust (Model B)	1	25	CA144894	Bearing-Ball	1
4	CA144873	Housing-Motor (Model A)	1	26	CA144895	Spindle	1
	CA157736	Housing-Motor (Model B)	1	27	CA144896	Nut-Clamp	1
5	CA144874	O-Ring	1	28	CA144897	Cap-Housing	1
6	CA144875	Valve-Throttle	1	29	CA144898	Chuck-Drill 3/8 in.	1
7	CA144876	O-Ring	1	30	CA144899	Wrench-Spindle	1
8	CA144877	Bushing-Throttle Valve	1	31	CA157735	Silencer (Model B)	1
9	CA144878	Pin-Roll	1		CA144813	Decal-Safety Warning (Not Shown)	1
10	CA144879	Lever-Throttle	1		CA145216	Motor Assy. (Incl: Index Nos. 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 & 26) (Not Shown)	1
11	CA144880	Spring-Throttle Valve	1		CA121582	Key-Chuck (Not Shown)	1
12	CA144881	Regulator-Air	1				
13	CA144882	O-Ring	1				
14	CA144883	O-Ring	1				
15	CA144884	Plug-Throttle Valve	1				
16	CA144885	Bearing-Ball	1				
17	CA144886	Plate-Rear End (Includes: Index No. 18)	1				
18	CA144887	Pin-Roll	2				
19	CA144888	Rotor	1				
20	CA144889	Blade Set-Rotor (4)	1				



8940169059	OPERATOR'S MANUAL
8940169060	CE DECLARATION
6159948740	SAFETY INSTRUCTIONS

Anexo 5. Ficha Técnica del Escariador

# URREA

**Escareador Neumático**  
*Air Needle Scaler*



**Manual de Usuario y Garantía.**  
*User's Manual and Warranty.*

## UP125



**ATENCIÓN:** Lea, entienda y siga las instrucciones de seguridad contenidas en este manual antes de operar esta herramienta.

## URREA

- No lubricar las herramientas con líquidos inflamables o volátiles tales como queroseno, gasoil o carburreactor.
- No saque ninguna etiqueta. Sustituir toda etiqueta dañada.

**⚠ IMPORTANTE:** Las herramientas neumáticas pueden vibrar durante el uso. La vibración, los movimientos repetitivos o las posiciones incómodas podrían dañarle los brazos y las manos. En caso de incomodidad, sensación de hormigueo o dolor, dejar de usar la herramienta. Consultar al médico antes de volver a utilizarla.

- No manejar nunca una herramienta percutora salvo que el accesorio esté correctamente instalado y que la herramienta se sostenga firmemente contra la pieza.
- Utilizar siempre un dispositivo de retención, si se ha suministrado uno, además de las barreras apropiadas para proteger a las personas que se encuentren cerca contra la posibilidad de que un accesorio salga disparado.
- Esta herramienta no ha sido diseñada para trabajar en ambientes explosivos.
- Esta herramienta no está aislada contra descargas eléctricas.
- Evite respirar el polvo y partículas nocivos que se producen al utilizar la herramienta, así como exponerse a ellos:

Ciertos tipos de polvo que se producen al lijar, serruchar, rectificar o taladrar y durante otras actividades de la construcción contienen sustancias químicas que son conocidos como causantes de cáncer, defectos de nacimiento y otros daños reproductivos. Algunos ejemplos de estas sustancias químicas:

- el plomo de las pinturas con base de plomo,
- la sílice cristalina de ladrillos y hormigón y otros productos asociados con la albañilería, y
- el arsénico y el cromo que produce la madera sometida a tratamientos químicos.

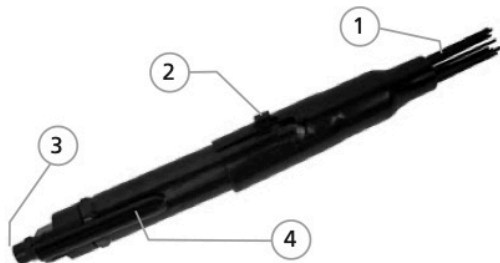
El riesgo a la persona que presenta una exposición de este tipo varía en función de la frecuencia con que se realiza esta clase de trabajo. Para reducir la exposición a estas sustancias químicas: trabaje en una zona bien ventilada y utilice equipo de protección homologado, por ejemplo una mascarilla especialmente diseñada para filtrar partículas microscópicas.

- No juegue. La distracción puede causar accidentes.
- Mantenga sus manos y dedos fuera de la palanca de mando hasta que esté preparado para usar la herramienta.
- No apoye nunca la herramienta sobre el pie.
- No apunte nunca la herramienta a nadie.
- El aire comprimido es peligroso. No apunte nunca la manguera de aire hacia usted o sus compañeros. No quite nunca el polvo de su ropa con aire comprimido.
- Asegúrese que las conexiones de aire estén bien apretadas. Una manguera floja no solamente pierde aire sino que puede salirse completamente de la herramienta y dar latigazos mientras tenga presión, pueden herir al operario y a otros que se encuentren en esa zona. Ponga cables de seguridad a todas las mangueras por si se rompen accidentalmente.
- No desconecte nunca una manguera de aire con presión. Desconecte siempre el suministro de aire y purgue la herramienta antes de desconectar una manguera.
- Conozca lo que hay debajo del material que está trabajando. Esté alerta por si hay escondidas conducciones de agua, gas, alcantarillado, teléfono o suministro eléctrico.
- Use solamente los disolventes apropiados para la limpieza de las piezas. Use solamente los disolventes de limpieza que cumplan las normas actuales de salud y seguridad. Use los disolventes de limpieza en una zona bien ventilada.
- No limpie la herramienta ni ninguna de sus piezas con gasoil. Los residuos del gasoil se inflamarán en la herramienta cuando se use, dañando así las piezas internas.
- Cuando use modelos con gatillos o palancas de mando externos, tenga cuidado cuando descansa la herramienta para evitar que se ponga en marcha accidentalmente.
- No use la herramienta con piezas rotas o dañadas.
- No ponga en marcha nunca la herramienta cuando esté tumbada sobre el suelo.

### CARACTERÍSTICAS

#### CONOZCA SU HERRAMIENTA

Antes de intentar usar este producto, familiarícese con todas sus características de operación y requerimientos de seguridad.



1. 19 AGUJAS.
2. CONTROL DE ALTURA DE AGUJAS.
3. ENTRADA DE AIRE
4. GATILLO.

## INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

### LUBRICACIÓN

Use siempre un lubricante de aire con esta herramienta.

Recomendamos una Unidad Reguladora - Lubricadora - Filtradora.

**Antes de conectar la manguera,** ponga 3 cc de Aceite en la entrada de aire. Esto deberá hacerse diariamente, aun cuando se usa un lubricador de línea.

Durante la jornada de trabajo, examine la herramienta para asegurar que los componentes están lubricados.

**Después de cada dos o tres horas de uso,** a menos que se haya puesto lubricante de línea de aire, desconecte la manguera e inyecte unos 3 cc de Aceite en la entrada de aire.

**Si la escareadora no funciona bien,** ponga unos 3 cc de una solución de limpieza apropiada en la entrada de aire y accione la herramienta por no más de treinta segundos.

## MANTENIMIENTO

Inmediatamente después de la limpieza de la herramienta, ponga 3 cc de Aceite en la entrada de aire y accione la herramienta por unos treinta segundos para lubricar todas las piezas internas.

**Antes de almacenar la escareadora o si va a estar parada por un periodo mayor de veinticuatro horas,** ponga 3 cc de en la entrada de aire y funcione la herramienta por 5 segundos para cubrir de aceite las piezas internas.

Esto cubrirá de aceite las piezas internas y evitará el óxido mientras la herramienta esté parada.

**No use nunca un aceite pesado ni tampoco un aceite que se espese.** Porque atascará las piezas pequeñas, restringirá el movimiento de la válvula y causará pérdida de eficacia.

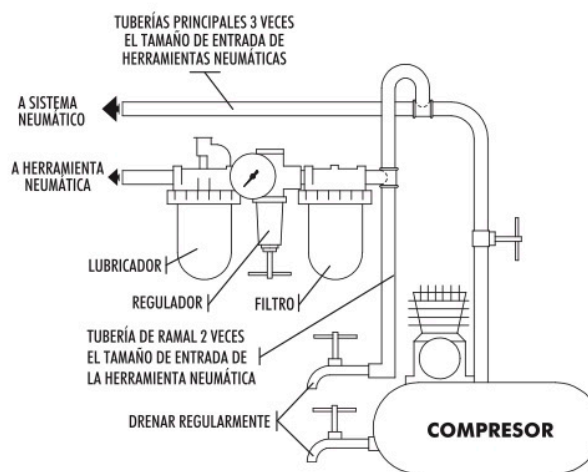


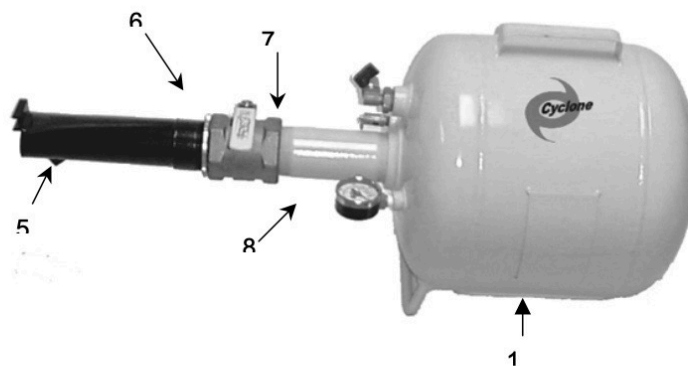
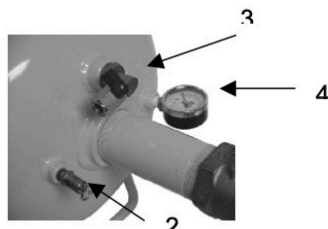
Diagrama 1

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

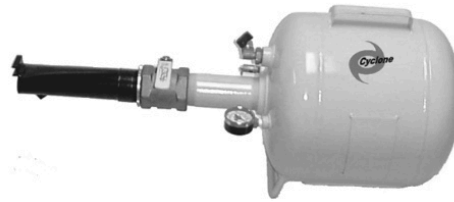
GOLPES POR MINUTO	4 600
DIÁMETRO DE AGUJA	3 mm
LONGITUD DE AGUJA	7" (175 mm)
RASPADOR	3" - 3,5" (75 mm - 87 mm)
NUMERO DE AGUJAS	19 piezas
CONSUMO DE AIRE	4 CFM
PRESIÓN DE AIRE	6,2 BAR / 90 PSI / 620 kPa
ENTRADA DE AIRE	1/4" (6 mm)
LONGITUD	15" (381 mm)
PESO	2,5 kg (5,5 lb)

Anexo 6. Asiento de talón de neumático de camión sin cámara

**Tubeless Truck Tire Bead Seater**  
**Parts Breakdown**  
**Model 20380**



<u>No.</u>	<u>Description</u>	<u>Part No.</u>	<u>No.</u>	<u>Description</u>	<u>Part No.</u>
1	Air Tank	20381	5	Flared Barrel	20385
2	Safety Release Valve	20382	6	Discharge Valve	20386
3	3/4" - 1/4" Bushing	20383	7	6" Pipe Nipple	20387
4	Tank Fill Valve	20384	8	Pressure Gauge	20388



*Please read all information before operating the bead seater. Safety is of prime importance.*

**DO'S**

1. Operator must wear eye protection.
2. Keep bystanders 20 feet away when tank is charged.
3. Always store and transport with discharge valve open.
4. Be sure pressure release is clear of foreign matter (i.e., ice or dirt).
5. Keep away from children.

**DON'TS**

1. Do not tamper with pressure safety release. Excessive pressure could cause tank failure resulting injury.
2. Do not store or transport in charged condition to prevent injury from inadvertent opening of dis

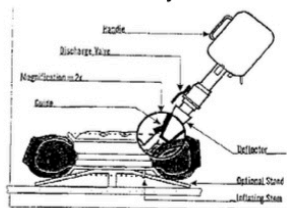
**OPERATING INSTRUCTIONS**

1. Be sure to use eye protection(STOP HERE OBTAIN EYE PROTECTION NOW!!!!)
2. Keep a clear working area.
3. (Refer to Figure 2) Lay mounted tire flat on floor or ground with narrow bead up (inflating stem facing down) place stand under rim near inflating stem (Stand Optional).
4. Fill bead seater tank to 60 P.S.I. from compressed air supply (practice a few times at this pressure). Increase pressure as necessary. Safety pop off set at 160 P.S. I.
5. Attached self holding chuck from air supply to inflating stem on rim.
6. Hold bead seater at an approximately 45 degree angle from floor with guide on top of rim.
7. Hold handle tight and quickly open discharge valve.

Extremely difficult tire may require a higher pressure.

For tires larger than truck tires a greater volume of air is needed larger units are available.

Use common sense and instruct other users to be safety conscious. Wear eye protection. Safety, Safety, Safety.

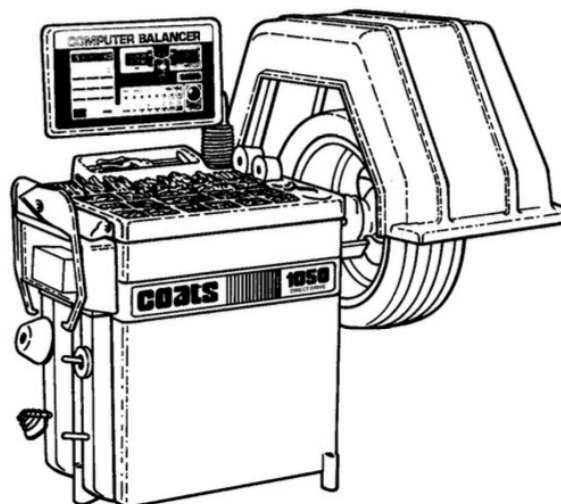


Anexo 7. Balanceadora de neumáticos

# GOATS®

## 950/1025/1050/1055

Solid State  
**WHEEL BALANCER**



### **Parts Identification**

READ these instructions before placing unit in service KEEP these and other materials delivered with the unit in a binder near the machine for ease of reference by supervisors and operators.

**HENNESSY INDUSTRIES, INC.**

HENNESSY INDUSTRIES INC. Manufacturer of AMMCO®, COATS® and BADA® Automotive Service Equipment and Tools.

Manual Part No.: 111868  
Revision: 3/00 rev. 4

# Direct Drive

## Models 950, 1025, 1050 & 1055 Parts Id

ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	ITEM	PART NO.	DESCRIPTION
1	301063	Screw, #6-32 X 1/2" PHM	35	110912	Pin, #10-32 Spring Plunger
2	111886	PCB Assembly	36	308554	Roller
3	110721	Touch Panel, 1050	37	301537	Screw Shoulder, 5/16 x .500 SHC
	110947	Touch Panel, 950	38	111645	Scale
4	111035	Weight Tray	39	308550	Arm
5	111554	Decal, "Caution"	40	100602	Roll Pin
6	314005	Decals, Weight Tray Bins	41	308078	Rod
7	111064	Shield, Weight Tray	42	110807	Bushing, Front
8	106304	Nut, Tinnerman 1/4-20	43	143956	Retainer
9	106301	Screw, 1/4" Hex Self-Tap	44	110168	Stop
10	111542	Screw, #8-32 X 5/8" SEM	45	110966	Instruction Card, Cal/MM
11	110537	Panel, Capacitor	46	110806	Bracket
12	111032	Washer, 1/4 Fender	47	110913	"D" Cable
13	111308	Shield Motor Cover	48	110914	"D" Pulley
14	111033	Side Pocket	49	143169	Nut, 1/4-20 Flange
15	112356	Capacitor	50	308074	Bushing, Rear
16	112224	Jumper, Assembly	51	308023	Spring
17	110560	Screw, #8-32x3/4	52	301032	Washer 3/8, Flat
18	110957	Cover, Accessory Peg	53	301142	Washer, 1/4 Lock
19	111030	Sleeve, Accessory Peg	54	110956	Velcro Patch, Loop
21	110818	Weldment, Acc. Peg Bracket	55	308536	Gasket, Motor
20	110919	Assembly, "D" Pot	56	120446	Decal, Rotation
22	110918	"A" Pot Assembly	57	110962	Cover, Motor
23	308545	"A" Spring	58	111048	Chassis
24	110915	"A" Pulley	59	120325	Screw, 5/16-18x1 WHC
25	308555	Bracket, Dia Cast, Arm	60	110955	Velcro Patch, Hook
26	110917	Shaft, Pulley	61	111038	Latch, Instruction Card
27	308074	Bushing, Arm Rear	62	112182	Plate, Flex
28	110916	"A" Cable	63	106302	Scr 3/8-16 x .875 HHC Whiz Lock
29	301534	Screw, 1/4-20x1 HH Grade 5	64	110430	Cradle, Motor
30	308535	Stop, Front	65	110994	Assembly, Fan
31	308527	Rod	66	308817	Shutter, Rotary
32	301143	Nut, 1/4-20 Hex	67	107635	Washer, Flat
33	308546	"D" Spring			
34	110911	Nut, #10-32 Hex			

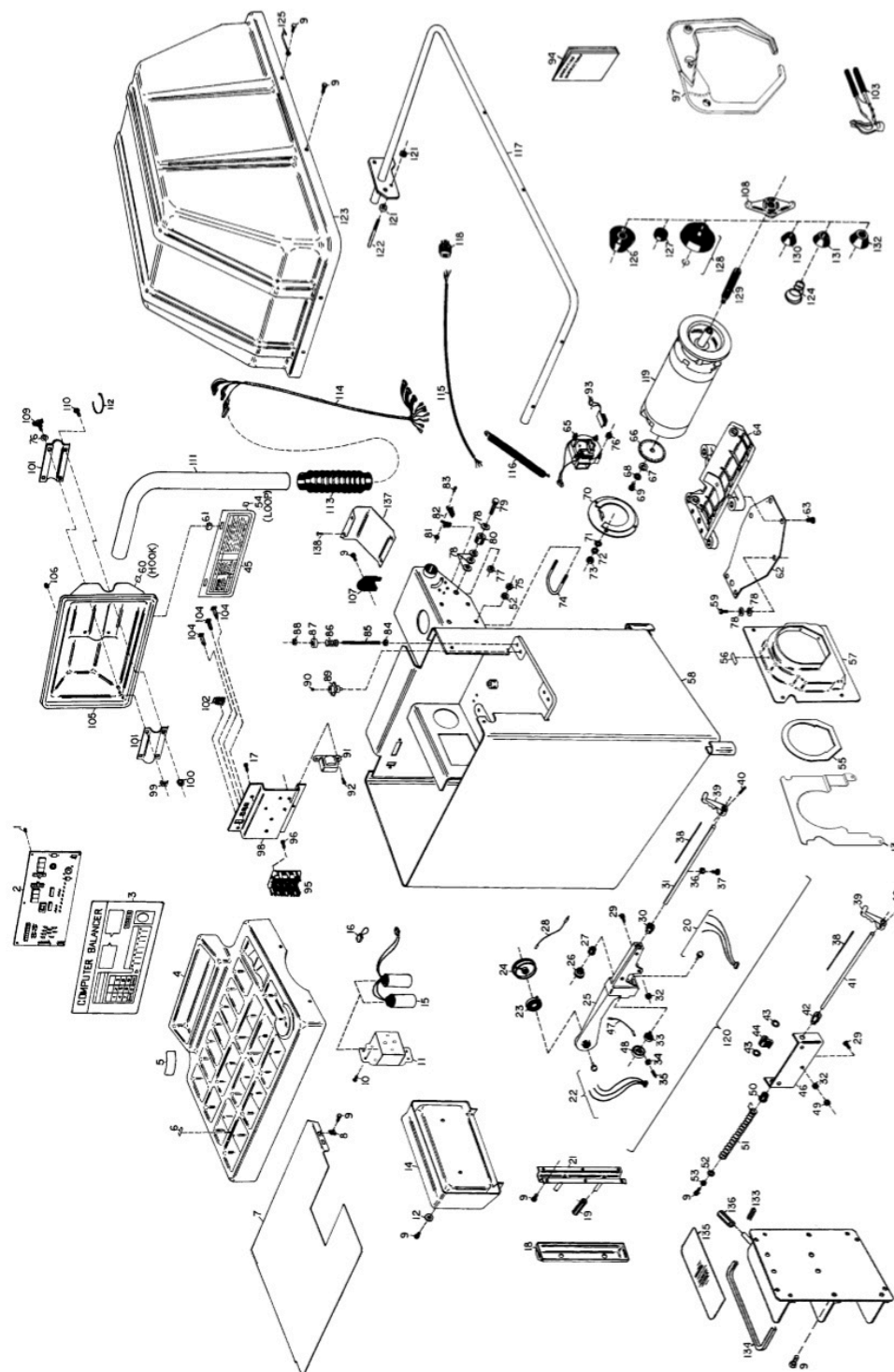
18 • COATS 950/1025/1050/1055 Wheel Balancer

# Direct Drive

## Models 950, 1025, 1050 & 1055 Parts Id

ITEM NO.	PART NO.	DESCRIPTION	ITEM NO.	PART NO.	DESCRIPTION
1	301063	Screw, #6-32 X 1/2" PHM	35	110912	Pin, #10-32 Spring Plunger
2	111886	PCB Assembly	36	308554	Roller
3	110721	Touch Panel, 1050	37	301537	Screw Shoulder, 5/16 x .500 SHC
	110947	Touch Panel, 950	38	111645	Scale
4	111035	Weight Tray	39	308550	Arm
5	111554	Decal, "Caution"	40	100602	Roll Pin
6	314005	Decals, Weight Tray Bins	41	308078	Rod
7	111064	Shield, Weight Tray	42	110807	Bushing, Front
8	106304	Nut, Tinnerman 1/4-20	43	143956	Retainer
9	106301	Screw, 1/4" Hex Self-Tap	44	110168	Stop
10	111542	Screw, #8-32 X 5/8" SEM	45	110966	Instruction Card, Cal/MM
11	110537	Panel, Capacitor	46	110806	Bracket
12	111032	Washer, 1/4 Fender	47	110913	"D" Cable
13	111308	Shield Motor Cover	48	110914	"D" Pulley
14	111033	Side Pocket	49	143169	Nut, 1/4-20 Flange
15	112356	Capacitor	50	308074	Bushing, Rear
16	112224	Jumper, Assembly	51	308023	Spring
17	110560	Screw, #8-32x3/4	52	301032	Washer 3/8, Flat
18	110957	Cover, Accessory Peg	53	301142	Washer, 1/4 Lock
19	111030	Sleeve, Accessory Peg	54	110956	Velcro Patch, Loop
21	110818	Weldment, Acc. Peg Bracket	55	308536	Gasket, Motor
20	110919	Assembly, "D" Pot	56	120446	Decal, Rotation
22	110918	"A" Pot Assembly	57	110962	Cover, Motor
23	308545	"A" Spring	58	111048	Chassis
24	110915	"A" Pulley	59	120325	Screw, 5/16-18x1 WHC
25	308555	Bracket, Dia Cast, Arm	60	110955	Velcro Patch, Hook
26	110917	Shaft, Pulley	61	111038	Latch, Instruction Card
27	308074	Bushing, Arm Rear	62	112182	Plate, Flex
28	110916	"A" Cable	63	106302	Scr 3/8-16 x .875 HHC Whiz Lock
29	301534	Screw, 1/4-20x1 HH Grade 5	64	110430	Cradle, Motor
30	308535	Stop, Front	65	110994	Assembly, Fan
31	308527	Rod	66	308817	Shutter, Rotary
32	301143	Nut, 1/4-20 Hex	67	107635	Washer, Flat
33	308546	"D" Spring			
34	110911	Nut, #10-32 Hex			

18 • COATS 950/1025/1050/1055 Wheel Balancer



COATS 950/1025/1050/1055 Wheel Balancer • 21

Anexo 8. Compresora de aire



# COMPRESORES DE AIRE PORTÁTILES

## 125, 130, 185 Y 185H

JOHN DEERE

## 125, 130, 185

CATERPILLAR

MANUAL DEL  
OPERADOR Y  
LISTA DE PARTES

MANTENGA  
PARA FUTURAS  
REFERENCIAS

Parte número 02250116-262 (S)  
© Sullair Corporation

Sección 3  
**ESPECIFICACIONES**

3.1 ESPECIFICACIONES – JOHN DEERE

MODELO	LARGO (I)		ANCHO		ALTURA		PESO (con liq.)	
	PLG.	MM	PLG.	MM	PLG.	MM	LB.	KG.
125–130 2 ruedas	132,8	3373	65,4	1661	61,0	1550	2580	1170
125–130 GRANDE	83,1	2111	47,2	1199	50,5	1283	2325	1055

(I) Largo sobre la barra de tracción

**COMPRESOR:**

	125	130
Tipo:	Tornillo Rotativo	Tornillo Rotativo
Máxima presión operativa	125 psig (8,6 bar)	125 psig (8,6 bar)
Caudal	125 PCM libres (59L/S)	130 PCM libres (61 L/S)
Fluido	Fluido de compresor	Fluido de compresor
Lubricante	Vea Guía de Lubricación	Vea Guía de Lubricación
Capacidad del depósito	3 galones de EE.UU. (11 litros)	3 galones de EE.UU. (11 litros)
Ancho vía	55" (1397mm)	55" (1397mm)
Tamaño neumáticos (alcance carga)	F78 x 15 (C)	F78 x 15 (C)
Presión neumáticos	50 psig (3,5 bar)	50 psig (3,5 bar)
Torsión tope tuerca	60 ps.-lbs. (Nm 81)	60 ps.-lbs. (Nm 81)
Tamaño rueda	15 x 6	15 x 6
Inclinación operativa (máxima)	15 Grados	15 Grados
Sistema eléctrico	12 Voltios	12 Voltios
Temp. de descarga del compresor	Detención 250° F (121° C)	Detención 250° F (121° C)
Válvulas de servicio	(2) 3/4"	(2) 3/4"
Máxima velocidad de remolque	55 mph (88 kmph)	55 mph (88 kmph)
Capacidad del eje	3500 lbs. (1588 kg)	3500 lbs. (1588 kg)
Presión nominal	100 psig (7 bar)	100 psig (7 bar)
Nivel de sonido	76dBA a 7 metros	76dBA a 7 metros

**MOTOR:**

	Diesel	Diesel
Tipo	Diesel	Diesel
Fabricante	John Deere	John Deere
Modelo	JD4045	JD4045
Desplazamiento	276 pulg. cúb. (4,5L)	276 pulg. cúb. (4,5L)
Cilindros	4	4
Diámetro por carrera	4,19 x 5,00 pulg. (106mm x 127mm)	4,19 x 5,00 pulg. (106mm x 127mm)
Velocidad nominal	2050 RPM	2100 RPM
Potencia nominal	76HP (56kW)	77HP (57kW)
Tipo de aceite del motor	Vea Manual de Oper. del motor	Vea Manual de Oper. del motor
Capacidad tanque de combustible	25 galones de EE.UU. (95 litros)	25 galones de EE.UU. (95 litros)
Capacidad del radiador	4 galones de EE.UU. (15 litros)	4 galones de EE.UU. (15 litros)
Temp. del agua del motor	Parada 239° F (115° C)	Parada 239° F (115° C)
Velocidad min. de marcha en vacío	2050 RPM (II)	2100 RPM (II)
Capacidad del alternador	65 amperios	65 amperios

(II) **NO PERMITA** que las rpm de la marcha en vacío del motor bajen del mínimo indicado. Dañaría al compresor y o los acoplamientos.