

## Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



### **“PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA REPARADORA DE NEUMÁTICOS DE MAQUINARIA PESADA DE MINA.”**

Tesis Presentada por la Bachiller:

**Fernández Vargas, Ana Sofía**

Para optar el Título Profesional de:

**Ingeniera Industrial**

Asesor: Dr. Ticse Villanueva, Edwing

**AREQUIPA – PERÚ**

**2018**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



INFORME DICTAMINATORIO  
DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:  
"PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA  
DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA REPARADORA DE  
NEUMÁTICOS DE MAQUINARIA PESADA DE MINA"

PRESENTADO POR (EL) (LOS) BACHILLER (E) (S)  
ANA SOFÍA FERNÁNDEZ VARGAS

NUESTRO DICTAMEN ES:

PROCEDENTE

OBSERVACIONES: NINGUNA

Arequipa, MAYO 23 de 2018

JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Ing. EDUARD  
TICSE VILCAURUA

Código: 1341

JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Ing. CESAR  
VALDIVIA PORTAGAC

Código: 1987

## PRESENTACIÓN

Sr. Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial.

Sres. Miembros del Jurado.

De conformidad con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, pongo a vuestra consideración el presente trabajo de investigación titulado:

“Propuesta e Implementación de un Nuevo Sistema de Producción en una Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Mina.”, el mismo que de ser aprobado, me permitirá optar el título Profesional de Ingeniero Industrial



## DEDICATORIA

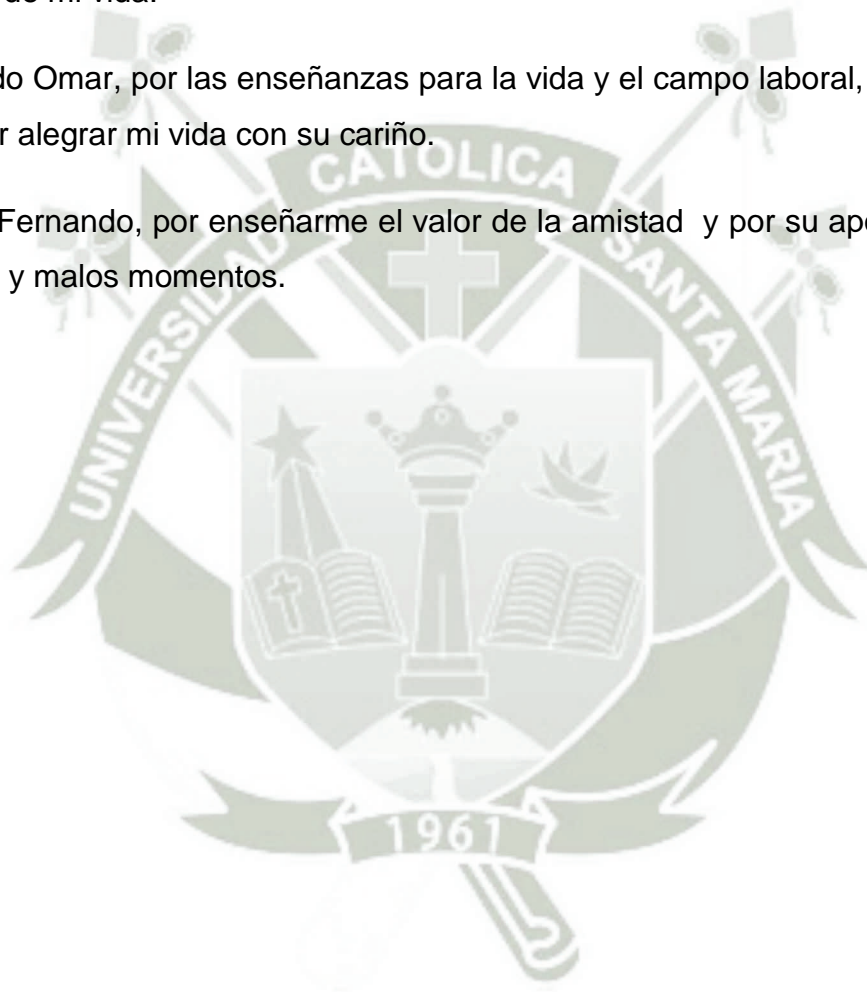
A Dios, que me ha dado la vida y me ha dado todo.

A mi padre Alberto y mi madre Rosa, por ser mi ejemplo a seguir, por su perseverancia y trabajo arduo, por enseñarme que nada es fácil, pero todo es posible si existe esfuerzo y dedicación, gracias por su cariño y apoyo incondicional.

A mis hermanos Julissa y Junior, por su cariño infinito y apoyo en todos los momentos de mi vida.

A mi cuñado Omar, por las enseñanzas para la vida y el campo laboral, a mi sobrina Camila, por alegrar mi vida con su cariño.

A Gloria y Fernando, por enseñarme el valor de la amistad y por su apoyo en todos los buenos y malos momentos.



## AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Dr. Edwing Ticse Villanueva, por su apoyo incondicional a lo largo de todo el desarrollo del presente trabajo.



## RESUMEN

El siguiente trabajo ha sido elaborado con la finalidad de proponer e implementar un nuevo sistema de producción para una Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Mina, aplicando la metodología de Manufactura Esbelta y la Simulación de Sistemas.

Para conocer la situación operativa en la que se encontraba la empresa, se realizó un estudio de tiempos y posterior modelamiento del sistema gracias al Software Arena 14.0; mediante el cual, se evidenció la presencia de cuellos de botella, colas, tiempos muertos y operaciones que no agregaban valor a la cadena.

Es por ello, que luego de analizar el sistema con el Directorio de la Empresa, se propuso cambiar el trabajo de una sola línea a cinco líneas de producción, para que todas en paralelo trabajasen. El modelo propuesto también fue simulado mediante Arena 14.0 y dados los resultados de la simulación, se observó que con dicho modelo, el tiempo del proceso se reduciría de 12 días a 9 días.

Examinando los requerimientos que implicaban el nuevo sistema, se presupuestó una inversión de S/.111454.00 para la compra de maquinaria; los otros gastos generados fueron incluidos en un Estado de Resultados pronosticado y evaluado en un horizonte de 5 años, obteniendo un VAN de S/. 228,398 y una TIR de 74%.

El modelo desarrollado fue implementado un 02 de Octubre de 2017, fecha desde la cual se tomaron 10 muestras para corroborar la fidelidad de los resultados, posterior a ello, se calculó un incremento de la productividad del 33.24%.

**Palabras Clave:** Manufactura Esbelta, Simulación de Sistemas, Línea de Producción, Cuello de Botella, Tiempo Ocioso, Productividad, VAN, TIR.

## ABSTRACT

The following work has been developed with the purpose of proposing and implementing a new production system for a Mine Heavy Machinery Tire Repair Company, applying the Lean Manufacturing methodology and the Simulation of Systems.

In order to know the operative situation in which the company was, a study of times and subsequent modeling of the system was carried out thanks to the Software Arena 14.0, by means of which, the presence of bottlenecks, tails, dead times and operations was evidenced they did not add value to the chain.

That is why after analyzing the system with the Company's Board of Directors, it was proposed to change the work from a single line to five production lines, so that all of them work in parallel. The proposed model was also simulated by Arena 14.0 and given the results of the simulation it was observed that with this model, the time of the process would be reduced from 12 days to 9 days.

Examining the requirements implied by the new system, an investment of S/. 111454.00 was budgeted for the purchase of machinery; the other expenses generated were included in a profit and loss statement for a period of 5 years, obtaining a VAN of S / . 228,398 and a TIR of 74%.

The model developed was implemented on October 02, 2017, date from which 10 samples were taken to corroborate the fidelity of the results, after which an increase in productivity of 33.24% was calculated annually.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Systems Simulation, Production Line, Bottleneck, Idle Time, Productivity, VAN, TIR.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, ha sido realizado en base a una Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada, la Empresa está ubicada en la ciudad de Arequipa y cuenta con una vasta experiencia en el seguimiento y control técnico de los neumáticos, así como la reparación de los mismos; sus principales clientes son dos minas del Sur del Perú.

En la actualidad, el mercado de la comercialización y reparación de neumáticos, se ve afectado por la fuerte competencia que existe en la ciudad de Arequipa, es así que se busca generar estrategias que logren alcanzar ventaja competitiva y posicione a la empresa como la primera en su rubro.

Algunas de las estrategias que se buscan desarrollar, están orientadas al área de producción de la empresa, ya que se tiene un incremento en la demanda para la reparación de neumáticos procedentes de las minas, y que son en estos momentos, la principal fuente de ingresos económicos. Sin embargo; la Empresa no contaba con la capacidad de planta que permitiera cubrir aquel incremento de demanda.

Un nuevo sistema operativo mejorado, permite incrementar la productividad y con ello la capacidad de la planta, abasteciendo la demanda de los clientes. Se ha organizado el presente trabajo de tesis en siete capítulos.

En el Capítulo I se desarrollará el Planteamiento Operacional, en donde se determina el Problema de Investigación, Objetivos, Hipótesis, Variables, Marco Metodológico y otras generalidades; al final del Capítulo I se resume el mismo en una Matriz de Consistencia.

En el Capítulo II, se realizará el Marco Teórico, donde se desarrollan los principales términos empleados en el presente trabajo.

En el Capítulo III, se desarrollará la situación actual de la Empresa, se detalla cada una de las actividades del proceso de reparación de neumáticos; así mismo se desarrollan las variables del sistema y una toma de muestras de tiempo que servirán

para simular el sistema actual en Arena 14.0, se presenta la situación actual en un diagrama, además de los resultados de la simulación.

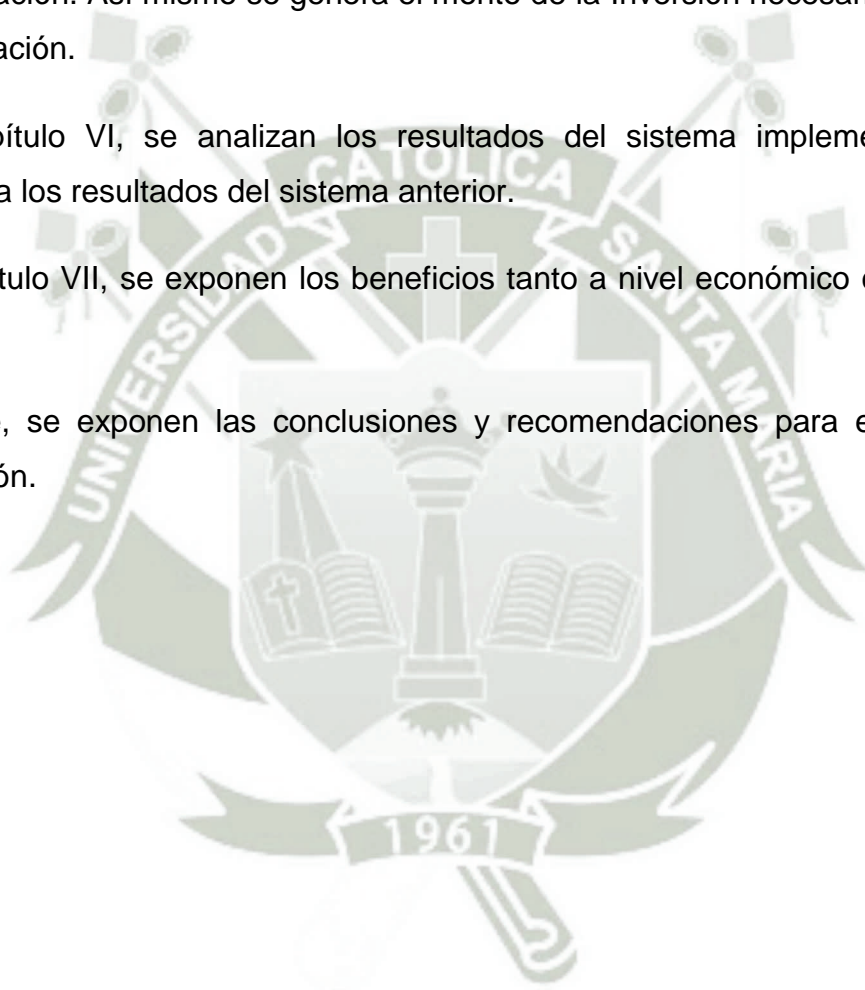
El Capítulo IV, presenta la metodología usada para proponer un nuevo sistema, y posterior a ello se simula el sistema propuesto en un diagrama, presentando los resultados de la simulación.

El Capítulo V, presenta los requerimientos necesarios para implementar el sistema propuesto, divididos en tres partes: Recursos Humanos, Maquinaria y Tiempo de Implementación. Así mismo se genera el monto de la Inversión necesaria para dicha implementación.

En el Capítulo VI, se analizan los resultados del sistema implementado y se comparan a los resultados del sistema anterior.

En el Capítulo VII, se exponen los beneficios tanto a nivel económico como a nivel productivo.

Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones para el trabajo de investigación.



## ÍNDICE

CAPITULO I .....	1
1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....	1
1.1. PROBLEMA .....	1
1.1.1. Identificación del Problema.....	1
1.1.2. Descripción del Problema.....	1
1.1.3. Antecedentes del Problema.....	2
1.1.4. Formulación del Problema.....	2
1.2. Justificación de la Investigación.....	2
1.3. Limitaciones de la Investigación.....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivo Específicos .....	3
1.5. Hipótesis .....	4
1.6. Variables .....	5
1.7. Marco Metodológico .....	6
1.7.1. Nivel de Investigación.....	6
1.7.2. Diseño de Investigación.....	6
1.8. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	7
1.9. Matriz de Consistencia.....	8
1.10. Marco Metodológico Referencial.....	9
CAPITULO II .....	10
2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes .....	10
2.2. Neumático .....	10
2.3. Procesos Involucrados en la Reparación de Neumáticos .....	10
2.4. Sistema de Producción .....	12
2.5. Simulación.....	12
2.6. Arena Rockwell 14.0 .....	12
CAPITULO III .....	14
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL .....	14

3.1.	Descripción del Servicio .....	14
3.2.	Descripción del Proceso .....	14
3.2.1.	Diagrama de Actividades del Proceso .....	17
3.3.	Layout .....	21
3.4.	Flujograma del Proceso .....	23
3.5.	Variables del Proceso .....	24
3.6.	Identificación y Descripción de Problemas Potenciales .....	27
3.7.	Análisis de Datos .....	27
3.8.	Toma de Muestras y Cálculo del Tamaño de Muestra .....	29
3.9.	Sistema Actual .....	30
3.9.1.	Recursos .....	30
3.9.2.	Distribución De Las Variables.....	31
3.9.3.	SEGUIMIENTO DE ÓRDENES DE TRABAJO .....	32
3.9.4.	Simulación Gráfica del Sistema Actual.....	34
3.9.5.	Simulación del Sistema Actual en Arena 14.0 .....	35
3.10.	Resultados Del Sistema Actual en Arena 14.0 .....	37
CAPÍTULO IV .....		41
4.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO .....	41
4.1.	Metodología Aplicada.....	41
4.2.	Sistema Propuesto .....	43
4.2.1.	Variables del Proceso.....	43
4.2.2.	Recursos .....	46
4.2.3.	Distribución De Las Variables.....	47
4.2.4.	Simulación Gráfica del Sistema Propuesto.....	48
4.2.5.	Simulación Del Sistema Propuesto En Arena 14.0.....	49
4.2.6.	Programación de la Simulación Del Sistema Propuesto .....	51
4.3.	Resultados del Sistema Propuesto en Arena 14.0.....	54
CAPÍTULO V .....		61
5.	REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA PROPUESTO .....	61
5.1.	Recursos Humanos.....	61
5.2.	Maquinaria .....	62
5.3.	Tiempo de Implementación.....	64
CAPÍTULO VI.....		68

6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DESARROLLADO .....	68
6.1. Desarrollo de la Implementación.....	68
6.2. Resultados de la Implementación .....	70
6.3. Comparativa del Sistema Anterior y el Sistema Implementado.....	71
CAPITULO VII .....	72
7. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN .....	72
7.1. Beneficio Económico.....	72
7.1.1. Producción.....	72
7.1.2. Ingresos Anuales .....	72
7.1.3. Costos Variables .....	73
7.1.4. Costos Fijos.....	73
7.1.5. Sueldos del Personal.....	73
7.1.6. Gastos de Mantenimiento.....	75
7.1.7. Inversión.....	75
7.1.8. Depreciación de Activos .....	75
7.1.9. Utilidad Antes de Impuestos .....	75
7.1.10. Impuesto .....	75
7.1.11. Flujo Neto.....	76
7.1.12. VAN del Proyecto .....	76
7.1.13. TIR del Proyecto.....	76
7.1.14. Valor de Rescate.....	76
7.1.15. Estado de Resultados del Ejercicio .....	77
7.2. Beneficio Productivo .....	78
7.2.1. Incremento de la Productividad del Sistema.....	78
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES .....	81
BIBLIOGRAFÍA .....	82

## TABLAS

Tabla 1. Variables.....	5
Tabla 2. Matriz de Consistencia.....	8
Tabla 3. Módulos Básicos.....	13
Tabla 4. Toma de Muestras.....	29
Tabla 5. Recursos del Sistema Actual.....	30
Tabla 6. Distribución Variables del Sistema Actual.....	31
Tabla 7. Registro Orden de Trabajo Marzo 06/2017.....	32
Tabla 8. Registro Orden de Trabajo Marzo 18/2017.....	33
Tabla 9. Recursos del Sistema Propuesto.....	46
Tabla 10. Variables del Sistema Propuesto.....	47
Tabla 11. Maquinaria necesaria para la Implementación.....	63
Tabla 12. Cumplimiento de Actividades.....	64
Tabla 13. Tiempo necesario para la Implementación.....	69
Tabla 14. Muestras de la Implementación.....	70
Tabla 15. Comparativa Sistema Anterior y Sistema Implementado.....	71
Tabla 16. Sueldos del Personal.....	74
Tabla 17. Estado de Resultados e Indicadores Financieros.....	77

## FIGURAS

Figura 1. Esquema del Taller de la Empresa.....	22
Figura 2. Simulación del Sistema Actual.....	35
Figura 3. Mapa Conceptual del Sistema de Manufactura.....	42
Figura 4. Simulación del Sistema Propuesto Parte 1.....	49
Figura 5. Simulación del Sistema Propuesto Parte 2.....	50



## CUADROS

Cuadro 1. Programación del Sistema Actual en Arena 14.0.....	36
Cuadro 2. Recursos del Sistema Actual en Arena 14.0.....	37
Cuadro 3. Resultado en Unidades del Sistema Actual en Arena 14.0.....	37
Cuadro 4. Resultado de Colas del Sistema Actual en Arena 14.0.....	38
Cuadro 5. Resultado de Tiempos del Sistema Actual en Arena 14.0.....	39
Cuadro 6. Programación del Sistema Propuesto en Arena 14.0.....	51
Cuadro 7. Recursos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 1.....	52
Cuadro 8. Recursos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 2.....	53
Cuadro 9. Recursos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 3.....	54
Cuadro 10. Resultado en Unidades del Sistema Propuesto en Arena 14.....	54
Cuadro 11. Colas del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 1.....	55
Cuadro 12. Colas del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 2.....	56
Cuadro 13. Colas del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 3.....	57
Cuadro 14. Resultado de Tiempos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 1...58	
Cuadro 15. Resultado de Tiempos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 2...59	

## CAPITULO I

### 1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

#### 1.1. PROBLEMA

##### 1.1.1. Identificación del Problema

¿Es factible la creación de un nuevo sistema, para el proceso productivo de la Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Mina, que permita incrementar la productividad?

##### 1.1.2. Descripción del Problema

La Empresa actualmente se encuentra dedicada a la reparación de neumáticos correspondientes a dos minas del Sur del Perú; debido a la capacidad del taller, sólo se pueden reparar 12 llantas en un ciclo de trabajo de 12 días. El actual sistema de la empresa se ve entorpecido por el uso de un sistema de trabajo en línea; sólo se puede tener un neumático en cada estación de trabajo debido a que para desarrollar cada operación se cuenta con un único conjunto de recursos, a su vez esto quiere decir que un neumático no puede pasar a la siguiente estación de trabajo hasta que la misma se encuentre libre, por lo que se tienen cuellos de botellas, colas y tiempos muertos en el sistema actual.

La Empresa no solo se ve afectada por la situación económica de sus principales competidores, sino también por cuestiones internas de la empresa en procesos de reparación de neumáticos que afectan la calidad y servicio.

Por ende se presenta la necesidad de reorganización y para su ejecución se aplicará un modelo de simulación para observar si existe la posibilidad de mejorar el sistema actual y si se lograr la reducción del tiempo del ciclo de trabajo.

### 1.1.3. Antecedentes del Problema

- ❖ (Segura Santillan & Nomberto Olano, 2017)  
**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN EL PROCESO DE REENCAUCHADO DE NEUMÁTICOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA REENCAUCHADORA RUBBERS SRL - CAJAMARCA”**  
Diseño e implementación de una mejora de procesos, para incrementar la productividad de la empresa Reencauchadora Rubbers S.R.L., mediante la aplicación de herramientas tales como: Estudios de tiempo, Métodos de trabajo, Metodología 5s, Ergonomía y Distribución de planta, incrementando la productividad en dos unidades por ciclo.
- ❖ (Bravo Romero & Cruz Archilla, 2012)  
**“MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL REENCAUCHE DE LLANTAS EN LA EMPRESA AUTOMUNDIAL S.A. REGIONAL SANTANDERES”**  
Implementación de un Plan de Mejora en los procesos productivos de la Empresa mediante la herramienta 9S, análisis del despilfarro y estudios de tiempos mediante lo cual se logró incrementar la productividad en 2%.

### 1.1.4. Formulación del Problema

Determinación de un sistema de producción mejorado, en la Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Mina, que permita incrementar su productividad.

## 1.2. Justificación de la Investigación

- ❖ **Justificación Económica**  
Esta investigación favorecerá a la empresa a mitigar tiempos muertos por retrasos en el proceso de reparación y mantenimiento de neumáticos gigantes de uso minero, optimizando sus procesos e incrementando la capacidad de planta y por ende ingresos monetarios.

### ❖ **Justificación Social**

Con la investigación se ayudará a que el mantenimiento de neumáticos gigantes sea de mejor calidad y se produzca un mejor servicio en un tiempo más eficiente, logrando así alcanzar de alguna manera los niveles de competitividad de las demás empresas dedicadas al mismo rubro de la empresa en Arequipa.

No solo se beneficiara la empresa, si no los clientes ya que recibirán un producto de calidad en un tiempo menor.

### **1.3. Limitaciones de la Investigación**

El presente trabajo se limitará a analizar el mantenimiento de neumáticos gigantes de los actuales clientes mineros del Sur del Perú y solamente se analizará el proceso de reparación, más no los servicios adicionales que la Empresa brinda.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Proponer e Implementar un Nuevo Sistema de Producción en la Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Mina, que permita incrementar la productividad.

#### **1.4.2. Objetivo Específicos**

- a) Analizar el sistema actual de la Empresa.
- b) Proponer un nuevo sistema de operación en la Empresa que permita incrementar la productividad.
- c) Determinar los requerimientos necesarios para llevar a cabo el nuevo sistema, así como la inversión requerida.
- d) Analizar los resultados de la implementación del sistema en la Empresa y compararlos a los resultados del sistema anterior.
- e) Cuantificar los beneficios de la implementación del nuevo sistema.

### 1.5. Hipótesis

La propuesta e implementación de un nuevo sistema de producción en la Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Minas, permitirá incrementar la productividad.



## 1.6. Variables

**Tabla 1. Variables**

<b>Variable</b>	Productividad	Nuevo sistema del proceso productivo
<b>Tipo de Variable</b>	Dependiente	Independiente
<b>Operacionalización</b>	Cantidad de producto que puede ser obtenido durante un cierto período de tiempo.	Sistema mejorado de un sistema que se tuvo con anterioridad.
<b>Categorización</b>	Estudios	Procedimientos
<b>Definición de Categorías</b>	Experimentación de sistemas	Ejecución de tareas
<b>Indicador</b>	Tiempo de ejecución del sistema	Eficiencia
	Neumáticos reparados	
<b>Nivel de Indicador</b>	Continuo	Discreto
<b>Medida</b>	Número	Porcentaje
<b>Índice</b>	Escala de medición	Aumento de Productividad
<b>Valor</b>	0-12 días	0 - 100%
	0-20 neumáticos	

*Fuente: Elaboración Propia*

## 1.7. Marco Metodológico

### 1.7.1. Nivel de Investigación

La presente investigación tiene tres niveles de investigación como siguen:

a) Descriptiva

La investigación sigue un estudio descriptivo debido a que busca especificar las propiedades del sistema actual de la empresa y del sistema propuesto e implementado, así mismo se medirán y recolectarán datos cuantitativos y cualitativos que sustentarán la presente investigación.

b) Correlacional

Por otro lado la investigación contiene un estudio correlacional ya que se quiere probar que efectivamente el nuevo sistema de producción incrementará la producción de la empresa.

c) Ex Post Facto

Finalmente la investigación sigue un nivel ex post facto debido a que la propuesta será implementada y evaluada.

### 1.7.2. Diseño de Investigación

La presente investigación se llevará a cabo con un diseño experimental con preprueba - posprueba con varios grupos.

Según (Sampieri, 2014), a un grupo se le aplica una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo.

La preprueba en este caso consistirá en someter el sistema productivo actual de la empresa a una prueba en la cual el modelo funcione de la manera habitual y este sea puesto bajo estudio mediante distintas herramientas; así mismo se aplicarán cambios al sistema actual con la finalidad de evaluar la eficiencia de un nuevo modelo llevando a cabo

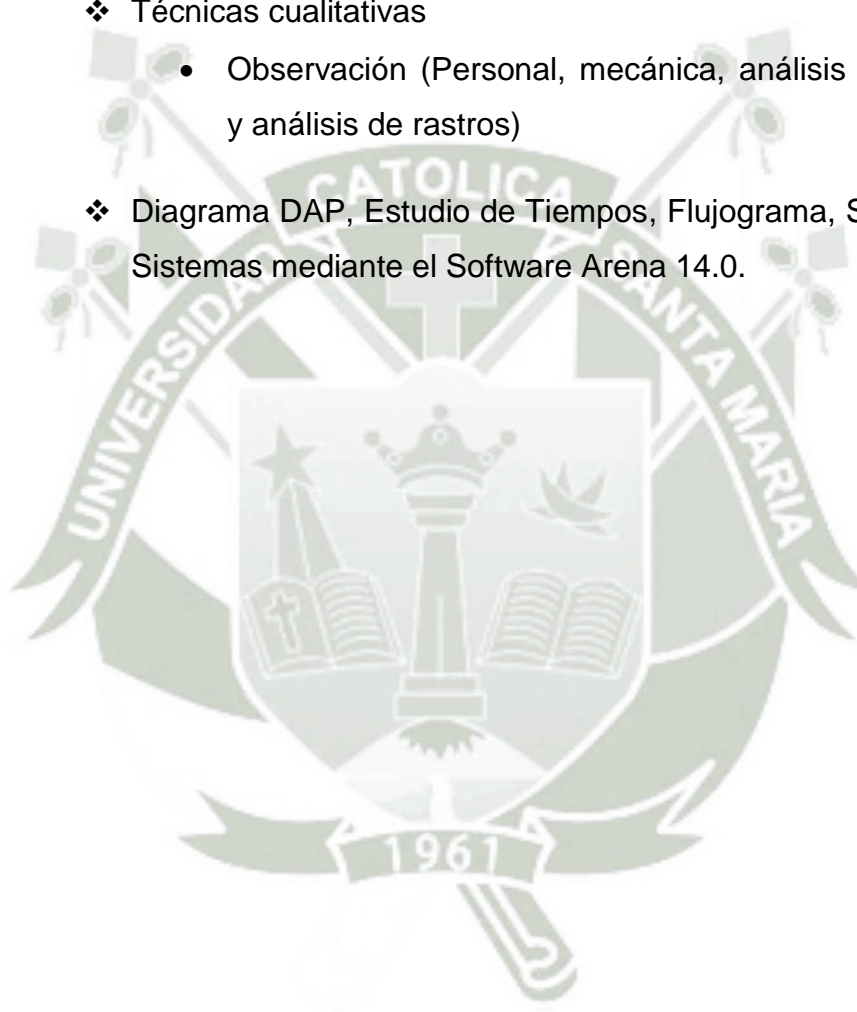
una posprueba que consiste en someter al modelo actual a una propuesta de mejora y determinar su ajuste al proceso productivo y los beneficios de dicho sistema, siendo implementado y evaluado.

En conclusión se podrá confirmar si se incrementará la productividad de la empresa siguiendo un nuevo sistema de producción.

### 1.8. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se hará uso de las siguientes técnicas:

- ❖ Técnicas cualitativas
  - Observación (Personal, mecánica, análisis de contenido y análisis de rastros)
- ❖ Diagrama DAP, Estudio de Tiempos, Flujograma, Simulación de Sistemas mediante el Software Arena 14.0.



## 1.9. Matriz de Consistencia

Tabla 2. Matriz De Consistencia

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES $y = f(x)$	INDICADORES	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
"Propuesta e Implementación de un Nuevo Sistema de Producción en una Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Mina."	Determinación de un sistema de producción mejorado en la Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Minas, que permita incrementar su productividad	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPOTESIS PRINCIPAL:</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (y):</b>	Tiempo de ejecución del sistema Número de neumáticos reparados	Descriptiva, correlacional y ex post facto
		Proponer e Implementar un Nuevo Sistema de Producción en la Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Minas, que permita incrementar la productividad.	La propuesta e implementación de un nuevo sistema de producción en la Empresa Reparadora de Neumáticos de Maquinaria Pesada de Minas, permitirá incrementar la productividad.	Productividad		
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>		<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (x):</b>		
a) Obsoleto sistema de producción en línea		a) Analizar el sistema actual de la Empresa.				
b) Competidores fuertemente posicionados		b) Proponer un nuevo sistema de operación en la Empresa que permita incrementar la productividad.		Nuevo sistema del proceso productivo	Eficiencia	
c) Pérdida de clientes por falta de capacidad de planta		c) Determinar los requerimientos necesarios para llevar a cabo el nuevo sistema, así como la inversión requerida.				
		d) Analizar los resultados de la implementación del sistema en la Empresa y compararlos a los resultados del sistema anterior.				
		e) Cuantificar los beneficios de la implementación del nuevo sistema.				

Fuente: Elaboración Propia

### 1.10. Marco Metodológico Referencial

Actualmente la Empresa Reparadora de Neumáticos, maneja un sistema de producción en línea que según (Groover, 2007), es un sistema de manufactura que se divide en pequeñas tareas y se asignan trabajadores o máquinas para realizar actividades con gran eficiencia; sin embargo, se buscan mejoras en el sistema de la producción con la finalidad de incrementar la productividad del sistema y así poder satisfacer la demanda y generar mayores ingresos económicos, es así como se plantea la posibilidad de generar otro sistema de metodología Manufactura Esbelta, el autor (Arbós, 2012) nos explica que éste es un sistema de transmisión de órdenes de producción y órdenes de recogida de materiales y productos de los proveedores y líneas de producción correspondientes dentro de un proceso productivo, en la clase, en la cantidad y momento que se precisan.

Es así como se busca una combinación de las herramientas de ingeniería con la finalidad de crear un nuevo y mejorado sistema que permita llegar al cumplimiento de las metas planteadas en beneficio de la empresa y sus clientes.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Según (de la Torre Herrera, 2011) la industria del parque automotor, es una industria rentable y lo deja en evidencia en su tesis “Propuesta Para la Creación de una Planta de Reencauchado de Neumáticos de Transporte Pesado y Liviano”. Aunque el reencauche y la reparación de neumáticos tienen diferencias, algunos procesos comparten similitudes, y el presente trabajo muestra los requerimientos necesarios para la creación de una planta de reencauche, ayudando así a tener una perspectiva más amplia de los requerimientos y estrategias necesarias que conllevaría cambiar el proceso actual de la empresa reparadora de neumáticos.

#### 2.2. Neumático

Según (Michelin), el neumático, es un producto de alta tecnología, que constituye el único punto de unión entre el vehículo y el suelo; el cual, debe soportar el peso del vehículo, transmitir la potencia útil del motor, rodar para permitir conducción, guiar el vehículo con precisión y amortiguar el vehículo.

#### 2.3. Procesos Involucrados en la Reparación de Neumáticos

La reparación de neumáticos requiere de una serie de procesos que contienen distintas actividades y que en conjunto permiten llegar a la reparación impecable de los neumáticos. Según los conceptos manejados y transmitidos por la Empresa tenemos:

- **Inspección:** Es una exploración física que se realiza a través de la vista y el tacto sobre los neumáticos para detectar posibles fallas o para corroborar la perfección del trabajo elaborado sobre tal; es por

ello que se requiere examinar, investigar y revisar al inicio, durante y final de todo el proceso productivo.

- **Escariado:** Es una operación cuya finalidad es arrancar la goma de caucho que se encuentra estropeada y necesita ser removida, para ello se utilizan herramientas multifilos que mediante movimiento circulares remueven el caucho.
- **Raspado:** Operación que mediante la ayuda de un bisel procede al raspado del neumático con el propósito de limar la parte afectada y obtener una textura apropiada para la unión de los compuestos que serán adicionados en las siguientes operaciones.
- **Cementado:** Aplicación de un cemento líquido a las partes que fueron anteriormente raspadas con la intención de que el neumático quede totalmente limpio y se pueda proceder a rellenar de caucho los agujeros del neumático. El neumático debe quedar totalmente limpio, pues de no ser así, el relleno aplicado no quedará adherido en su totalidad.
- **Rellenado:** Aporte de goma al cráter formado durante la escariación que cubrirá los cables o lonas “saneadas” la que luego será vulcanizada.
- **Parchado:** Adición de un parche al neumático; este elemento es un elemento flexible con estructura de capas textiles o de acero que son adheridos en la parte interior del neumático con la finalidad de reemplazar los cables o lonas dañadas.
- **Vulcanizado:** Proceso en el cual se calienta a altas temperaturas el neumático, con el fin de calentar el caucho crudo, convirtiéndolo en un caucho duro y resistente al frío.

- **Cepillado:** Operación que realiza un acabado superficial en el neumático de manera que este quede prolijo y listo para su inspección final.

#### 2.4. Sistema de Producción

Según (ChiaVénato, 1994), el sistema de producción es la manera por la cual la empresa ordena sus organismos y realiza sus operaciones de producción para lograr una interdependencia lógica entre todas las etapas del proceso productivo, desde el momento en que los materiales y las materias primas salen de la bodega hasta llegar al depósito como producto acabado.

En realidad, para que esto suceda, las entradas e insumos que vienen de los proveedores ingresan en el sistema de producción a través de la bodega de materiales y materias primas, y allí se guardan hasta su eventual utilización para la producción. La producción procesa y transforma los materiales y materias primas en productos acabados, los que son guardados en el depósito de productos acabados hasta su entrega a los clientes y consumidores.

#### 2.5. Simulación

Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo. (Coss Bu, 2003)




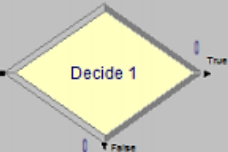
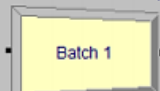
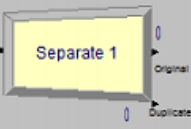
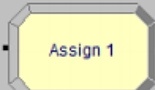

#### 2.6. Arena Rockwell 14.0

Arena es un software de simulación de eventos discretos para la optimización de procesos complejos.

Partiendo de un proceso dado se puede generar diferentes escenarios para buscar la solución a un problema sin una causa clara, o permite encontrar el mejor escenario minimizando el riesgo de una futura inversión.

Mediante el modelado del proceso se pueden identificar cuellos de botella dentro del sistema o al contrario identificar cuellos sobredimensionados innecesarios en el mismo. (Clarcat, 2017)

**Tabla 3. Módulos Básicos**

MÓDULOS BÁSICOS		
		
		
		

*Fuente: (Ríos Santi, 2015)*



## CAPITULO III

### 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

#### 3.1. Descripción del Servicio

El servicio consiste en la reparación de neumáticos dañados, procedentes de minas; los neumáticos en su mayoría tienen un diámetro de 3.25 metros. Estos neumáticos tienen un alto costo de adquisición por lo que es más económico repararlos, aunque en algunos casos estos ya no pueden ser reparados debido al alto daño que presentan.

La reparación es un conjunto de actividades o etapas, cuyo objetivo es remover todo el material dañado del neumático y reemplazarlos con los materiales adecuados (cauchos, parches, etc.)

En la empresa se realizan dos tipos de reparaciones:

- **Reparación Preventiva:** Realizada cuando el daño del neumático sólo compromete goma o en el peor de los casos alcanza cables de protección y el propósito de esta reparación es evitar que el daño aumente y se separe el neumático por corrosión, oxidación o incrustación de piedras o elementos extraños, no requieren de parches.
- **Reparación Correctiva:** Realizada cuando el daño es pasante o compromete los cables de trabajo y por ende se necesita colocar además de los rellenos de goma un parche.

#### 3.2. Descripción del Proceso

- Los neumáticos llegan al taller según requerimiento del cliente y el proceso productivo inicia con una autorización interna, en la cual se tomará la decisión si es que el neumático será reparado o no; dicha decisión depende de los daños que se observen en una primera instancia en el neumático.

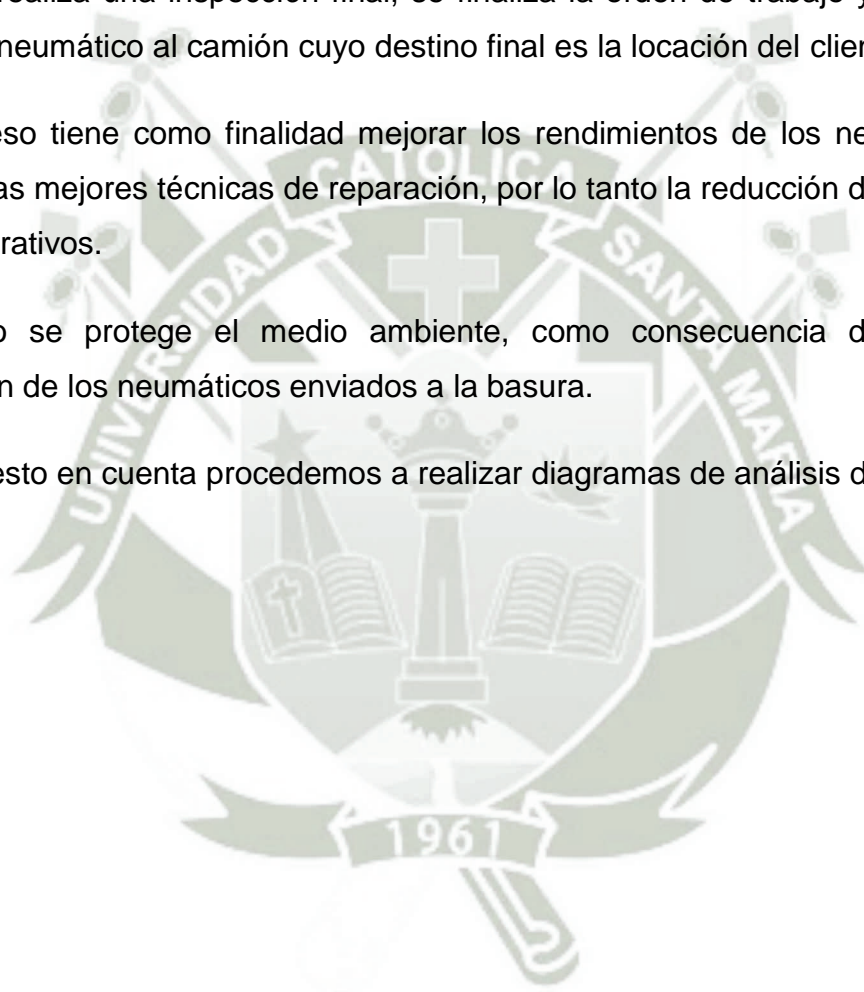
- Se realiza una inspección inicial, la cual es un examen u observación exhaustiva para hacer alguna comprobación o control sobre el estado de los neumáticos. En esta etapa se procede al llenado de una orden de trabajo.
- El neumático será montado en un soporte conocido como estación con la ayuda de un montacargas. Con los estudios preliminares, se determina si el neumático pasará por un proceso correctivo o preventivo. Se marcan los daños que posee el neumático y se eliminan restos de agua o cualquier suciedad.
- Luego se procede al escariado, esta etapa consiste en la extracción y eliminación completa de la goma circundante al daño a reparar mediante el uso de cuchillos circulares accionados por un motor de eje flexible.
- Seguidamente se procede al raspado y biselado, esto consiste en desgastar o raspar una superficie del neumático con otra áspera o rugosa con la finalidad de obtener una textura apropiada para la unión de los compuestos o elementos de la reparación.
- Después se procede al cementado y secado; en esta etapa la llanta se desmonta de la primera estación y es transportada a una segunda estación, se aplica un cemento líquido a las partes raspadas y se deja secar.
- A continuación se desmonta de la segunda estación para pasar a la tercera estación; se realiza el relleno, aquí se da un aporte de goma al cráter formado durante la escariación que cubrirá los cables o lonas saneadas, la que luego será vulcanizada. Así mismo, el parchado, como su nombre lo indica, se coloca un parche, este elemento es un elemento flexible con estructura de capas textiles o de acero que son adheridos en la parte interior del neumático con la finalidad de reemplazar los cables o lonas dañadas.

- Seguidamente se desmonta el neumático y se coloca en la cuarta estación, aquí se realiza el vulcanizado, el cual consiste en calentar el caucho crudo en presencia de elementos químicos que conforman el neumático con el fin de volverlo más duro resistente.
- Finalmente, el cepillado, realizado en la quinta estación, en este proceso se realiza el acabado final, seguido de un nivelado, raspado y redibujado de la superficie reparada luego de la vulcanización con fines estéticos. Se realiza una inspección final, se finaliza la orden de trabajo y se carga el neumático al camión cuyo destino final es la locación del cliente.

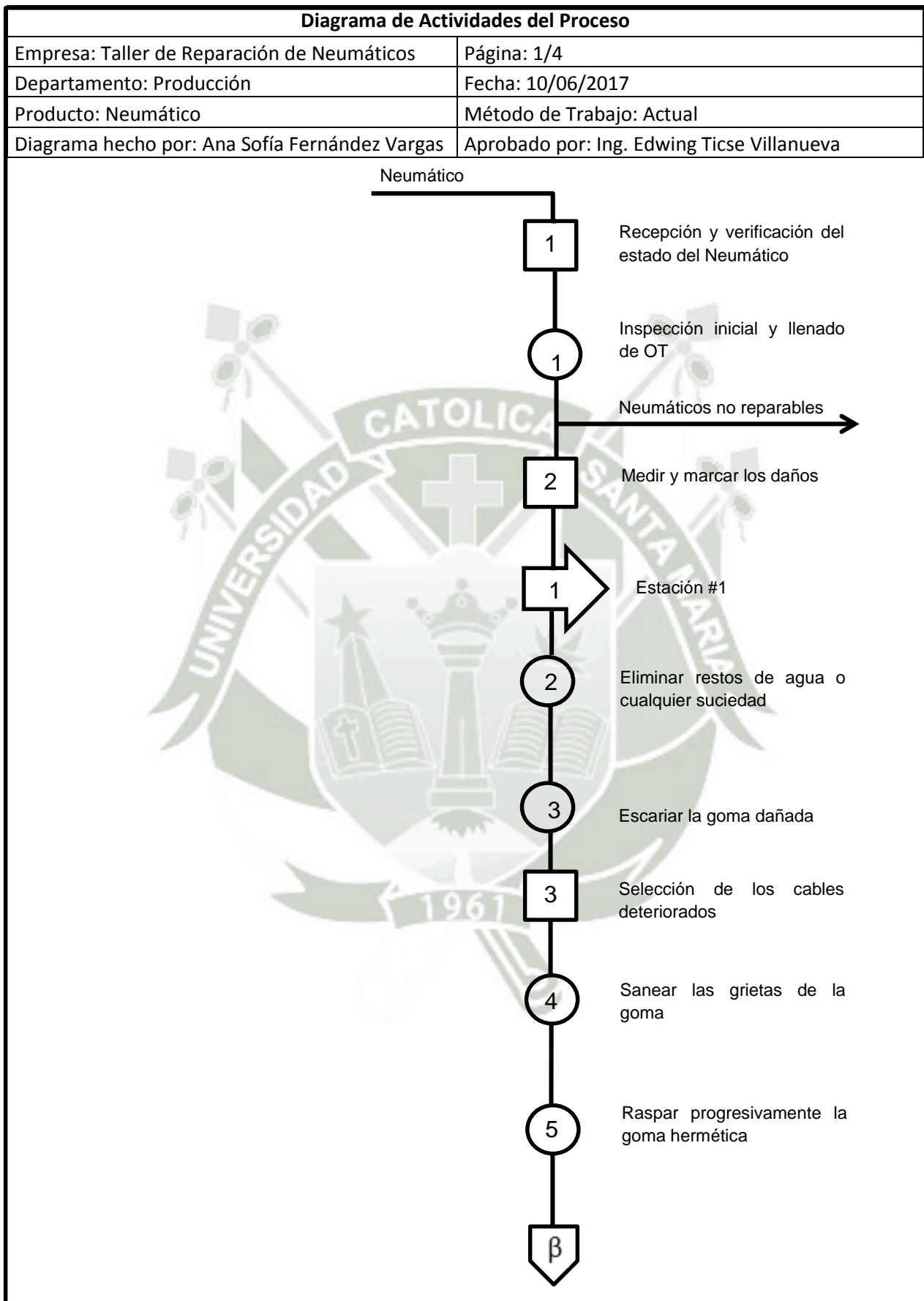
Este proceso tiene como finalidad mejorar los rendimientos de los neumáticos en función a las mejores técnicas de reparación, por lo tanto la reducción de consumo y costos operativos.

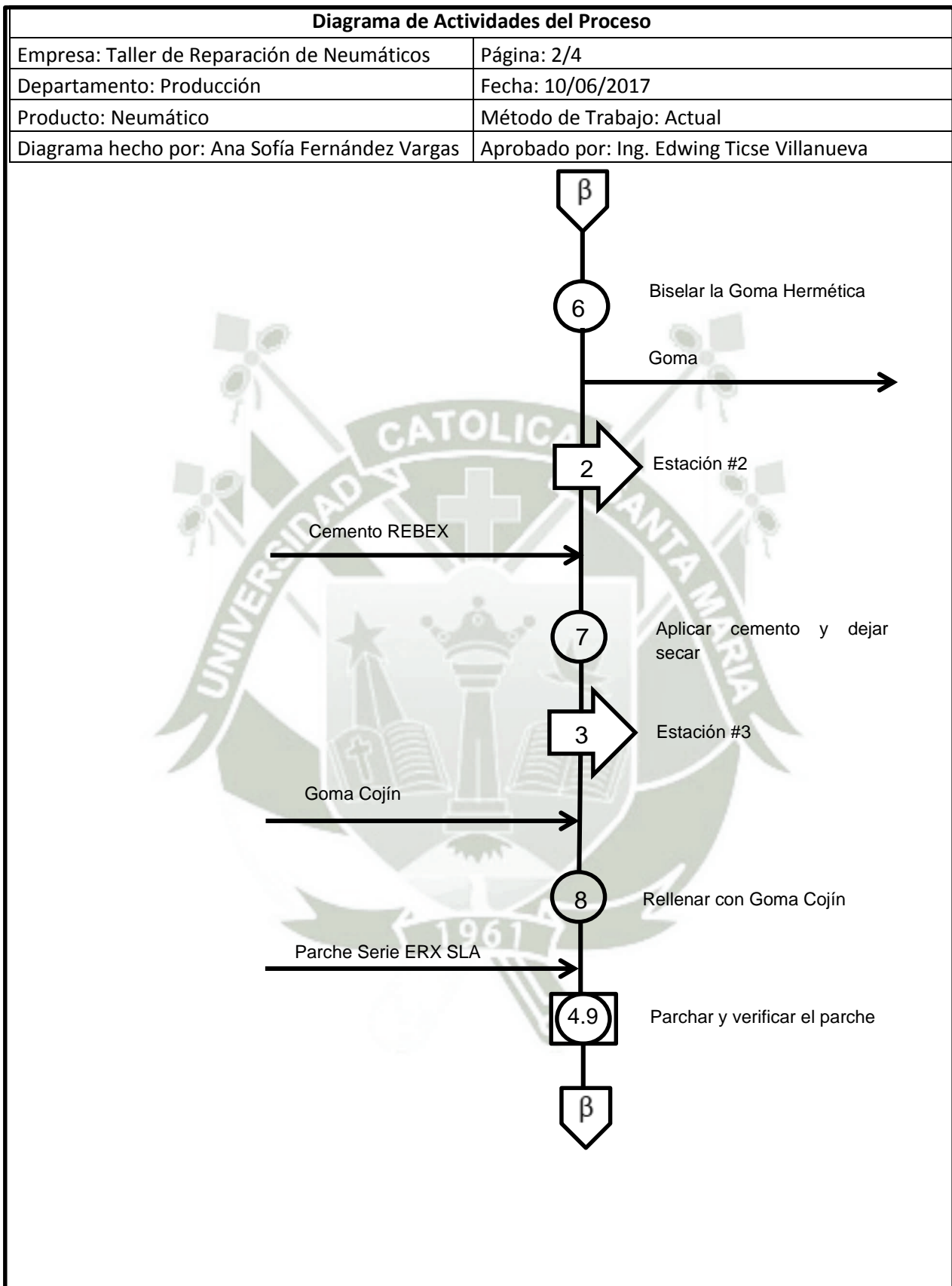
Así mismo se protege el medio ambiente, como consecuencia directa de la disminución de los neumáticos enviados a la basura.

Teniendo esto en cuenta procedemos a realizar diagramas de análisis de procesos.



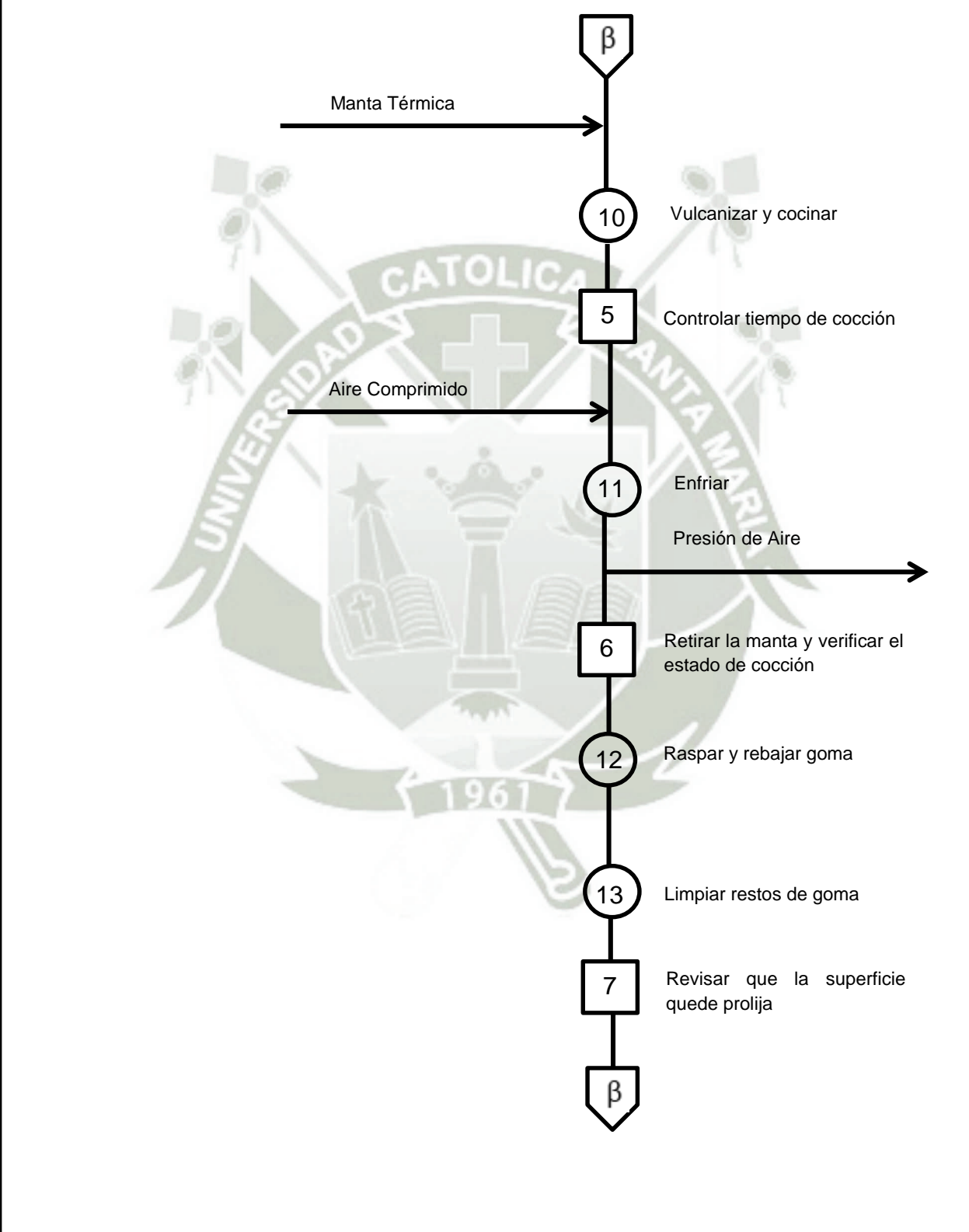
### 3.2.1. Diagrama de Actividades del Proceso





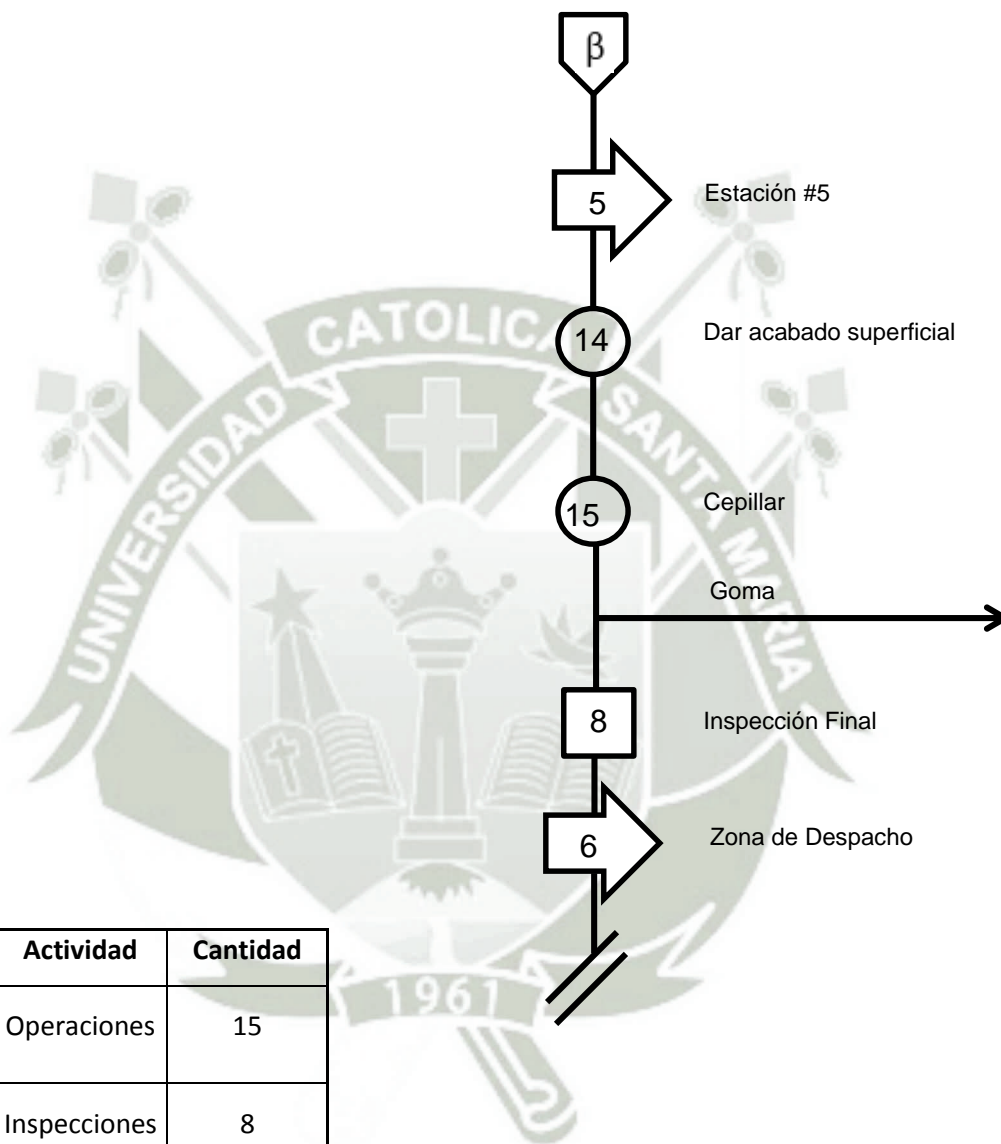
**Diagrama de Actividades del Proceso**

Empresa: Taller de Reparación de Neumáticos	Página: 3/4
Departamento: Producción	Fecha: 10/06/2017
Producto: Neumático	Método de Trabajo: Actual
Diagrama hecho por: Ana Sofía Fernández Vargas	Aprobado por: Ing. Edwing Ticse Villanueva



**Diagrama de Actividades del Proceso**

Empresa: Taller de Reparación de Neumáticos	Página: 4/4
Departamento: Producción	Fecha: 10/06/2017
Producto: Neumático	Método de Trabajo: Actual
Diagrama hecho por: Ana Sofía Fernández Vargas	Aprobado por: Ing. Edwing Ticse Villanueva



Símbolo	Actividad	Cantidad
○	Operaciones	15
□	Inspecciones	8
➔	Transportes	6
⬇	Conectores	3
<b>Total</b>		<b>32</b>

### 3.3. Layout

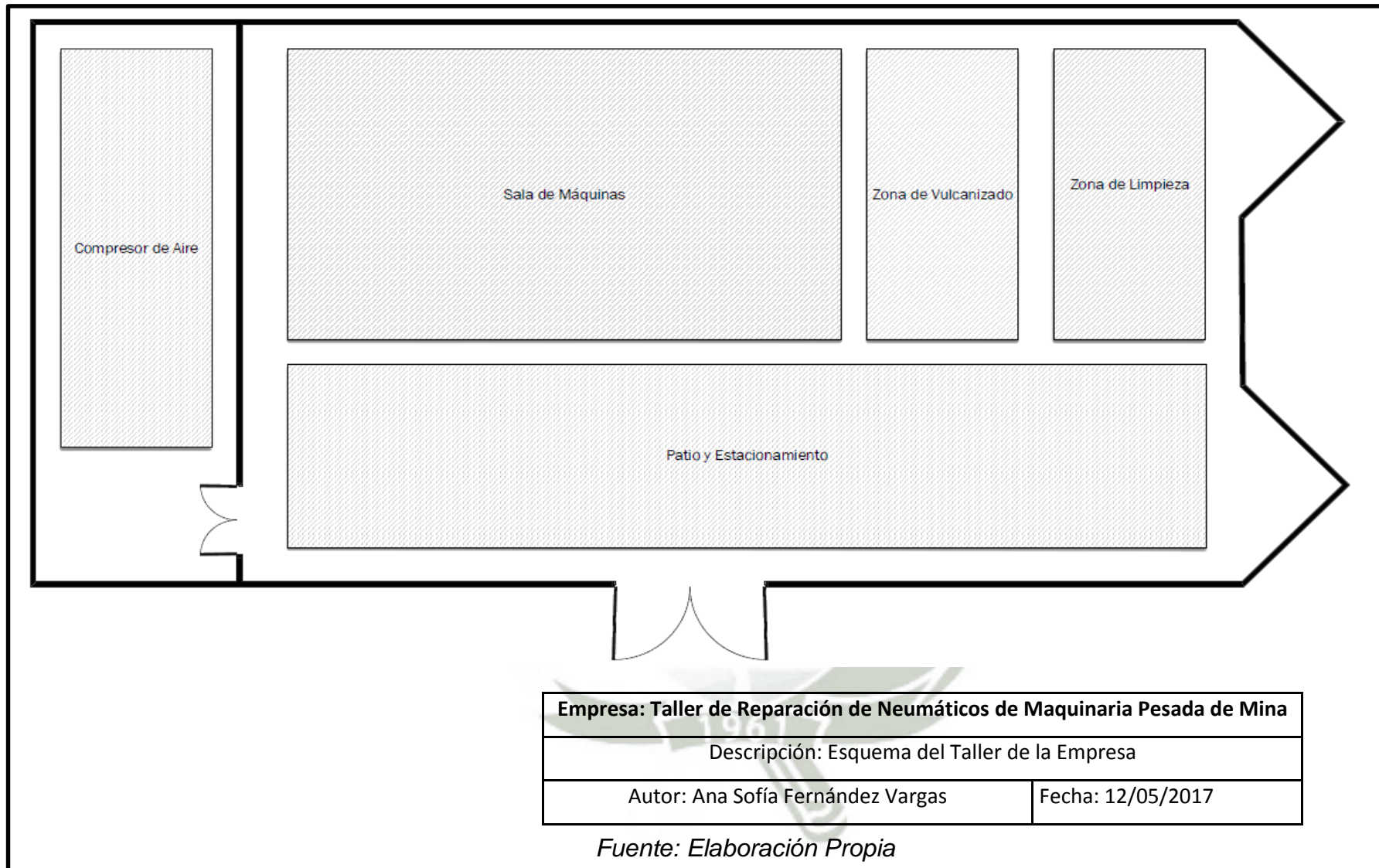
Se cuenta con una locación en el Parque Industrial de Arequipa, en la cual se tiene la zona de taller donde se realiza todo el proceso productivo y así mismo se tienen las oficinas administrativas en el mismo local. Para términos de estudio del proceso productivo presentamos el Layout del Taller identificando las zonas involucradas.

La empresa cuenta con una entrada principal por donde se recepcionan los neumáticos y pasan la inspección; se posee además, un cuarto aislado para el compresor de aire, una sala de máquinas, zona de limpieza y zona de vulcanizado.

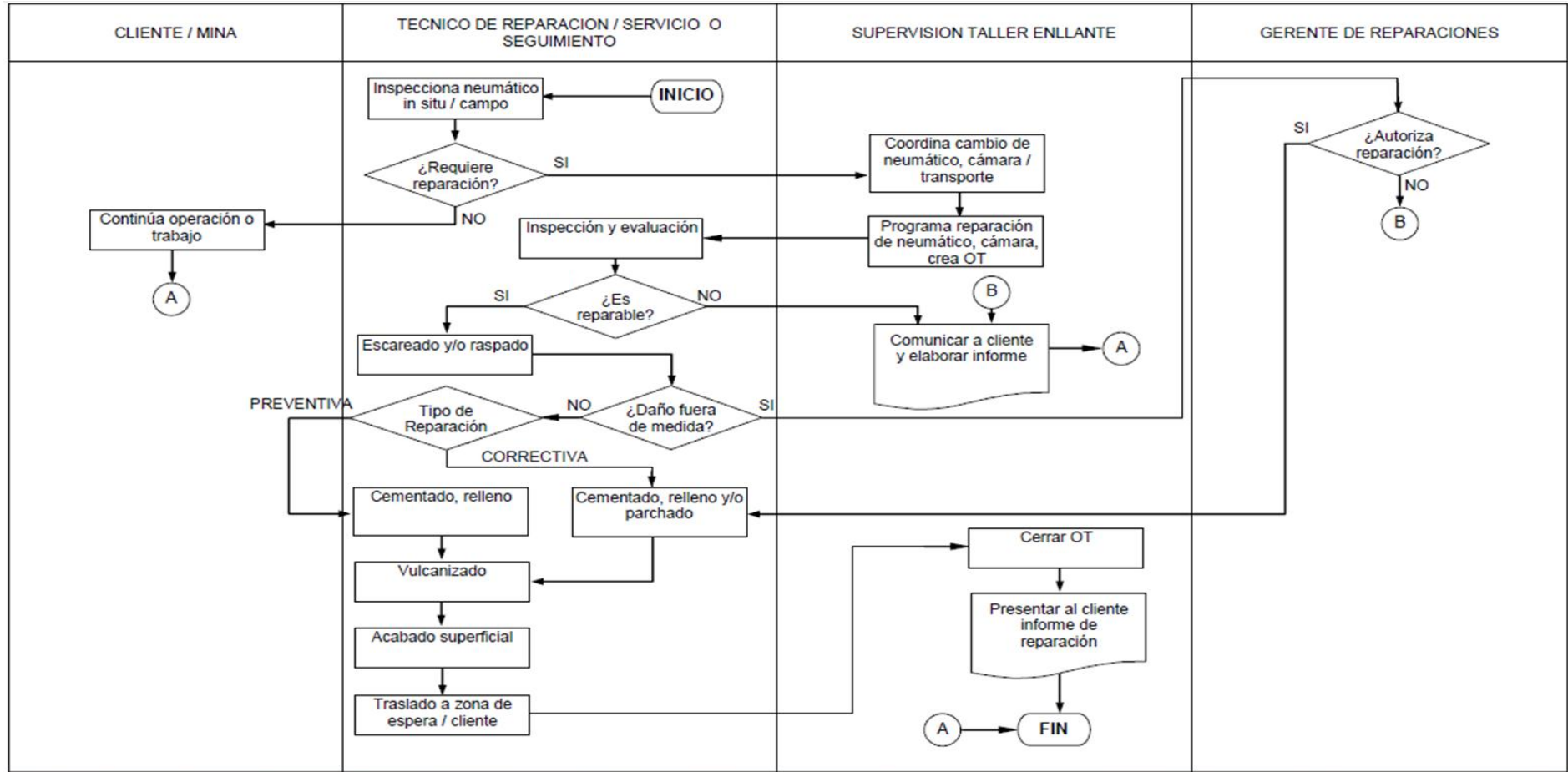
Así mismo, el esquema del Taller de la Empresa se presenta como sigue:



Figura 1. Esquema del Taller de la Empresa



### 3.4. Flujograma del Proceso



Fuente: Jefe de Operaciones de la Empresa

### 3.5. Variables del Proceso

- **Y1: Tiempo de Inspección Inicial**

El neumático llega al Taller y pasa una inspección inicial donde se determinará si requiere reparación o no de acuerdo a los daños encontrados en el neumático.

- **Y2: Tiempo a Estación #1**

El neumático es transportado desde la Zona de Inspección Inicial hasta la Estación #1 donde será montado.

- **Y3: Tiempo de creación de una OT**

Se crea una Orden de Trabajo en la cual se detallará todos los procedimientos por los cuales pasa el neumático y las observaciones según corresponda.

- **Y4: Tiempo de Inspección y Evaluación**

Se verifica si el neumático es reparable o no, en caso que no exista la posibilidad de reparación se comunica inmediatamente al cliente.

- **Y5: Tiempo de Escariado**

Extracción y eliminación completa de la goma circundante al daño a reparar mediante el uso de cuchillos circulares accionados por un motor de eje flexible.

- **Y6: Tiempo de Raspado y Biselado**

Consiste en desgastar o raspar una superficie del neumático con otra áspera o rugosa con la finalidad de obtener una textura apropiada para la unión de los compuestos o elementos de la reparación.

- **Y7: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación #1

- **Y8: Tiempo a Estación #2**

Se realiza el desmontaje del neumático de la Estación #1 y se procede al transporte y montaje en la Estación #2

- **Y9: Cementado Preventivo**

En un procedimiento preventivo se aplica un cemento líquido a las partes desgastadas y se deja secar.

- **Y10: Cementado Correctivo**

En un procedimiento correctivo se aplica un cemento líquido a las partes dañadas y se deja secar.

- **Y11: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación #2

- **Y12: Tiempo a Estación #3**

Se realiza el desmontaje del neumático de la Estación #2 y se procede al transporte y montaje en la Estación #3

- **Y13: Rellenado Preventivo**

Aporte de goma al cráter formado durante la escariación preventiva que cubrirá los cables o lonas “saneadas” la que luego será vulcanizada.

- **Y14: Rellenado Correctivo**

Aporte de goma al cráter formado durante la escariación correctiva que cubrirá los cables o lonas “saneadas” la que luego será vulcanizada.

- **Y15: Parchado Preventivo**

Se coloca un parche con la finalidad de reemplazar los cables o lonas deterioradas.

- **Y16: Parchado Correctivo**

Se coloca un parche con la finalidad de reemplazar los cables o lonas dañadas.

- **Y17: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación #3

- **Y18: Tiempo a Estación #4**

Se realiza el desmontaje del neumático de la Estación #3 y se procede al transporte y montaje en la Estación #4

- **Y19: Tiempo de Vulcanizado**

Se calienta a altas temperaturas el neumático.

- **Y20: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación #4

- **Y21: Tiempo a Estación #5**

Se realiza el desmontaje del neumático de la Estación #4 y se procede al transporte y montaje en la Estación #5

- **Y22: Tiempo de Acabado Superficial**

Nivelado, raspado, cepillado y redibujado de la superficie reparada con fines estéticos.

- **Y23: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación #5

- **Y24: Tiempo de Traslado a Zona de Espera**

Se realiza el desmontaje del neumático de la Estación #5 y se procede al transporte y se coloca el mismo en Zona de Espera.

- **Y25: Tiempo de Inspección Final**

Se supervisa que la llanta esté correctamente reparada.

- **Y26: Tiempo Cierre de OT**

Se cierra la Orden de Trabajo y se especifica todo el trabajo realizado en resumen.

### **3.6. Identificación y Descripción de Problemas Potenciales**

- El principal problema que posee la empresa es la generación de colas entre estaciones, esto sucede debido a que un neumático no puede avanzar a la siguiente estación hasta que la misma se libere, es por ello que en algunos casos existe tiempo ocioso tanto para los recursos humanos como para las máquinas. Entonces el tiempo total del proceso de reparación del neumático se extiende considerablemente.
- Así mismo el transporte de los neumáticos en el taller mediante pato mecánico, genera desorden ya que constantemente se llevan neumáticos de una estación a otra y esto genera que la gestión de seguridad sea mayor para que no existan accidentes debido al transporte, limitando así la circulación libre en el taller.

### **3.7. Análisis de Datos**

En la búsqueda de la mejora del Sistema Actual de la empresa, se simulará el sistema con datos reales, para ello se debe conocer el número de muestras que se deben tomar para tener una base de datos fidedigna.

Se trabajará con un Muestreo Aleatorio Simple para una Población Infinita, dado que no se conoce la población.

La fórmula para el Muestreo elegido es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la Muestra

$Z$  = Correspondiente al nivel de confianza elegido

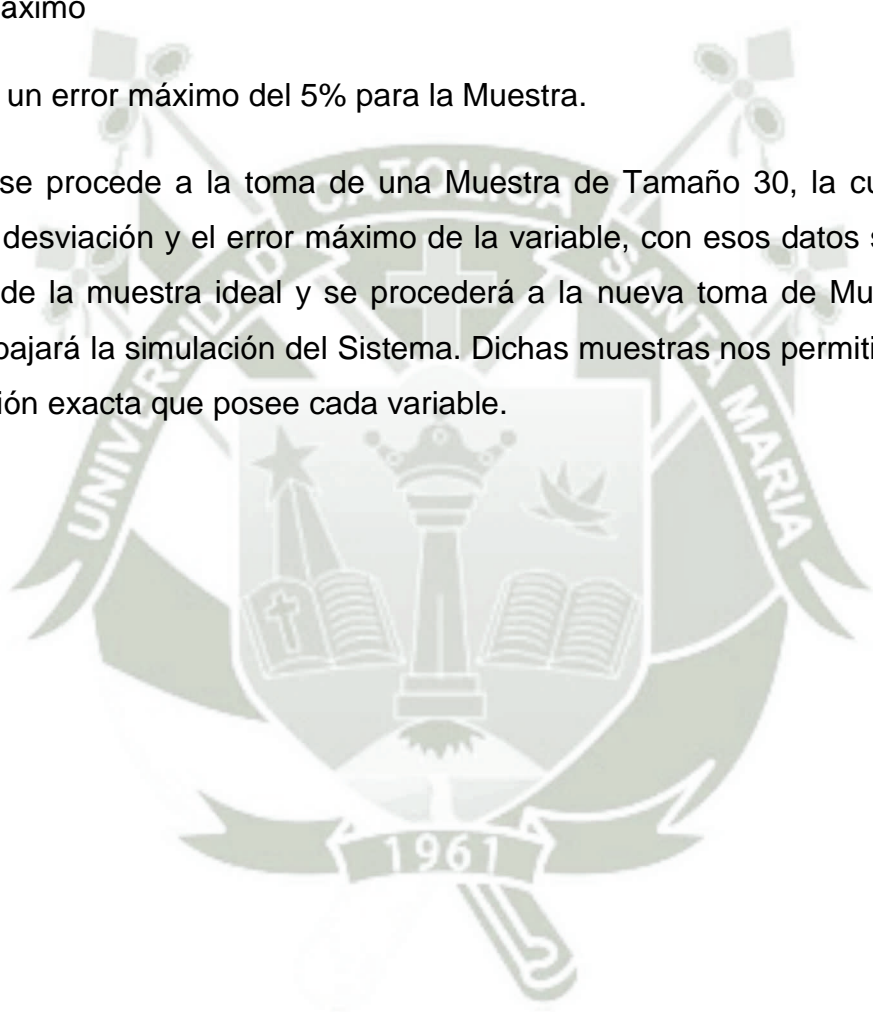
Para este caso se eligió un nivel de confianza del 95% donde  $z = 1.96$

$\sigma$  = Desviación estándar de una variable cuantitativa

$e$  = error máximo

Se tomó un error máximo del 5% para la Muestra.

Entonces, se procede a la toma de una Muestra de Tamaño 30, la cual permitirá conocer la desviación y el error máximo de la variable, con esos datos se conocerá el tamaño de la muestra ideal y se procederá a la nueva toma de Muestra con la cual se trabajará la simulación del Sistema. Dichas muestras nos permitirán conocer la distribución exacta que posee cada variable.



### 3.8. Toma de Muestras y Cálculo del Tamaño de Muestra

#### Tabla 4. Toma de Muestras

Nº	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25	Y26	
1	21.87	17.85	6.84	48.37	123.31	62.73	7.41	17.34	127.20	159.12	7.88	17.41	207.56	245.46	31.23	53.12	8.23	16.01	480	7.24	16.07	63.32	8.23	16.34	30.37	12.45	
2	22.48	17.08	7.41	43.42	144.12	56.53	6.65	17.23	138.84	173.48	6.36	16.31	223.14	239.67	34.56	53.23	6.88	16.41	480	8.40	17.65	78.15	9.82	20.21	31.33	13.24	
3	21.41	18.52	7.17	36.55	137.54	56.42	8.91	14.91	122.18	192.41	6.96	13.99	183.83	228.83	30.22	47.38	8.98	15.43	480	7.72	17.67	85.18	8.35	17.55	31.36	12.28	
4	18.51	17.46	6.82	55.59	125.31	59.67	7.81	17.69	132.92	175.09	8.45	14.14	198.44	243.71	33.16	51.29	6.75	16.24	480	7.59	17.57	77.08	8.98	15.74	26.65	12.30	
5	18.07	19.04	8.60	37.32	133.43	59.87	7.12	16.26	134.85	172.62	6.78	17.66	293.45	278.65	42.76	43.17	6.89	17.14	480	7.65	17.22	64.09	6.61	14.15	27.28	14.26	
6	17.99	16.48	8.86	44.64	136.65	59.42	8.43	14.68	129.72	176.90	6.88	13.82	181.24	247.21	33.87	36.62	8.78	16.46	480	6.88	19.40	66.21	8.22	16.24	31.10	14.57	
7	21.19	19.37	8.42	49.88	147.43	60.12	7.16	14.45	128.37	178.44	7.67	14.90	183.98	249.08	32.56	47.21	9.78	15.27	480	7.63	16.72	68.35	8.09	21.74	31.88	10.72	
8	14.45	17.64	6.96	50.51	126.75	59.11	7.82	15.81	130.00	188.19	6.77	15.68	205.36	193.69	32.45	46.02	6.87	17.65	480	6.06	18.32	73.57	7.35	17.30	27.58	11.63	
9	23.41	18.32	7.32	41.23	138.64	56.64	8.31	14.52	136.05	165.66	7.89	14.76	227.46	202.48	33.78	39.81	7.66	12.32	480	6.78	16.75	76.32	6.62	15.39	28.87	11.63	
10	25.06	18.93	6.78	50.38	146.23	56.77	6.71	17.43	142.77	192.95	6.79	14.58	251.67	280.48	32.98	33.70	8.45	18.47	480	8.55	16.12	81.46	8.96	18.38	31.41	13.28	
11	21.34	19.81	7.87	39.10	125.07	62.42	6.12	15.24	117.03	173.95	6.65	16.79	206.45	220.71	30.76	36.31	9.78	15.65	480	7.68	19.76	82.15	9.98	16.27	27.00	11.18	
12	20.96	19.12	8.30	44.17	131.42	58.98	5.19	17.24	144.69	201.09	9.78	17.46	236.84	263.37	37.54	39.55	8.96	15.86	480	6.13	20.22	87.58	9.95	14.58	26.38	13.07	
13	20.32	19.19	7.12	55.11	130.54	55.63	5.48	17.80	124.15	182.64	7.97	17.63	251.45	227.16	31.56	44.96	5.47	18.31	480	9.62	16.68	80.47	7.14	18.22	31.39	10.88	
14	20.04	19.33	7.30	37.19	139.42	57.53	6.84	16.02	113.72	177.53	7.44	17.54	207.39	286.84	31.65	42.32	8.79	13.01	480	9.53	18.45	76.15	8.26	14.54	29.05	13.87	
15	20.04	16.87	7.40	46.69	122.42	57.89	6.13	16.96	122.03	161.74	7.87	16.81	190.93	191.62	30.75	50.34	8.95	17.67	480	6.04	14.27	77.59	7.42	19.97	30.65	12.47	
16	21.49	19.31	7.01	38.53	149.54	58.52	5.93	15.27	122.16	186.47	8.77	19.25	234.52	247.02	45.73	51.50	6.67	16.78	480	7.76	15.89	83.26	8.01	14.03	31.09	11.04	
17	19.52	17.80	5.45	48.47	142.42	63.23	6.83	15.29	144.23	188.62	6.88	15.91	234.76	204.11	30.75	39.98	6.75	16.40	480	7.11	14.76	60.28	7.51	11.46	26.04	13.58	
18	17.24	17.99	6.73	42.19	123.62	85.77	7.54	17.53	139.12	194.08	7.88	16.49	214.55	265.40	30.64	51.75	7.68	19.93	480	6.86	17.39	65.48	6.17	15.71	31.32	14.44	
19	18.68	17.31	6.48	47.02	145.42	58.43	8.14	16.49	135.26	158.63	7.68	17.70	273.76	216.41	34.77	51.50	8.97	17.83	480	6.11	18.03	98.41	8.39	19.66	27.28	14.17	
20	21.58	17.16	5.92	47.98	124.31	56.32	7.93	14.77	136.74	188.65	5.77	19.14	263.90	217.07	35.74	45.03	6.97	20.01	480	6.99	15.75	97.53	8.70	19.55	30.52	12.41	
21	20.42	17.74	5.81	42.50	122.42	62.23	7.81	15.69	138.95	187.98	5.98	16.27	191.33	271.09	32.45	52.05	7.85	16.21	480	8.02	13.59	67.48	8.64	19.11	31.11	14.86	
22	23.38	16.85	7.13	48.13	180.12	62.12	7.55	15.95	121.78	181.49	5.88	14.39	236.64	249.63	34.88	50.37	6.88	18.57	480	7.17	19.96	99.05	7.51	16.50	26.39	10.01	
23	18.56	19.11	5.69	49.23	142.56	55.42	8.41	17.38	112.48	176.96	7.77	16.10	237.83	254.42	33.64	38.71	6.79	16.85	480	7.12	17.24	73.15	8.35	15.78	30.12	14.61	
24	20.75	17.02	8.32	44.13	139.42	56.87	7.82	14.51	117.60	181.31	8.93	20.51	183.86	284.26	31.98	53.38	8.11	15.29	480	8.94	18.45	79.07	9.36	14.76	29.47	11.64	
25	22.08	16.90	8.41	53.74	142.42	55.77	7.46	16.61	118.38	203.58	6.46	14.24	206.87	185.88	34.22	53.53	8.03	14.85	480	6.92	14.82	72.65	8.59	17.49	31.85	13.50	
26	21.88	19.40	6.96	51.49	122.76	59.31	7.31	14.65	141.61	181.35	8.76	18.27	205.77	192.32	32.53	54.86	8.11	12.59	480	8.38	15.98	70.53	7.16	17.02	26.35	10.25	
27	23.11	18.54	7.99	46.71	138.87	59.32	8.68	15.02	137.74	189.35	7.64	13.90	263.88	248.96	31.58	38.87	7.23	20.48	480	8.42	14.81	74.26	9.94	16.04	30.90	13.13	
28	20.29	16.12	8.07	49.32	135.05	62.29	6.61	17.92	114.09	193.02	7.88	14.99	224.55	261.67	31.44	46.75	7.18	16.38	480	7.14	14.91	62.34	6.73	15.97	29.23	12.15	
29	17.26	19.64	7.20	45.75	146.45	59.34	8.51	16.88	133.34	179.68	7.55	16.21	191.26	292.07	31.74	45.67	7.26	17.54	480	8.21	16.93	67.50	9.75	19.23	30.95	13.41	
30	17.38	18.56	8.57	51.02	136.31	59.73	6.36	15.89	132.77	170.29	6.78	14.24	206.43	218.14	31.66	41.79	7.22	13.48	480	6.12	17.81	78.20	8.73	18.43	30.64	13.29	
Media Muestral	20.359	18.149	7.297	46.212	136.666	59.813	7.299	16.11	129.6923	181.11	7.425	16.24	220.64	240.25	46.03	33.45	7.764	16.5	480	7.492	16.973	76.2287	8.251	16.91	29.52	12.677	
Varianza Muestral	5.192	1.1257	0.825	27.507	143.291	29.253	0.925	1.335	95.0292	130.57	0.912	3.177	868.39	959.86	37.49	11.62	1.083	4.137	0	0.952	2.94284	106.252	1.157	5.038	3.964	1.8549	
Nivel de Confianza	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Z1- $\alpha/2$	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	
e'	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	
e	1.02	0.91	0.36	2.31	6.83	2.99	0.36	0.81	6.48	9.06	0.37	0.81	11.03	12.01	2.30	1.67	0.39	0.83	24.00	0.37	0.85	3.81	0.41	0.85	1.48	0.63	
n	19.25	5.25	23.82	19.79	11.79	12.56	26.68	7.90	8.68	6.12	25.42	18.52	27.41	25.55	27.20	15.96	27.60	23.34	0.00	26.07	15.70	28.10	26.11	27.07	6.99	17.74	
Muestras	20	6	24	20	12	13	27	8	9	7	26	19	28	26	28	16	28	24	0	27	16	29	27	28	7	18	

Fuente: Elaboración Propia

Analizando la tabla anterior, podemos observar que el número de muestras en todas las variables es menor a 30, por lo tanto; se considerará para fines de simulación del sistema una distribución constante con la media muestral de cada variable.

### 3.9. Sistema Actual

Para simular el modelo del Sistema Actual acorde a la realidad se tomarán en cuenta todos los supuestos necesarios para cada variable como sigue:

#### 3.9.1. Recursos

**Tabla 5. Recursos del Sistema Actual**

Recursos	Cantidad
<b>Recursos Humanos</b>	
Jefe de Taller	1
Operarios	7
<b>Recursos Materiales</b>	
Pato Mecánico	1
Pulido de Neumáticos	1
Soplete	1
Extrusora	1
Tijera	1
Brocha	1
Brocha Manual	1
Escariador	1
Raspadora	1
Motor Flexible	1
Ruleta Estriada	1
Thermopres	1
Equipo Monaflex	1

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.9.2. Distribución De Las Variables

**Tabla 6. Distribución de Variables del Sistema Actual**

<b>VARIABLE</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>
<b>Y1: Tiempo de Inspección Inicial</b>	CONSTANTE(20.36 min)
<b>Y2: Tiempo a Estación #1</b>	CONSTANTE (18.15 min)
<b>Y3: Tiempo de Creación de una OT</b>	CONSTANTE (7.30 min)
<b>Y4: Tiempo de Inspección y Evaluación</b>	CONSTANTE (46.21 min)
<b>Y5: Tiempo de Escariado</b>	CONSTANTE (136.67 min)
<b>Y6: Tiempo de Raspado y Biselado</b>	CONSTANTE (59.81 min)
<b>Y7: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.30 min)
<b>Y8: Tiempo a Estación #2</b>	CONSTANTE (16.11 min)
<b>Y9: Tiempo Cementado Preventivo</b>	CONSTANTE (129.69 min)
<b>Y10: Tiempo Cementado Correctivo</b>	CONSTANTE (181.11 min)
<b>Y11: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.43 min)
<b>Y12: Tiempo a Estación #3</b>	CONSTANTE S(16.24 min)
<b>Y13: Tiempo Rellenado Preventivo</b>	CONSTANTE (220.64 min)
<b>Y14: Tiempo Rellenado Correctivo</b>	CONSTANTE (240.25 min)
<b>Y15: Tiempo Parchado Preventivo</b>	CONSTANTE (33.45 min)
<b>Y16: Tiempo Parchado Correctivo</b>	CONSTANTE (46.03 min)
<b>Y17: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.76 min)
<b>Y18: Tiempo a Estación #4</b>	CONSTANTE (16.50 min)
<b>Y19: Tiempo de Vulcanizado</b>	CONSTANTE (480 min)
<b>Y20: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.49 min)
<b>Y21: Tiempo a Estación #5</b>	CONSTANTE (16.97 min)
<b>Y22: Tiempo de Acabado Superficial</b>	CONSTANTE (76.23 min)
<b>Y23: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (8.25 min)
<b>Y24: Tiempo de Traslado a Zona de Espera</b>	CONSTANTE (16.91 min)
<b>Y25: Tiempo de Inspección Final</b>	CONSTANTE (29.52 min)
<b>Y26: Tiempo Cierre OT</b>	CONSTANTE (12.68 min)

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.9.3. SEGUIMIENTO DE ÓRDENES DE TRABAJO

A continuación se muestra el seguimiento de dos ciclos correspondientes al mes de marzo de 2017 para evaluar posteriormente la correlación entre la realidad de la empresa y el sistema simulado. Como se observará ambos ciclos cumplen con un ciclo de 12 días con variación de algunas horas.

**Tabla 7. Registro Orden de Trabajo Marzo 06/2017**

**REGISTRO DE ORDEN TRABAJO**

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	
<b>Fecha de Entrada</b>	<b>06/03/2017 7:35A.M.</b>												
<b>Marca</b>	Brigstone	Michelin	Michelin	Michelin	Brigstone	Firestone	Firestone	Michelin	Firestone	Firestone	Firestone	Firestone	
<b>Serie</b>	B2K9W0133	XVD0039L3Y	PLR0034T6A	LLR0017T0A	S4S001065	X3V001128	X3A003093	BVI0101V9A	X3V000505	X3V001122	S4V000002	S5E000002	
<b>Reparación Tipo</b>	Preventivo	Correctivo	Correctivo	Preventivo	Correctivo	Preventivo	Correctivo	Preventivo	Correctivo	Correctivo	Correctivo	Correctivo	
<b>Tiempo (Min)</b>	Inspección y Evaluación	45.15	50.35	38.14	39.56	55.22	49.23	39.82	43.45	46.21	48.55	55.83	44.54
	Escariado	133.45	145.12	139.54	140.45	141.54	126.43	143.31	145.43	141.43	136.31	135.43	133.21
	Raspado y Biselado	60.22	58.15	64.12	65.14	61.12	55.43	58.87	54.52	63.93	65.43	59.14	60.69
	Cementado	134.53	181.31	175.94	128.31	191.31	125.68	188.65	140.31	193.96	178.54	189.59	192.41
	Rellenado	228.45	275.39	268.35	237.49	279.83	235.59	274.15	238.15	276.36	282.39	290.31	274.54
	Parchado	36.40	52.33	51.43	38.12	51.75	41.82	55.15	40.31	53.19	50.14	52.69	54.87
	Vulcanizado	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00
	Acabado Superficial	64.56	85.31	88.46	68.54	86.17	70.51	78.35	60.49	77.63	84.52	86.42	83.62
<b>Fecha de Salida</b>	<b>18/03/2017 11:35A.M.</b>												
<b>Observaciones del Lote</b>	Daño en la lona de carcasa de N7 de diámetro 85mm, límite máximo, no superar límite para no considerar desecho.												

*Fuente: Empresa Reparadora de Neumáticos*

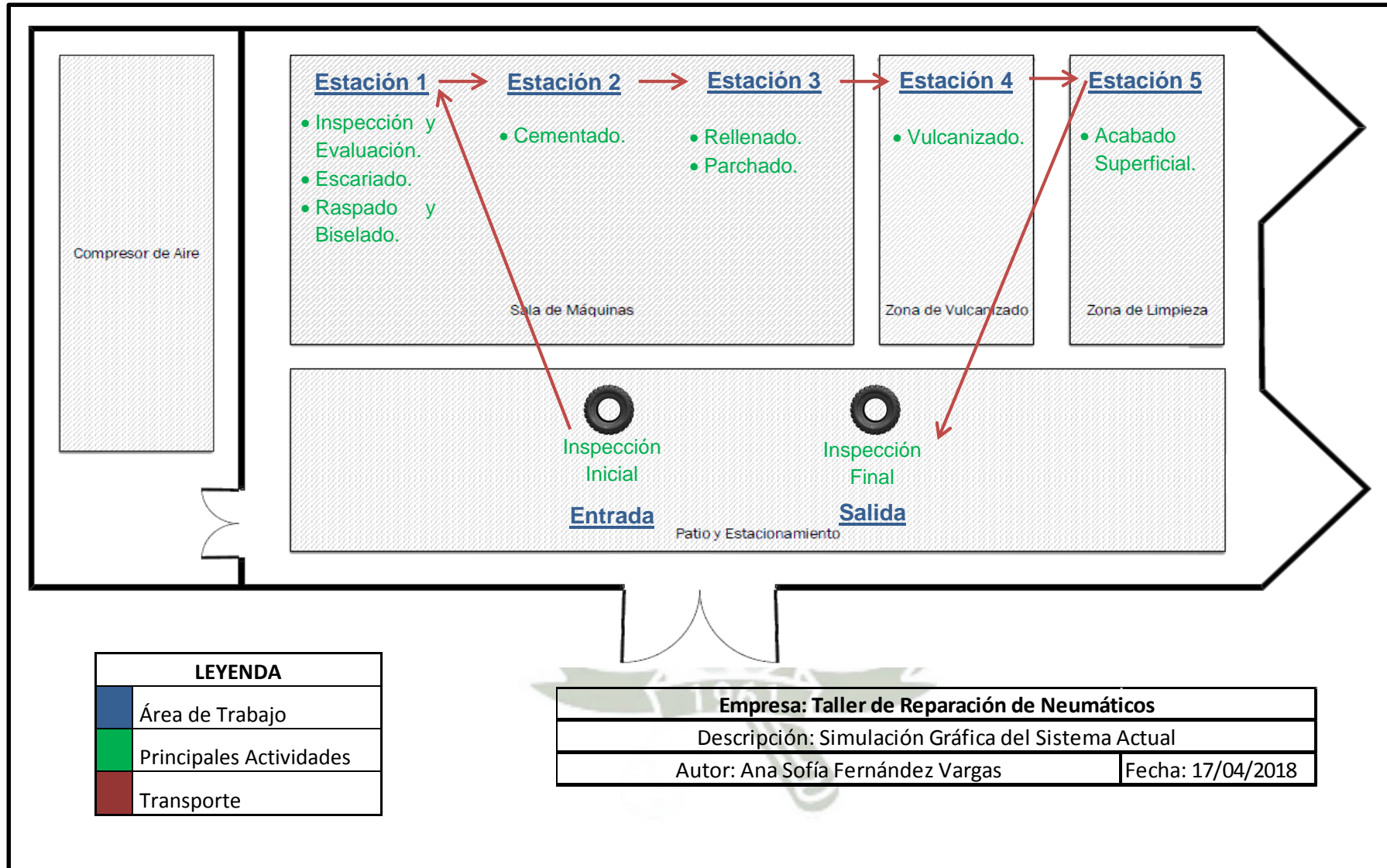
**Tabla 8. Registro Orden de Trabajo Marzo 18/2017**  
REGISTRO DE ORDEN TRABAJO

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
<b>Fecha de Entrada</b>	18/03/2017 07:20											
<b>Marca</b>	Michelin	Brigstone	Brigstone	Brigstone	Brigstone	Michelin	Michelin	Brigstone	Brigstone	Brigstone	Michelin	Michelin
<b>Serie</b>	OLR0537G4A	S3Y002249	S3J000721	S3B003841	S4S000519	DVD0009L3Y	KLR0618G6A	B4M560133	B4M560128	B2K9W0133	RLK0126S7A	DVC3053U4Y
<b>Reparación Tipo</b>	Preventivo	Correctivo	Correctivo	Correctivo	Correctivo	Preventivo	NR	Preventivo	Correctivo	NR	Preventivo	Preventivo
<b>Tiempo (Min)</b>	Inspección y Evaluación	51.53	41.54	39.15	55.15	48.92	47.93	52.12	48.19	53.15	44.54	
	Escariado	143.16	148.15	136.18	145.92	127.62	142.62	137.94	138.94	147.31	133.24	
	Raspado y Biselado	56.31	58.31	63.54	64.42	55.48	54.15	56.15	62.92	58.15	55.94	
	Cementado	144.82	175.83	178.28	168.37	187.61	135.77	150.31	185.91	179.52	172.95	
	Rellenado	128.45	275.39	268.35	237.49	279.83	235.59	238.15	276.36	290.31	274.54	
	Parchado	38.15	55.41	51.41	37.41	52.51	36.62	42.15	54.16	40.73	43.19	
	Vulcanizado	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00	480.00
	Acabado Superficial	63.15	70.41	85.62	64.92	80.10	65.16	61.79	79.46	68.51	63.55	
<b>Fecha de Salida</b>	30/03/2017 8:35A.M.											
<b>Observaciones del Lote</b>	N7 sin reparación por daño alto en banda de rodamiento, N10 sin reparación por daño alto en pared lateral.											

*Fuente: Empresa Reparadora de Neumáticos*



### 3.9.4. Simulación Gráfica del Sistema Actual

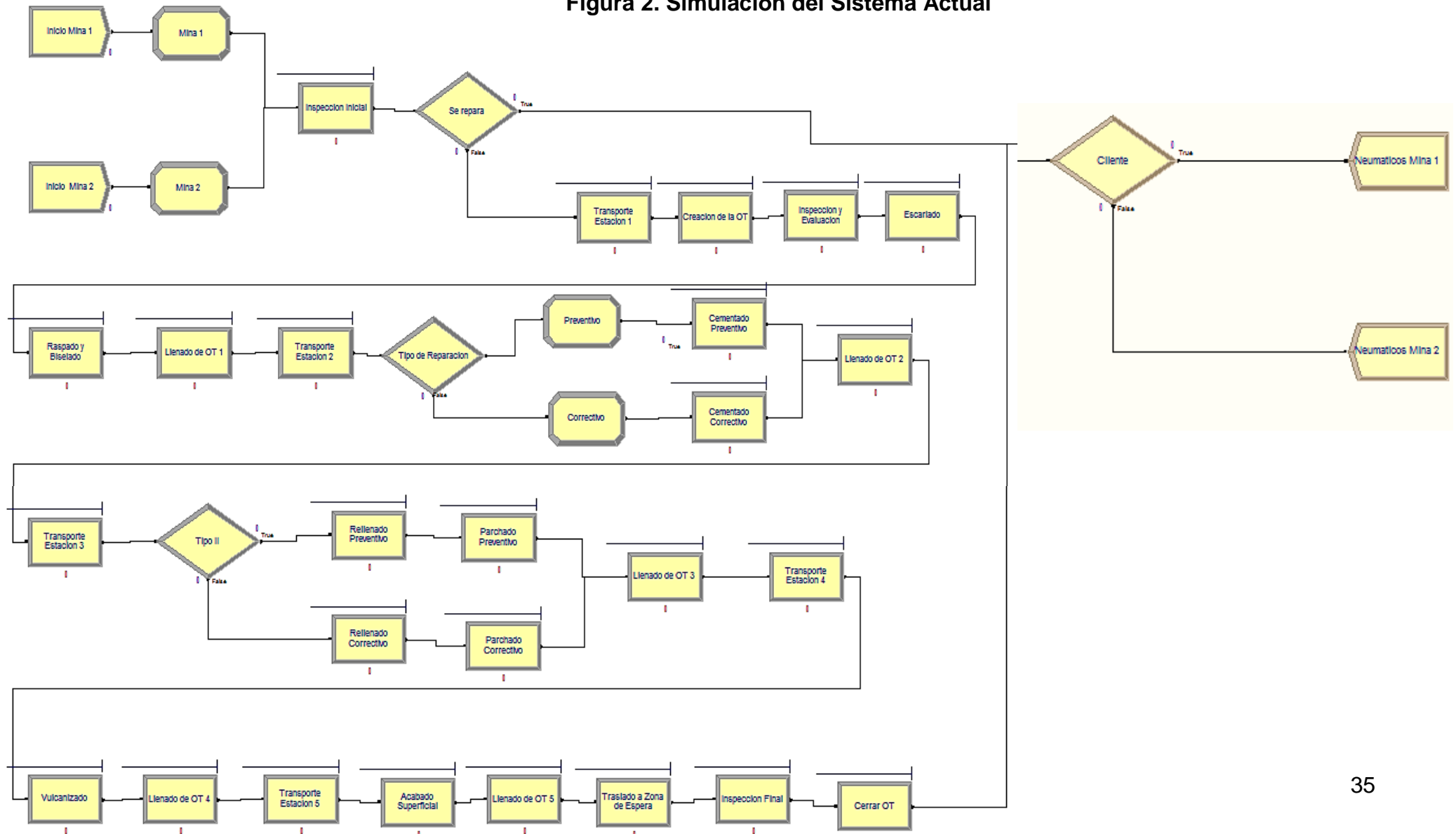


LEYENDA	
	Área de Trabajo
	Principales Actividades
	Transporte

<b>Empresa: Taller de Reparación de Neumáticos</b>	
Descripción: Simulación Gráfica del Sistema Actual	
Autor: Ana Sofía Fernández Vargas	Fecha: 17/04/2018

### 3.9.5. Simulación del Sistema Actual en Arena 14.0

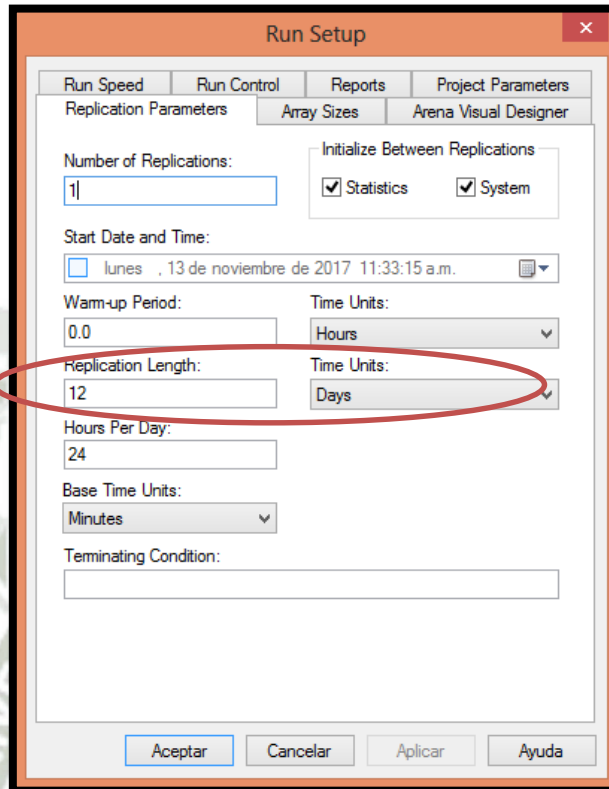
Figura 2. Simulación del Sistema Actual



Fuente: Elaboración Propia en Arena 14.0

- **Setup de la Simulación en Arena 14.0**

**Cuadro 1. Programación del Sistema Actual en Arena 14.0**



*Fuente: Simulación del Sistema Actual en Arena 14.0*

Se replica el Sistema cada 12 días, ya que en 12 días se reparan 12 neumáticos.

- **Recursos en Arena 14.0**

El Sistema Actual trabaja 8 horas al día, para lo cual se ha creado un horario de mañana de 8 horas para simular a exactitud el sistema; referente al área de vulcanizado, se toma para esta área un trabajo con capacidad de 1 unidad a la vez para todos los recursos, ya que se trabaja todo el día en horarios rotativos.

**Cuadro 2. Recursos del Sistema Actual en Arena 14.0**

Resource - Basic Process				
	Name	Type	Capacity	Schedule Name
1	Operario 1	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
2	Jefe de Taller	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
3	Operario 2	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
4	Pato Mecanico	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
5	Operario 3	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
6	Operario 4	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
7	Pulidor de Neumaticos	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
8	Soplete	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
9	Extrusora	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
10	Tijera	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
11	Brocha	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
12	Operario 5	Fixed Capacity	1	1
13	Operario 6	Fixed Capacity	1	1
14	Operario 7	Fixed Capacity	1	1
15	Brocha Manual	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
16	Escariador	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
17	Raspadoras	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
18	Motor Flexible	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
19	Ruleta Estriada	Based on Schedule	Horario Manana	Horario Manana
20	Thermopres	Fixed Capacity	1	1
21	Equipo Monaflex	Fixed Capacity	1	1

*Fuente: Simulación del Sistema Actual en Arena 14.0*

### 3.10. Resultados Del Sistema Actual en Arena 14.0

Como resultado del sistema, tenemos que cada 12 días se reparan 12 neumáticos.

**Cuadro 3. Resultado en Unidades del Sistema Actual en Arena 14.0**

<b>Key Performance Indicators</b>	
<b>System</b>	<b>Average</b>
Number Out	12

*Fuente: Simulación del Sistema Actual en Arena 14.0*

Se puede evidenciar mediante los resultados, dos puntos muy importantes dentro del sistema.

El primer punto es que existen colas dentro del proceso, siendo las colas mayores las operaciones principales del proceso de reparación, las colas se muestran a continuación:

**Cuadro 4. Resultado de Colas del Sistema Actual en Arena 14.0**

Operación	Unidades en Cola
Acabado Superficial.Queue	2.0000
Cementado Correctivo.Queue	<u>3.0000</u>
Cementado Preventivo.Queue	<u>4.0000</u>
Cerrar OT.Queue	0.00
Creacion de la OT.Queue	2.0000
Escariado.Queue	<u>6.0000</u>
Inspeccion Final.Queue	0.00
Inspeccion Inicial.Queue	<u>11.0000</u>
Inspeccion y Evaluacion.Queue	<u>8.0000</u>
Llenado de OT 1.Queue	0.00
Llenado de OT 2.Queue	2.0000
Llenado de OT 3.Queue	1.0000
Llenado de OT 4.Queue	1.0000
Llenado de OT 5.Queue	1.0000
Parchado Correctivo.Queue	<u>5.0000</u>
Parchado Preventivo.Queue	<u>3.0000</u>
Raspado y Biselado.Queue	0.00
Rellenado Correctivo.Queue	<u>4.0000</u>
Rellenado Preventivo.Queue	<u>3.0000</u>
Transporte Estacion 1.Queue	2.0000
Transporte Estacion 2.Queue	<u>8.0000</u>
Transporte Estacion 3.Queue	<u>7.0000</u>
Transporte Estacion 4.Queue	1.0000
Transporte Estacion 5.Queue	0.00
Traslado a Zona de Espera.Queue	0.00
Vulcanizado.Queue	<u>7.0000</u>

*Fuente: Simulación del Sistema Actual en Arena 14.0*

Como se aprecia en el resultado anterior, los neumáticos en algunas operaciones generan colas, teniendo hasta como un máximo, 11 unidades en cola esperando ser atendidas en el sistema.

El porcentaje de utilización de cada uno de los recursos también es calculado por el Software y se muestra a continuación:

**Cuadro 5. Resultado de Tiempos del Sistema Actual en Arena 14.0**

USO	Promedio	Tiempo del Ciclo de Trabajo	Minutos de Trabajo Total	Minutos de Trabajo Promedio
Utilización Instantánea (%)	(%)			
Brocha	0.02638947	17280	456.01	41.46
Brocha Manual	0.04897164	17280	846.23	76.93
Equipo Monaflex	0.3056	17280	5280.77	480.07
Escariador	0.08700058	17280	1503.37	136.67
Extrusora	0.1484	17280	2564.35	233.12
Jefe de Taller	0.07518634	17280	1216.83	110.62
Motor Flexible	0.03807350	17280	657.91	59.81
Operario 1	0.2540	17280	4389.12	399.01
Operario 2	0.2640	17280	4561.92	414.72
Operario 3	0.2224	17280	3843.07	349.37
Operario 4	0.2767	17280	4781.38	434.67
Operario 5	0.3056	17280	5280.77	480.07
Operario 6	0.3056	17280	5280.77	480.07
Operario 7	0.3056	17280	5280.77	480.07
Pato Mecanico	0.06421759	17280	1109.68	100.88
Pulidor de Neumaticos	0.04897164	17280	846.23	76.93
Raspadoras	0.03807350	17280	657.91	59.81
Ruleta Estriada	0.02638947	17280	456.01	41.46
Soplete	0.1034	17280	1786.75	162.43
Thermopres	0.3056	17280	5280.77	480.07
Tijera	0.02638947	17280	456.01	41.46

*Fuente: Elaboración Propia*

En el cuadro anterior, el simulador arroja los resultados del promedio de la utilización de cada uno de los recursos ya sea material o humano, este promedio se encuentra en porcentaje del total de horas que el sistema trabaja.

Para obtener el tiempo real que cada recurso trabaja en total y en promedio, se procede a una conversión como se expresa en el lado derecho de los resultados.

El tiempo del ciclo de trabajo es el total de horas que el ciclo posee, como la simulación se basa en un día de 24 horas tenemos que el tiempo del ciclo de trabajo es el siguiente:

$$\text{Ciclo de trabajo} = 12 \text{ días} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} = 17280 \text{ min}$$

Los minutos del trabajo total de cada recurso son equivalentes a los 17280 min de cada ciclo por cada porcentaje de utilización. Entonces se tendrán los minutos totales que se encuentra trabajando cada recurso.

$$\textit{Min del trabajo total} = 17280 \textit{ min} \times \% \textit{ promedio}$$

Posterior a ello, dado que la simulación tuvo una unidad irreparable y 11 reparables, para hallar el promedio de trabajo se divide el tiempo total de operación entre 11 unidades y el resultado es el promedio de trabajo de cada recurso, que si se compara al promedio de tiempo de cada operación descrita en el muestreo, existe correlación.

$$\textit{Min trabajo promedio} = \frac{\textit{Min del trabajo total}}{11}$$

Analizando los resultados anteriores, al existir colas dentro del sistema debido al proceso llevado a cabo en secuencia, el tiempo del ciclo aumenta considerablemente, y por tanto; se reparan menos neumáticos a largo plazo. Teniendo en cuenta este problema dentro del Sistema Actual, se procede a desarrollar una solución que permita incrementar la productividad y reducir al máximo las colas en el sistema.

## CAPÍTULO IV

### 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

#### 4.1. Metodología Aplicada

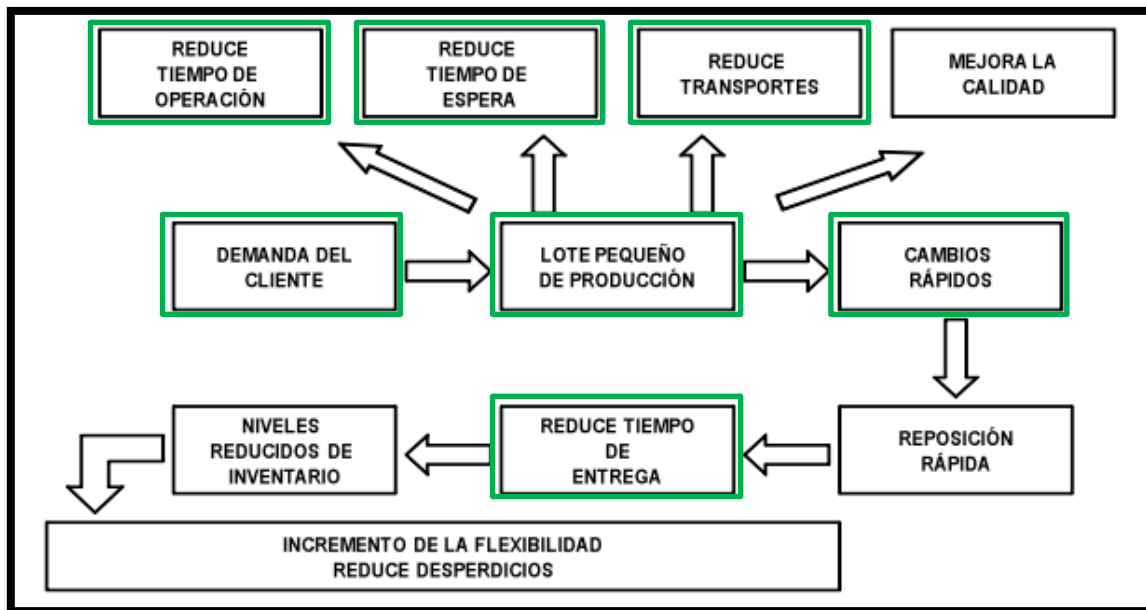
El sistema propuesto para realizar mejoras en la producción debe apoyarse en una metodología; por tanto, se analizarán los objetivos que se buscan lograr a partir del análisis del sistema actual y con ello, seguir una metodología que sirva como base para el sistema propuesto.

Tomando en cuenta los objetivos del presente trabajo, se busca proponer e implementar un sistema mejorado respecto a que se tiene; para ello, teniendo evidencia de las deficiencias del sistema actual lo que se busca es:

- Debido a la creciente demanda por parte de los clientes actuales, se busca reducir el tiempo total de producción con la finalidad de reparar más neumáticos en un menor tiempo.
- Así mismo, se desea reducir las colas existentes dentro del sistema actual, las cuales reducirán el tiempo de espera.
- Dado que los transportes no generan valor agregado en la reparación del neumático, se desea reducir al mínimo los mismos.

Según, (Niño Luna & Bednarek, 2010), las bases de la Manufactura Esbelta son las siguientes:

**Figura 3. Mapa conceptual Sistema de Manufactura Esbelta**



*Fuente: Niño Luna & Bednarek*

Comparando los objetivos del Sistema Propuesto con el Sistema de Manufactura Esbelta, se puede afirmar que la presente investigación se apoya en dicho sistema. Así mismo se sombrea en color verde los puntos en común para comparar su similitud. Analizando ambas partes se trabajará en base al Sistema de Manufactura Esbelta por la similitud alcanzada.

Por otro lado, la Manufactura Esbelta contempla diferentes sistemas, de los cuales, posterior a un análisis se toma en consideración “Mejora Continua Kaizen”.

Según (Pineda Mandujano), el objetivo de la Mejora Continua Kaizen es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación, que es lo que se busca.

Para ello se aplicarán los 7 pasos para implementar Kaizen de (Pineda Mandujano):

- **Paso 1. Selección del tema de estudio.**  
El tema de estudio ya se encuentra aplicado dada la concepción del presente proyecto.
- **Paso 2. Crear la estructura para el proyecto.**  
Realizado en el Capítulo I del presente trabajo.

- **Paso 3. Identificar la situación actual y formular objetivos.**  
Realizado en el Capítulo III del presente trabajo.
- **Paso 4: Diagnóstico del problema.**  
Realizado en el Capítulo III del presente trabajo.
- **Paso 5: Formular plan de acción.**  
Se desarrollará a continuación en el Capítulo IV y el Capítulo V.
- **Paso 6: Implantar mejoras.**  
Se desarrollará en el Capítulo VI.
- **Paso 7: Evaluar los resultados.**  
Se desarrollará en el Capítulo VII.

#### 4.2. Sistema Propuesto

Como se vio anteriormente, el sistema de una sola línea de producción genera diversos problemas que afectan la cantidad de neumáticos reparados, por ello; se considera que la manera de mitigar dichos problemas es cambiar el sistema de línea por un sistema en paralelo, es decir; que en lugar de tener una sola operación de un tipo, se tengan varias operaciones de ese tipo trabajando en simultáneo. En este caso se tendrán cinco líneas de producción en total.

##### 4.2.1. Variables del Proceso

- **Y1: Tiempo de Inspección Inicial**

El neumático llega al Taller y pasa una inspección inicial donde se determinará si requiere reparación o no de acuerdo a los daños encontrados en el neumático.

- **Y2, Y21, Y40, Y59, Y78: Tiempo a Estación**

El neumático es transportado desde la Zona de Inspección Inicial hasta la Estación dónde será montado.

- **Y3, Y22, Y41, Y60, Y79: Tiempo de creación de una OT**

Se crea una Orden de Trabajo en la cual se detallará todos los procedimientos por los cuales pasa el neumático y las observaciones según corresponda.

- **Y4, Y23, Y42, Y61, Y80: Tiempo de Inspección y Evaluación**

Se verifica si el neumático es reparable o no, en caso que no exista la posibilidad de reparación se comunica inmediatamente al cliente.

- **Y5, Y24, Y43, Y62, Y81: Tiempo de Escariado**

Extracción y eliminación completa de la goma circundante al daño a reparar mediante el uso de cuchillos circulares accionados por un motor de eje flexible.

- **Y6, Y25, Y44, Y63, Y82: Tiempo de Raspado y Biselado**

Consiste en desgastar o raspar una superficie del neumático con otra áspera o rugosa con la finalidad de obtener una textura apropiada para la unión de los compuestos o elementos de la reparación.

- **Y7, Y26, Y45, Y64, Y83: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación Parte 2

- **Y8, Y27, Y46, Y65, Y84: Cementado Preventivo**

En un procedimiento preventivo se aplica un cemento líquido a las partes desgastadas y se deja secar.

- **Y9, Y28, Y47, Y66, Y85: Cementado Correctivo**

En un procedimiento correctivo se aplica un cemento líquido a las partes dañadas y se deja secar.

- **Y10, Y29, Y48, Y67, Y86: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación Parte 3

- **Y11, Y30, Y49, Y68, Y87: Rellenado Preventivo**

Aporte de goma al cráter formado durante la escariación preventiva que cubrirá los cables o lonas "saneadas" la que luego será vulcanizada.

- **Y12, Y31, Y50, Y69, Y88: Rellenado Correctivo**

Aporte de goma al cráter formado durante la escariación correctiva que cubrirá los cables o lonas "saneadas" la que luego será vulcanizada.

- **Y13, Y32, Y51, Y70, Y89: Parchado Preventivo**

Se coloca un parche con la finalidad de reemplazar los cables o lonas deterioradas.

- **Y14, Y33, Y52, Y71, Y90: Parchado Correctivo**

Se coloca un parche con la finalidad de reemplazar los cables o lonas dañadas.

- **Y15, Y34, Y53, Y72, Y91: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación Parte 4

- **Y16, Y35, Y54, Y73, Y92: Tiempo de Vulcanizado**

Se calienta a altas temperaturas el neumático.

- **Y17, Y36, Y55, Y74, Y93: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación

- **Y18, Y37, Y56, Y75, Y94: Tiempo de Acabado Superficial**

Nivelado, raspado, cepillado y redibujado de la superficie reparada con fines estéticos.

- **Y19, Y38, Y57, Y76, Y95: Tiempo de llenado de OT**

Se llena todos los procedimientos completados en la Estación Parte 5

- **Y20, Y39, Y58, Y77, Y96: Tiempo de Traslado a Zona de Espera**

Se realiza el desmontaje del neumático de la Estación y se procede al transporte y se coloca el mismo en Zona de Espera.

- **Y97: Tiempo de Inspección Final**

Se supervisa que la llanta esté correctamente reparada.

- **Y98: Tiempo Cierre de OT**

Se cierra la Orden de Trabajo y se especifica todo el trabajo realizado en resumen.

## 4.2.2. Recursos

Tabla 9. Recursos del Sistema Propuesto

Recursos	Cantidad
<b>Recursos Humanos</b>	
Jefe de Taller	1
Operarios	11
<b>Recursos Materiales</b>	
Pato Mecánico	1
Pulido de Neumáticos	5
Soplete	5
Extrusora	5
Tijera	5
Brocha	5
Brocha Manual	5
Escariador	5
Raspadora	5
Motor Flexible	5
Ruleta Estriada	5
Thermopres	5
Equipo Monaflex	5

*Fuente: Elaboración Propia*

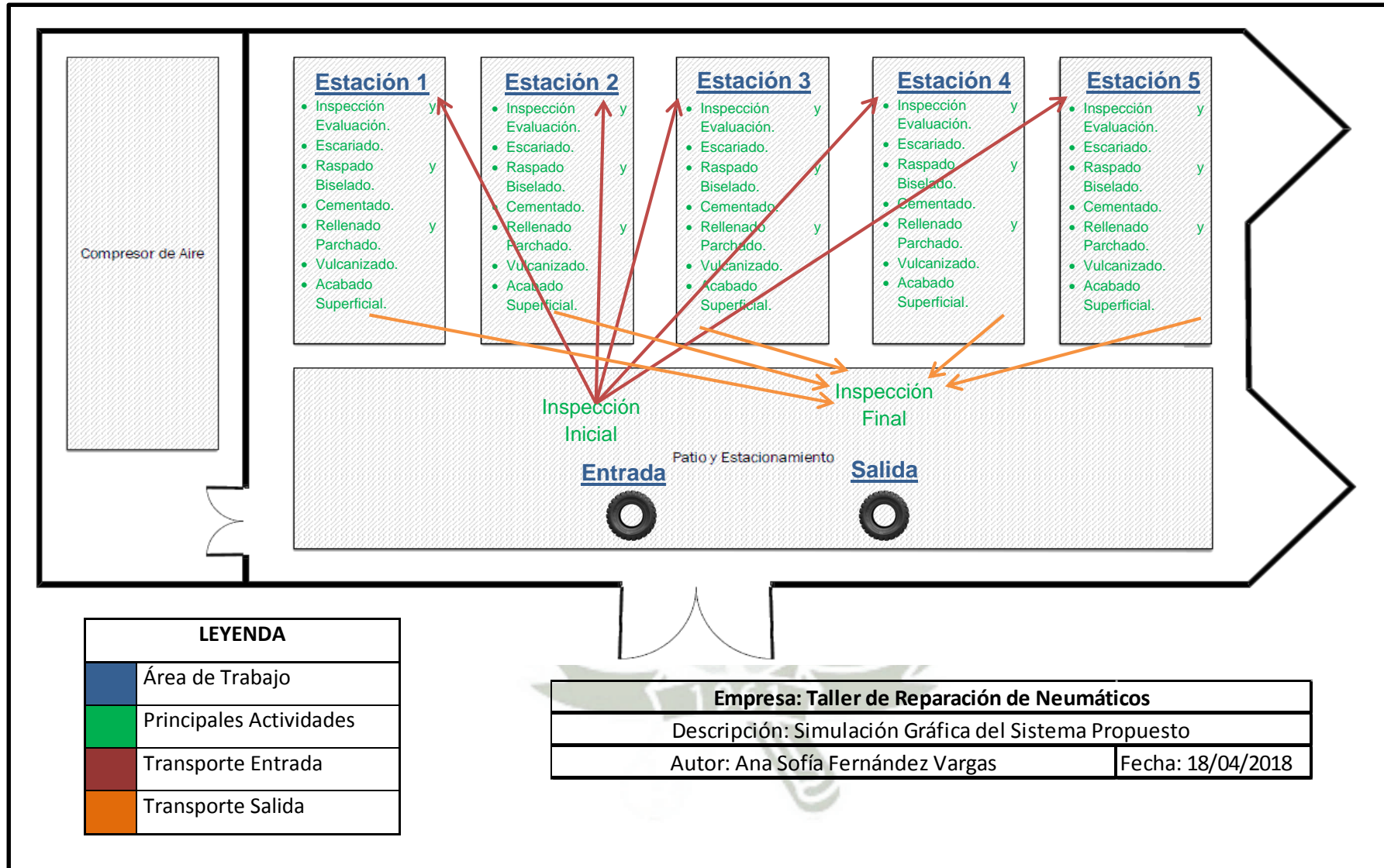
#### 4.2.3. Distribución De Las Variables

Tabla 10. Variables del Sistema Propuesto

VARIABLE	DISTRIBUCIÓN
<b>Y1: Tiempo de Inspección Inicial</b>	CONSTANTE(20.36 min)
<b>Y2,Y21,Y40,Y59,Y78: Tiempo a Estación</b>	CONSTANTE (18.15 min)
<b>Y3,Y22,Y41,Y60,Y79: Tiempo de Creación de OT</b>	CONSTANTE (7.30 min)
<b>Y4,Y23,Y42,Y61,Y80: Tiempo de Inspección</b>	CONSTANTE (46.21 min)
<b>Y5,Y24,Y43,Y62,Y81: Tiempo de Escariado</b>	CONSTANTE (136.67 min)
<b>Y6,Y25,Y44,Y63,Y82: Tiempo de Raspado y Biselado</b>	CONSTANTE (59.81 min)
<b>Y7,Y26,Y45,Y64,Y83: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.30 min)
<b>Y8,Y27,Y46,Y65,Y84: Tiempo Cementado Preventivo</b>	CONSTANTE (129.69 min)
<b>Y9,Y28,Y47,Y66,Y85: Tiempo Cementado Correctivo</b>	CONSTANTE (181.11 min)
<b>Y10,Y29,Y48,Y67,Y86: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.43 min)
<b>Y11,Y30,Y49,Y68,Y87: Tiempo Rellenado Preventivo</b>	CONSTANTE (220.64 min)
<b>Y12,Y31,Y50,Y69,Y88: Tiempo Rellenado Correctivo</b>	CONSTANTE (240.25 min)
<b>Y13,Y32,Y51,Y70,Y89: Tiempo Parchado Preventivo</b>	CONSTANTE (33.45 min)
<b>Y14,Y33,Y52,Y71,Y90: Tiempo Parchado Correctivo</b>	CONSTANTE (46.03 min)
<b>Y15,Y34,Y53,Y72,Y91: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.76 min)
<b>Y16,Y35,Y54,Y73,Y92: Tiempo de Vulcanizado</b>	CONSTANTE (480 min)
<b>Y17,Y36,Y55,Y74,Y93: Tiempo de Llenado de OT</b>	CONSTANTE (7.49 min)
<b>Y18,Y37,Y56,Y75,Y94: Tiempo Acabado Superficial</b>	CONSTANTE (76.23 min)
<b>Y19,Y38,Y57,Y76,Y95: Tiempo de Llenado OT</b>	CONSTANTE (8.25 min)
<b>Y20,Y39,Y58,Y77,Y96: Tiempo Traslado Zona Espera</b>	CONSTANTE (16.91 min)
<b>Y97: Tiempo Inspección Final</b>	CONSTANTE (29.52 min)
<b>Y98: Tiempo Cierre de OT</b>	CONSTANTE (12.68 min)

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.2.4. Simulación Gráfica del Sistema Propuesto



#### 4.2.5. Simulación Del Sistema Propuesto En Arena 14.0

Figura 4. Simulación del Sistema Propuesto Parte 1

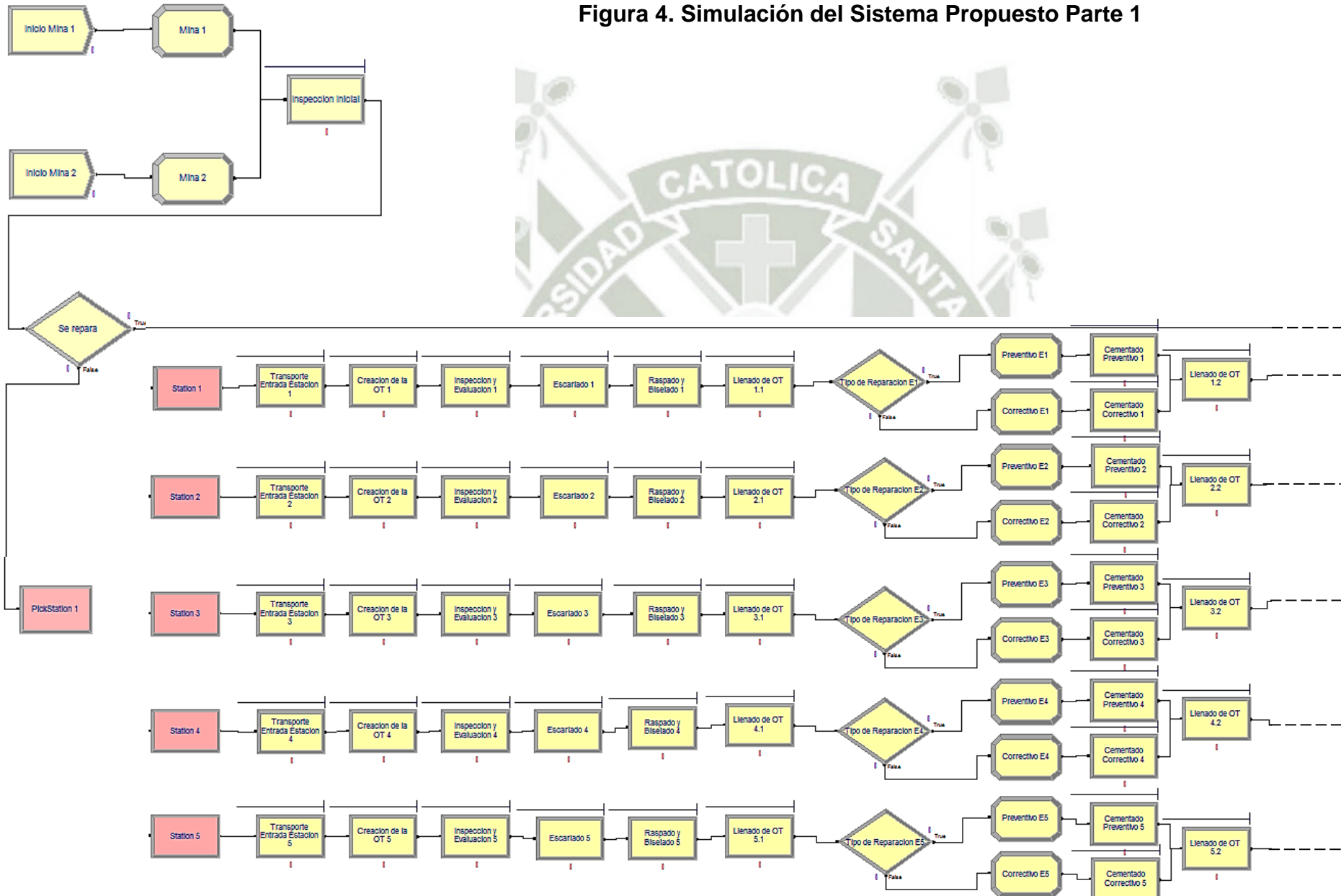
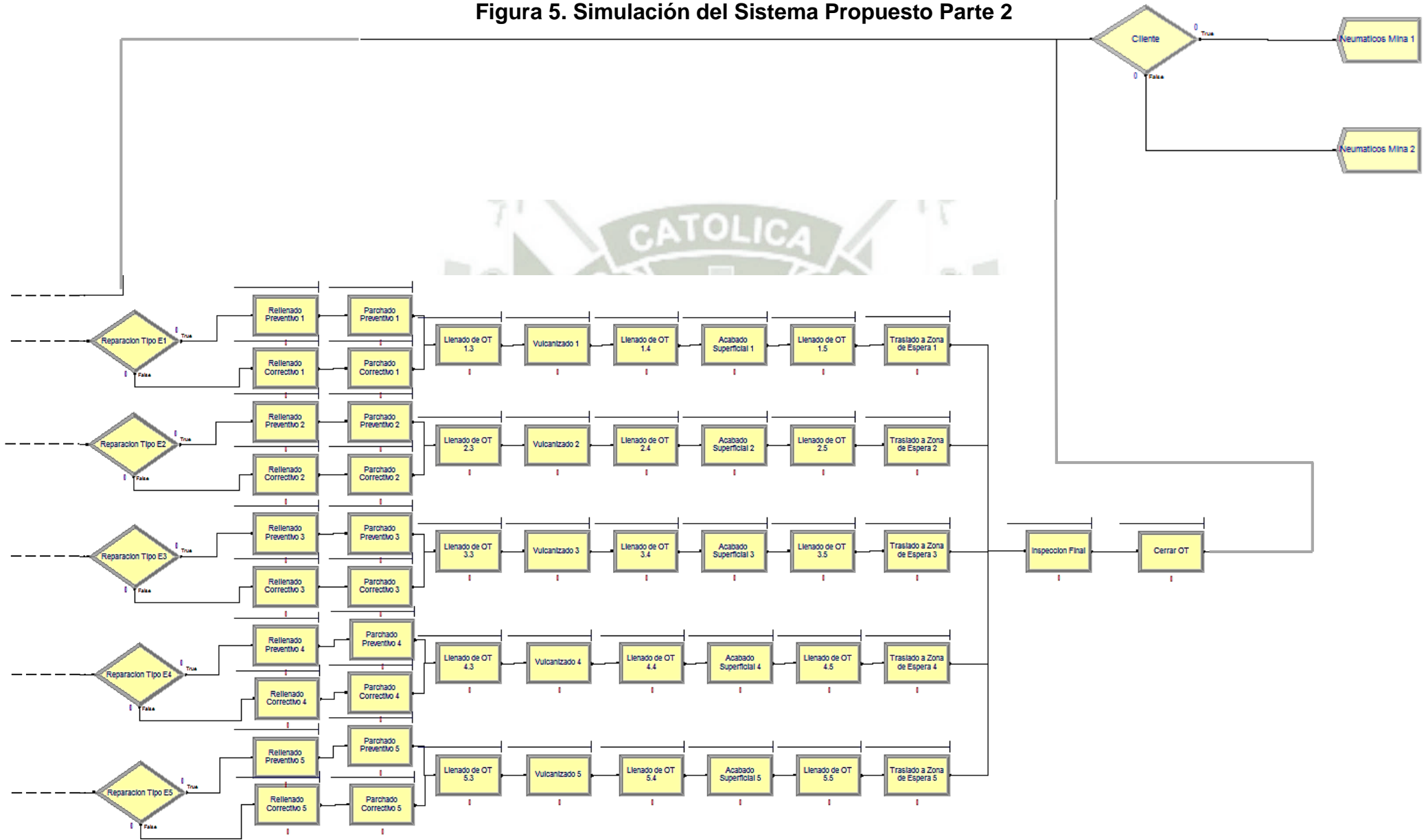


Figura 5. Simulación del Sistema Propuesto Parte 2

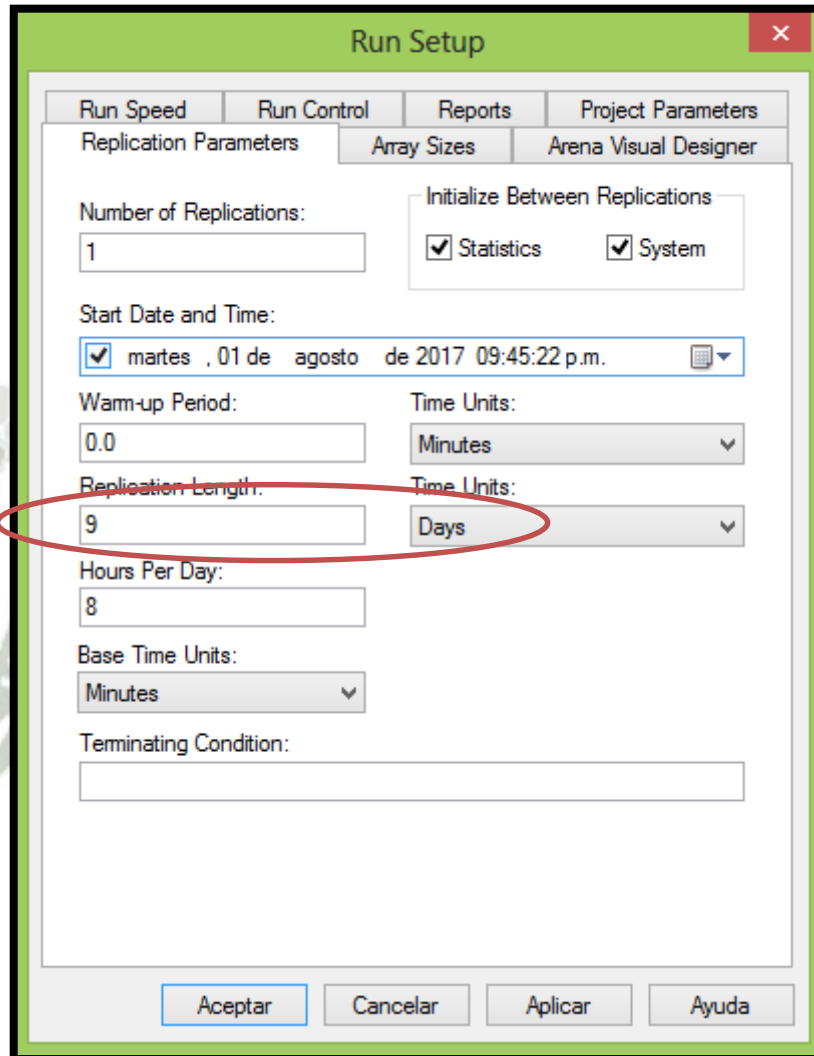


Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.6. Programación de la Simulación Del Sistema Propuesto

- Setup de la Simulación en Arena 14.0

**Cuadro 6. Programación del Sistema Propuesto en Arena 14.0**



*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

Se replica el Sistema cada 9 días, ya que con el nuevo sistema en 9 días se repararán 12 neumáticos. Para llegar a la conclusión de que con el nuevo sistema serían 9 días por ciclo de trabajo, se simuló el sistema con 8, 9, 10, 11 y 12 días y en 9 días se logró la culminación de la producción.

- **Recursos de Arena 14.0**

El Sistema Propuesto trabaja 8 horas al día, todos los recursos sea mano de obra o maquinaria, trabajarán en este sistema una sólo jornada de 8 horas al día. A diferencia del modelo anterior, el vulcanizado ahora también se realizará en un solo turno y ya no en 3 turnos.

**Cuadro 7. Recursos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 1**

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Operario 1	Fixed Capacity	1
2	Jefe de Taller	Fixed Capacity	1
3	Operario 2	Fixed Capacity	1
4	Pato Mecanico	Fixed Capacity	1
5	Operario 3	Fixed Capacity	1
6	Operario 4	Fixed Capacity	1
7	Operario 5	Fixed Capacity	1
8	Operario 6	Fixed Capacity	1
9	Operario 7	Fixed Capacity	1
10	Operario 8	Fixed Capacity	1
11	Operario 9	Fixed Capacity	1
12	Operario 10	Fixed Capacity	1
13	Operario 11	Fixed Capacity	1
14	Escariador 2	Fixed Capacity	1
15	Escariador 1	Fixed Capacity	1
16	Escariador 3	Fixed Capacity	1
17	Escariador 4	Fixed Capacity	1
18	Escariador 5	Fixed Capacity	1
19	Pulidor de Neumaticos 1	Fixed Capacity	1
20	Pulidor de Neumaticos 2	Fixed Capacity	1
21	Pulidor de Neumaticos 3	Fixed Capacity	1
22	Pulidor de Neumaticos 4	Fixed Capacity	1
23	Pulidor de Neumaticos 5	Fixed Capacity	1
24	Soplete 1	Fixed Capacity	1
25	Soplete 2	Fixed Capacity	1
26	Soplete 3	Fixed Capacity	1
27	Soplete 4	Fixed Capacity	1

*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

**Cuadro 8. Recursos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 2**

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
28	Soplete 5	Fixed Capacity	1
29	Extrusora 1	Fixed Capacity	1
30	Extrusora 2	Fixed Capacity	1
31	Extrusora 3	Fixed Capacity	1
32	Extrusora 4	Fixed Capacity	1
33	Extrusora 5	Fixed Capacity	1
34	Tijera 1	Fixed Capacity	1
35	Brocha 1	Fixed Capacity	1
36	Tijera 2	Fixed Capacity	1
37	Brocha 2	Fixed Capacity	1
38	Tijera 3	Fixed Capacity	1
39	Brocha 3	Fixed Capacity	1
40	Tijera 4	Fixed Capacity	1
41	Brocha 4	Fixed Capacity	1
42	Tijera 5	Fixed Capacity	1
43	Brocha 5	Fixed Capacity	1
44	Brocha Manual 1	Fixed Capacity	1
45	Brocha Manual 2	Fixed Capacity	1
46	Brocha Manual 3	Fixed Capacity	1
47	Brocha Manual 4	Fixed Capacity	1
48	Brocha Manual 5	Fixed Capacity	1
49	Raspadoras 1	Fixed Capacity	1
50	Motor Flexible 1	Fixed Capacity	1
51	Raspadoras 2	Fixed Capacity	1
52	Motor Flexible 2	Fixed Capacity	1
53	Raspadoras 3	Fixed Capacity	1
54	Motor Flexible 3	Fixed Capacity	1

*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

**Cuadro 9. Recursos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 3**

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
55	Raspadoras 4	Fixed Capacity	1
56	Motor Flexible 4	Fixed Capacity	1
57	Raspadoras 5	Fixed Capacity	1
58	Motor Flexible 5	Fixed Capacity	1
59	Ruleta Estriada 1	Fixed Capacity	1
60	Ruleta Estriada 2	Fixed Capacity	1
61	Ruleta Estriada 3	Fixed Capacity	1
62	Ruleta Estriada 4	Fixed Capacity	1
63	Ruleta Estriada 5	Fixed Capacity	1
64	Thermopres 1	Fixed Capacity	1
65	Equipo Monaflex 1	Fixed Capacity	1
66	Equipo Monaflex 2	Fixed Capacity	1
67	Thermopres 2	Fixed Capacity	1
68	Thermopres 3	Fixed Capacity	1
69	Equipo Monaflex 3	Fixed Capacity	1
70	Thermopres 4	Fixed Capacity	1
71	Equipo Monaflex 4	Fixed Capacity	1
72	Equipo Monaflex 5	Fixed Capacity	1
73	Thermopres 5	Fixed Capacity	1

*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

#### 4.3. Resultados del Sistema Propuesto en Arena 14.0

Como resultado del sistema, tenemos que cada 9 días se reparan 12 neumáticos.

**Cuadro 10. Resultado en Unidades del Sistema Propuesto en Arena 14.0**

Key Performance Indicators	
<b>System</b>	<b>Average</b>
Number Out	12

*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

Como resultado del Sistema Propuesto, se puede apreciar una reducción en el tiempo total del proceso de reparación, disminuyendo de 12 días a 9 días, teniendo por tanto 3 días menos para el proceso de reparación, lo cual permitirá incrementar la capacidad de planta.

Se analiza a continuación las colas existentes en el nuevo sistema, para corroborar si las unidades en cola disminuyeron como se estimaba.

**Cuadro 11. Colas del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 1**

Number Waiting	Maximum Value
Acabado Superficial 1.Queue	1.0000
Acabado Superficial 2.Queue	1.0000
Acabado Superficial 3.Queue	1.0000
Acabado Superficial 4.Queue	1.0000
Acabado Superficial 5.Queue	1.0000
Cementado Correctivo 1.Queue	1.0000
Cementado Correctivo 2.Queue	0.00
Cementado Correctivo 3.Queue	1.0000
Cementado Correctivo 4.Queue	1.0000
Cementado Correctivo 5.Queue	1.0000
Cementado Preventivo 1.Queue	0.00
Cementado Preventivo 2.Queue	1.0000
Cementado Preventivo 3.Queue	1.0000
Cementado Preventivo 4.Queue	0.00
Cementado Preventivo 5.Queue	1.0000
Cerrar OT.Queue	1.0000
Creacion de la OT 1.Queue	1.0000
Creacion de la OT 2.Queue	1.0000
Creacion de la OT 3.Queue	1.0000
Creacion de la OT 4.Queue	1.0000
Creacion de la OT 5.Queue	1.0000
Escariado 1.Queue	1.0000
Escariado 2.Queue	1.0000
Escariado 3.Queue	1.0000
Escariado 4.Queue	1.0000
Escariado 5.Queue	1.0000
Inspeccion Final.Queue	1.0000
Inspeccion Inicial.Queue	11.0000
Inspeccion y Evaluacion 1.Queue	1.0000
Inspeccion y Evaluacion 2.Queue	1.0000
Inspeccion y Evaluacion 3.Queue	1.0000
Inspeccion y Evaluacion 4.Queue	1.0000
Inspeccion y Evaluacion 5.Queue	1.0000

*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

**Cuadro 12. Colas del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 2**

Number Waiting	Maximum Value
Llenado de OT 1.1.Queue	1.0000
Llenado de OT 1.2.Queue	1.0000
Llenado de OT 1.3.Queue	1.0000
Llenado de OT 1.4.Queue	1.0000
Llenado de OT 1.5.Queue	1.0000
Llenado de OT 2.1.Queue	1.0000
Llenado de OT 2.2.Queue	1.0000
Llenado de OT 2.3.Queue	1.0000
Llenado de OT 2.4.Queue	1.0000
Llenado de OT 2.5.Queue	1.0000
Llenado de OT 3.1.Queue	1.0000
Llenado de OT 3.2.Queue	1.0000
Llenado de OT 3.3.Queue	1.0000
Llenado de OT 3.4.Queue	1.0000
Llenado de OT 3.5.Queue	1.0000
Llenado de OT 4.1.Queue	1.0000
Llenado de OT 4.2.Queue	1.0000
Llenado de OT 4.3.Queue	1.0000
Llenado de OT 4.4.Queue	1.0000
Llenado de OT 4.5.Queue	1.0000
Llenado de OT 5.1.Queue	1.0000
Llenado de OT 5.2.Queue	1.0000
Llenado de OT 5.3.Queue	1.0000
Llenado de OT 5.4.Queue	1.0000
Llenado de OT 5.5.Queue	1.0000
Parchado Correctivo 1.Queue	1.0000
Parchado Correctivo 2.Queue	0.00
Parchado Correctivo 3.Queue	1.0000
Parchado Correctivo 4.Queue	1.0000
Parchado Correctivo 5.Queue	1.0000
Parchado Preventivo 1.Queue	0.00
Parchado Preventivo 2.Queue	1.0000
Parchado Preventivo 3.Queue	1.0000
Parchado Preventivo 4.Queue	0.00
Parchado Preventivo 5.Queue	1.0000
Raspado y Biselado 1.Queue	1.0000

*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

**Cuadro 13. Colas del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 3**

Number Waiting	Maximum Value
Raspado y Biselado 2.Queue	1.0000
Raspado y Biselado 3.Queue	1.0000
Raspado y Biselado 4.Queue	1.0000
Raspado y Biselado 5.Queue	1.0000
Rellenado Correctivo 1.Queue	1.0000
Rellenado Correctivo 2.Queue	0.00
Rellenado Correctivo 3.Queue	1.0000
Rellenado Correctivo 4.Queue	1.0000
Rellenado Correctivo 5.Queue	1.0000
Rellenado Preventivo 1.Queue	0.00
Rellenado Preventivo 2.Queue	1.0000
Rellenado Preventivo 3.Queue	1.0000
Rellenado Preventivo 4.Queue	0.00
Rellenado Preventivo 5.Queue	1.0000
Transporte Entrada Estacion 1.Queue	0.00
Transporte Entrada Estacion 2.Queue	0.00
Transporte Entrada Estacion 3.Queue	0.00
Transporte Entrada Estacion 4.Queue	0.00
Transporte Entrada Estacion 5.Queue	0.00
Traslado a Zona de Espera 1.Queue	0.00
Traslado a Zona de Espera 2.Queue	0.00
Traslado a Zona de Espera 3.Queue	1.0000
Traslado a Zona de Espera 4.Queue	0.00
Traslado a Zona de Espera 5.Queue	0.00
Vulcanizado 1.Queue	1.0000
Vulcanizado 2.Queue	1.0000
Vulcanizado 3.Queue	1.0000
Vulcanizado 4.Queue	1.0000
Vulcanizado 5.Queue	1.0000

*Fuente: Simulación del Sistema Propuesto en Arena 14.0*

Se observa que el número en cola disminuyó considerablemente, existe una unidad en cola para cada estación ya que el neumático debe pasar por toda la estación para liberar a los operarios y que estos comiencen a reparar el siguiente neumático. Sólo existe una cola de 11 unidades en el caso de inspección ya que la primera inspección la realiza únicamente el jefe de taller.

Los recursos han tenido un porcentaje de utilización como sigue:

**Cuadro 14. Resultado de Tiempos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 1**

USO	Promedio (%)	Tiempo del Ciclo de Trabajo	Minutos de Trabajo Total	Minutos de Trabajo Promedio
Utilización Instantánea				
Brocha 1	0.03196528	4320	138.09	46.03
Brocha 2	0.01548611	4320	66.90	33.45
Brocha 3	0.01839815	4320	79.48	39.74
Brocha 4	0.02131019	4320	92.06	46.03
Brocha 5	0.01839815	4320	79.48	39.74
Brocha Manual 1	0.05342361	4320	230.79	115.39
Brocha Manual 2	0.03561574	4320	153.86	76.93
Brocha Manual 3	0.03561574	4320	153.86	76.93
Brocha Manual 4	0.03561574	4320	153.86	76.93
Brocha Manual 5	0.03561574	4320	153.86	76.93
Equipo Monaflex 1	0.3333	4320	1439.86	479.95
Equipo Monaflex 2	0.2222	4320	959.90	479.95
Equipo Monaflex 3	0.2222	4320	959.90	479.95
Equipo Monaflex 4	0.2222	4320	959.90	479.95
Equipo Monaflex 5	0.2222	4320	959.90	479.95
Escarlador 1	0.0949	4320	409.97	136.66
Escarlador 2	0.06327315	4320	273.34	136.67
Escarlador 3	0.06327315	4320	273.34	136.67
Escarlador 4	0.06327315	4320	273.34	136.67
Escarlador 5	0.06327315	4320	273.34	136.67
Extrusora 1	0.1668	4320	273.34	136.67
Extrusora 2	0.1021	4320	720.58	240.19
Extrusora 3	0.1067	4320	480.38	240.19
Extrusora 4	0.1112	4320	441.07	220.54
Extrusora 5	0.1067	4320	460.94	230.47
Jefe de Taller	0.1640	4320	708.48	59.04
Motor Flexible 1	0.04153472	4320	179.43	59.81
Motor Flexible 2	0.02768981	4320	119.62	59.81
Motor Flexible 3	0.02768981	4320	119.62	59.81
Motor Flexible 4	0.02768981	4320	119.62	59.81
Motor Flexible 5	0.02768981	4320	119.62	59.81
Operario 1	0.9115	4320	3937.68	1312.56
Operario 10	0.5883	4320	2541.46	1270.73
Operario 11	0.5883	4320	2541.46	1270.73
Operario 2	0.08927315	4320	385.66	35.06
Operario 3	0.9115	4320	3937.68	1312.56

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 15. Resultado de Tiempos del Sistema Propuesto en Arena 14.0 Parte 2**

USO	Promedio (%)	Tiempo del Ciclo de Trabajo	Minutos de Trabajo Total	Minutos de Trabajo Promedio
Operario 4	0.5689	4320	2457.65	1228.82
Operario 5	0.5689	4320	2457.65	1228.82
Operario 6	0.5883	4320	2541.46	1270.73
Operario 7	0.5883	4320	2625.26	1312.63
Operario 8	0.6077	4320	2625.26	1312.63
Operario 9	0.6077	4320	385.66	35.06
Pato Mecánico	0.08927315	4320	230.79	76.93
Pullidor de Neumáticos 1	0.05342361	4320	153.86	76.93
Pullidor de Neumáticos 2	0.03561574	4320	153.86	76.93
Pullidor de Neumáticos 3	0.03561574	4320	153.86	76.93
Pullidor de Neumáticos 4	0.03561574	4320	153.86	76.93
Pullidor de Neumáticos 5	0.03561574	4320	153.86	76.93
Raspadoras 1	0.04153472	4320	179.43	59.81
Raspadoras 2	0.02768981	4320	119.62	59.81
Raspadoras 3	0.02768981	4320	119.62	59.81
Raspadoras 4	0.02768981	4320	119.62	59.81
Raspadoras 5	0.02768981	4320	119.62	59.81
Ruleta Estriada 1	0.03196528	4320	138.09	46.03
Ruleta Estriada 2	0.01548611	4320	66.90	33.45
Ruleta Estriada 3	0.01839815	4320	79.48	39.74
Ruleta Estriada 4	0.02131019	4320	92.06	46.03
Ruleta Estriada 5	0.01839815	4320	79.48	39.74
Soplete 1	0.1258	4320	543.46	181.15
Soplete 2	0.06004167	4320	259.38	129.69
Soplete 3	0.07194444	4320	310.80	155.40
Soplete 4	0.08384722	4320	362.22	181.11
Soplete 5	0.07194444	4320	310.80	155.40
Thermopres 1	0.3333	4320	1439.86	479.95
Thermopres 2	0.2222	4320	959.90	479.95
Thermopres 3	0.2222	4320	959.90	479.95
Thermopres 4	0.2222	4320	959.90	479.95
Thermopres 5	0.2222	4320	959.90	479.95
Tijera 1	0.03196528	4320	138.09	46.03
Tijera 2	0.01548611	4320	66.90	33.45
Tijera 3	0.01839815	4320	79.48	39.74
Tijera 4	0.02131019	4320	92.06	46.03

*Fuente: Elaboración Propia*

Al igual que en el análisis del sistema actual, el simulador arroja algunos indicadores, para evaluar el funcionamiento de la simulación, se analizarán los mismo para corroborar la fidelidad de los resultados.

El tiempo del ciclo de trabajo es el total de horas que el ciclo posee, la simulación se basa en 8 horas debido a que existe un único horario de trabajo, tenemos que el tiempo del ciclo de trabajo es el siguiente:

$$\text{Ciclo de trabajo} = 9 \text{ días} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} = 4320 \text{ min}$$

Los minutos del trabajo total de cada recurso son equivalentes a los 4320 min de cada ciclo por cada porcentaje de utilización. Entonces se tendrán los minutos totales que se encuentra trabajando cada recurso.

$$\textit{Min del trabajo total} = 4320 \textit{ min} \times \% \textit{ promedio}$$

La simulación posee una unidad irreparable y 11 reparables de las cuales una línea va a reparar 3 unidades y cuatro líneas van a reparar 2 unidades, por ello los minutos de trabajo total se dividirán entre 3 o 2 según sea el caso, los resultados obtenidos son correlacionales al muestreo indicado.

$$\textit{Min trabajo promedio} = \frac{\textit{Min del trabajo total}}{3 \textit{ o } 2}$$

Analizando los resultados anteriores, se corrobora la autenticidad con la que trabaja el simulador y se observa una disminución en el tiempo del ciclo de trabajo lo cual beneficia a la empresa debido a que pueden reparar más unidades a lo largo del tiempo y aumentar los beneficios económicos.

Teniendo en cuenta los resultados positivos obtenidos mediante la simulación, como se ha demostrado, se acepta el modelo y se procede a implementar dentro de la planta.

## CAPÍTULO V

## 5. REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA PROPUESTO

## 5.1. Recursos Humanos

El modelo actual consta de 7 operarios; sin embargo, el modelo propuesto consta de 11 operarios, por tanto, se deben contratar 4 operarios más con el siguiente perfil:

- **Nombre del puesto:**  
Mecánico
- **Área:**  
Operaciones
- **Supervisor:**  
Jefe de Taller
- **Funciones Principales**
  - ❖ Realizar montaje y desmontaje de neumáticos de vehículos pesados.
  - ❖ Inspección de neumáticos. (Cortes, sopladuras, presión, temperatura, separaciones.)
  - ❖ Realizar operaciones de escariado, raspado, biselado, cementado, rellenado, parchado, vulcanizado y acabado superficial.
  - ❖ Llenar correctamente los formatos asignados.
  - ❖ Mantener el taller ordenado y limpio.
  - ❖ Cumplir otras funciones que su supervisor considere.
- **Perfil del Puesto**
  - **Educación**  
Egresado de Carrera Técnica de especialidad Mecánica.
  - **Formación**  
Cursos de Seguridad, Salud y Medio ambiente.  
IPERC.

- **Experiencia**  
Mínimo de un año en talleres de enllante de neumáticos en general.
- **Habilidades/Actitudes**  
Adaptabilidad.  
Respuesta bajo presión.  
Destreza manual.  
Coordinación.

## 5.2. Maquinaria

Para el sistema propuesto se necesita aumentar la maquinaria de 1 a 5; por tanto, se necesitarán comprar 4 equipos más de cada operación ya que en 2017 se renovó equipo, por ello se aumentan los equipos que faltarían para implementar el nuevo sistema. A continuación se muestran los equipos necesarios, el país de procedencia, el precio unitario, la cantidad y el costo total; cabe resaltar que los precios consideran el transporte desde dicho país hasta la ciudad de Arequipa y que se tomó en cuenta el tipo de cambio de dólar o euro según correspondiera al día 21 de Julio de 2017, para tener el monto final en Nuevos Soles.

Tabla 11. Maquinaria necesaria para la implementación.

ELEMENTO	PAÍS DE PROCEDENCIA	PROVEEDOR	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL S/.
Escariador Neumático de Agujas - 97-556LA - MARCA STANLEY	CHILE	FERRETEK	259.10	4	1036.40
Raspadora de Carburo de Tungsteno TDW410 3/8AH Baja Velocidad	PERÚ	OLYMPIA	459.80	4	1839.20
Raspadora de Carburo de Tungsteno 872 Alta Velocidad	PERÚ	OLYMPIA	579.90	4	2319.60
Motor Raspador 49-14	ESTADOS UNIDOS	WINDING	4125.00	4	16500.00
Pistola de Calor 2000 W Dewalt	PERÚ	SODIMAC	259.90	4	1039.60
Extrusora Pequeña 220 V BOSCH	ESTADOS UNIDOS	MYERS	5710.95	4	22843.80
Tijera Aviación Corte Recto Stanley	PERÚ	SODIMAC	39.90	4	159.60
Brocha Stainer 2 3/4" Master	PERÚ	SODIMAC	29.90	8	239.20
Ruleta Estriada K 343 1/4"	PERÚ	SODIMAC	59.90	4	239.60
Panel de Control Monaflex / Equipo Thermocuple	REINO UNIDO	MVS LTD	15445.24	4	61780.98
Esmeril Angular 4 1/2" 1400 W Dewalt	PERÚ	SODIMAC	549.90	4	2199.60
Juego de herramientas mecánicas x120 piezas MARCA STANLEY	PERÚ	SODIMAC	314.10	4	1256.40
				<b>TOTAL</b>	<b>111453.98</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3. Tiempo de Implementación

Se muestran a continuación las actividades necesarias para la implementación del Sistema Propuesto:

**Tabla 12. Tiempo necesario para la implementación**

Denominación	Nombre de la Tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
	<b>Compras</b>				
A	Compras de Reino Unido	21 días	01/09/2017	21/09/2017	
B	Compras de EEUU	14 días	01/09/2017	14/09/2017	
C	Compras de Chile	4 días	01/09/2017	04/09/2017	
D	Compras de Perú	1 día	01/09/2017	01/09/2017	
	<b>Recursos Humanos</b>				
E	Convocatorias	2 días	15/09/2017	16/09/2017	
F	Entrevistas	2 días	18/09/2017	19/09/2017	E
G	Selección de Personal	1 día	20/09/2017	20/09/2017	F
H	Generación de Files	1 día	21/09/2017	21/09/2017	G
I	Contratación e Inducción	2 días	26/09/2017	27/09/2017	H
	<b>Implementación en Planta</b>				
J	Limpieza e instalación de maquinaria en planta	1 día	28/09/2017	28/09/2017	A,B,C,D,I
K	Capacitación Teórica	1 día	29/09/2017	29/09/2017	J
L	Capacitación Práctica	1 día	30/09/2017	30/09/2017	K
M	Desarrollo del Nuevo Sistema	Indefinido	02/10/2017	-	L

*Fuente: Elaboración Propia*

Se ha calendarizado cada una de las tareas anteriores tomando en cuenta diferentes factores, dichas tareas se han dividido en 3 grupos; desde la fecha de compras hasta la implementación se tiene un estimado de un mes.

- **Compras**

El tiempo de la compra se considera desde el pedido hasta el envío de la maquinaria al taller en Arequipa, cada proveedor se encarga de enviar la maquinaria y la estimación del calendario es acorde a las fechas proporcionadas por cada proveedor.

- ❖ **Compras de Reino Unido**

Compra a la empresa MVS LTD, plazo máximo desde que se hace el pedido y pago para que el pedido llegue al taller: 21 días.

- ❖ **Compras de EEUU**

Compras al proveedor Winding, con un plazo de 14 días para que le pedido llegue al taller de Arequipa.

- ❖ **Compras de Chile**

Proveedor Ferretek, plazo máximo de 4 días para que el producto llegue a Arequipa.

- ❖ **Compras de Perú**

El área de Logística compra los productos directo de la tienda; por tanto, en un solo día se consiguen los equipos.

- **Recursos Humanos**

Todas las tareas que se desarrollan dentro del ítem de recursos humanos, son procedimientos que la empresa actualmente lleva a cabo, y su calendarización es acorde a los tiempos que el área de personal ha considerado.

- ❖ **Convocatorias**

Mediante anuncio en periódico se lanza la convocatoria para el perfil de Mecánico. Se mantiene el anuncio por 2 días.

- ❖ Entrevistas  
Se llama a entrevista a los perfiles más aptos para el puesto que enviaron su CV. La entrevista dura dos días.
- ❖ Selección de Personal  
Se elige a las personas más idóneas para el puesto de trabajo. En reunión con el Gerente de Operaciones y el Jefe del Taller se realiza la elección, dicho proceso toma un día.
- ❖ Generación de Files  
Recopilación de todos los datos necesarios para la posterior contratación del personal, no se podrá contratar al personal si no cuentan con toda la documentación requerida. Duración del proceso: Un día.
- ❖ Contratación e Inducción  
Se contrata al personal y en dos días plazo máximo se le da la inducción correspondiente al perfil de la empresa.
- **Implementación en Planta**  
La calendarización de las tareas para implementar todo el Sistema de manera física en la planta, se ha desarrollado en acuerdo del Gerente de Operaciones y el Jefe del Taller.
  - ❖ Limpieza e Instalación de Maquinaria en Planta  
Se realiza el aseo del taller y se instalan los equipos en cada una de las estaciones como fue previsto. Duración de un día.
  - ❖ Capacitación Teórica  
Los operarios mecánicos recibirán capacitación teórica necesaria para el manejo de los equipos. Duración de un día.

❖ Capacitación Práctica

Los operarios mecánicos recibirán capacitación práctica en planta necesaria para conocer a profundidad el manejo del nuevo sistema. Duración de un día.

❖ Desarrollo del Nuevo Sistema

El nuevo sistema entra en funcionamiento el día 02 de Octubre del 2017 y desde esa fecha en adelante se mantendrá el sistema.



## CAPÍTULO VI

### 6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DESARROLLADO

#### 6.1. Desarrollo de la Implementación

La implementación del Sistema Desarrollado se procede de acuerdo a las actividades previamente calendarizadas, se iniciaron las actividades de la implementación el día 01 de Septiembre de 2017 con los pedidos y pagos de compras y de ahí en adelante se siguen las actividades como inicialmente estuvieron determinadas.

Para cada uno de los paquetes de actividades se detalla lo siguiente:

- **Compras**  
Todos los pedidos llegaron según lo pactado por el proveedor excepto el pedido de Reino Unido, que llegó un día después. Ello no afectó la implementación ya que las maquinarias eran necesarias para el día 28 de Septiembre y la última llegada fue el 22 de Septiembre.
- **Recursos Humanos**  
El área de Recursos Humanos se encargó de cada una de las actividades según fueron calendarizadas y no hubo ningún problema.
- **Implementación en Planta**  
Al contar con la maquinaria y el personal se procedió a la implementación y capacitación necesaria para comenzar a trabajar con el nuevo sistema.

A continuación se muestra el cumplimiento de las actividades:

**Tabla 13. Cumplimiento de Actividades**

Denominación	Nombre de la Tarea	Duración	Comienzo Real	Comienzo Pronosticado	Fin Real	Fin Pronosticado	Predecesora
<b>Compras</b>							
<b>A</b>	Compras de Francia	21 días	01/09/2017	01/09/2017	22/09/2017	21/09/2017	
<b>B</b>	Compras de EEUU	14 días	01/09/2017	01/09/2017	13/09/2017	14/09/2017	
<b>C</b>	Compras de Chile	4 días	01/09/2017	01/09/2017	04/09/2017	04/09/2017	
<b>D</b>	Compras de Perú	1 día	02/09/2017	01/09/2017	02/09/2017	01/09/2017	
<b>Recursos Humanos</b>							
<b>E</b>	Convocatorias	2 días	15/09/2017	15/09/2017	16/09/2017	16/09/2017	
<b>F</b>	Entrevistas	2 días	18/09/2017	18/09/2017	19/09/2017	19/09/2017	E
<b>G</b>	Selección de Personal	1 día	20/09/2017	20/09/2017	20/09/207	20/09/207	F
<b>H</b>	Generación de Files	1 día	21/09/2017	21/09/2017	21/09/2017	21/09/2017	G
<b>I</b>	Contratación e Inducción	2 días	26/09/2017	26/09/2017	27/09/2017	27/09/2017	H
<b>Implementación en Planta</b>							
<b>J</b>	Limpieza e instalación de maquinaria en planta	1 día	28/09/2017	28/09/2017	28/09/2017	28/09/2017	A,B,C,D,I
<b>K</b>	Capacitación Teórica	1 día	29/09/2017	29/09/2017	29/09/2017	29/09/2017	J
<b>L</b>	Capacitación Práctica	1 día	30/09/2017	30/09/2017	30/09/2017	30/09/2017	K
<b>M</b>	Desarrollo del Nuevo Sistema	Indefinido	02/10/2017	02/10/2017	En Operación	-	L

*Fuente: Elaboración Propia*

## 6.2. Resultados de la Implementación

A partir del 02 de Octubre del 2017 en que fue implementado y comenzó a trabajar el nuevo sistema se toman 10 muestras para evaluar el cumplimiento del sistema y verificar el trabajo de acuerdo a lo pronosticado previa simulación.

**Tabla 14. Muestras de la Implementación**

FECHA DE INICIO	UNIDADES DE ENTRADA	LUGAR DE PROCEDENCIA	UNIDADES REPARADAS	UNIDADES IRREPARABLES	FECHA DE FIN	DÍAS LABORADOS	OBSERVACIONES
02/10/2017	12	Mina 1 y Mina 2	12	0	11/10/2017	9	1 Día Feriado
12/10/2017	12	Mina 1 y Mina 2	10	2	20/10/2017	9	
21/10/2017	12	Mina 1 y Mina 2	12	0	30/10/2017	9	
31/10/2017	12	Mina 1 y Mina 2	11	1	09/11/2017	9	1 Día Feriado
10/11/2017	12	Mina 1 y Mina 2	12	0	18/11/2017	9	
19/11/2017	12	Mina 1 y Mina 2	12	0	27/11/2017	9	
28/11/2017	12	Mina 1 y Mina 2	11	1	07/12/2017	9	
09/12/2017	12	Mina 1 y Mina 2	11	1	17/12/2017	9	
18/12/2017	12	Mina 1 y Mina 2	12	0	27/12/2017	9	1 Día Feriado
28/12/2017	12	Mina 1 y Mina 2	12	0	06/01/2018	9	1 Día Feriado

*Fuente: Elaboración Propia*

### 6.3. Comparativa del Sistema Anterior y el Sistema Implementado

**Tabla 15. Comparativa del Sistema Anterior y el Sistema Implementado**

	Sistema Anterior	Sistema Implementado
Tiempo del Ciclo de Trabajo	12 días	9 días
Capacidad de Planta por Ciclo	12 unidades	12 unidades
Capacidad de Planta Mensual	30 unidades	40 unidades
Líneas de Producción	1	5
Operarios Necesarios	7	11
Incremento de la Productividad		33.24%
Precio de venta	S/.3000.00	S/.3000.00
Ingresos por Ventas Mensual (Escenario Perfecto)	S/.90000.00	S/.120000.00
Incremento de los Ingresos por Ventas Mensual		S/.30000.00

*Fuente: Elaboración Propia*

*Nota: Se denomina escenario perfecto cuando todas las llantas que entran al taller se pueden reparar y no desecha ninguna.*

Como se aprecia a partir de la comparación anterior, el nuevo modelo trae consigo mayor capacidad de planta, mayor productividad y por ello mayores ventas; sin embargo, fue necesario implementar 4 líneas más de producción y contratar personal operario.

## CAPITULO VII

## 7. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

## 7.1. Beneficio Económico

## 7.1.1. Producción

En promedio cada año tiene 365 días; sin embargo, los días que no se laboran en la empresa son los días feriados, por tanto para la ciudad de Arequipa se tiene cada año 13 días feriados. Entonces los días laborables anuales son los siguientes:

$$365 - 13 = 352 \text{ días laborables en un año}$$

El nuevo sistema implementado permite tener cada 9 días 12 neumáticos en el sistema, anualmente se tienen:

$$\frac{352}{9} \times 12 = 469 \text{ neumáticos en el sistema anual}$$

En promedio en cada ciclo se pueden reparar 11 neumáticos y 1 se convierte en neumático desechado; por tanto para hallar el número de neumáticos reparados en un año se procede de la siguiente manera.

$$\frac{352}{9} \times 11 = 430 \text{ neumáticos reparados anualmente}$$

Es decir, en un año base se reparan 430 neumáticos.

Y el número de neumáticos desechados anualmente son:

$$469 - 430 = 39 \text{ neumáticos desechados anualmente}$$

## 7.1.2. Ingresos Anuales

El precio pactado por la reparación del neumático es de S/.3000, entonces los ingresos anuales serían de la siguiente manera:

$$\text{Ingresos Anuales} = S/. 3000 * 430 = S/. 1,290,667$$

Los ingresos anuales por la reparación de los neumáticos es de un total de S/. 1, 290,666. Se mantiene el precio para los siguientes 4 años hasta que el Directorio decida modificarlo.

### 7.1.3. Costos Variables

Los costos variables, siguiendo datos históricos de la empresa, representan un 28.79% del total de los ingresos por reparación de los neumáticos. Estos costos incluyen todos los materiales necesarios para reparar el neumático y cuya cantidad depende del número de neumáticos a ser reparados.

$$\text{Costos Variables} = \text{S/. } 1290666 * 28.79\% = \text{S/. } 371,583$$

Para los siguientes años se considera una inflación del 2%, tasa pronosticada por el BCRP.

### 7.1.4. Costos Fijos

Los costos fijos, teniendo en cuenta datos históricos de la empresa, representan un 5.6% del total de los ingresos en promedio. Dentro de los costos fijos se están considerando pagos de luz, agua y telefonía.

$$\text{Costos Fijos} = \text{S/. } 1290666 * 5.6\% = \text{S/. } 72277$$

Para los siguientes años se considera una inflación del 2%, tasa pronosticada por el BCRP

### 7.1.5. Sueldos del Personal

Actualmente se cuenta con 7 perfiles dentro de la empresa los cuales son: Jefe de Operaciones (1), Jefe de Taller (1), Mecánico (11), Jefe de R.R.H.H. (1), Jefe de Logística (1), Contador (1) y Vigilante (3).

A continuación se detallan los pagos por concepto de sueldos del personal.

**Tabla 16. Sueldos del Personal**

	Sueldo Mensual	Cantidad	Total Sueldos Mensual	Horas Extras Mensual	Sueldo Anual	Gratificaciones	CTS	Seguro Anual	TOTAL
Jefe de Operaciones	S/. 8,000.00	1	S/. 8,000.00	-	S/. 96,000.00	S/. 16,000.00	S/. 10,666.67	S/. 8,640.00	S/. 131,306.67
Jefe de Taller	S/. 5,000.00	1	S/. 5,000.00	-	S/. 60,000.00	S/. 10,000.00	S/. 6,666.67	S/. 5,400.00	S/. 82,066.67
Mecánicos	S/. 1,200.00	11	S/. 13,200.00	S/. 880.00	S/. 168,960.00	S/. 28,160.00	S/. 17,893.33	S/. 15,285.60	S/. 230,298.93
Jefe de RRHH	S/. 2,300.00	1	S/. 2,300.00	-	S/. 27,600.00	S/. 4,600.00	S/. 3,066.67	S/. 2,484.00	S/. 37,750.67
Jefe de Logística	S/. 2,500.00	1	S/. 2,500.00	-	S/. 30,000.00	S/. 5,000.00	S/. 3,333.33	S/. 2,700.00	S/. 41,033.33
Contador	S/. 2,100.00	1	S/. 2,100.00	-	S/. 25,200.00	S/. 4,200.00	S/. 2,800.00	S/. 2,268.00	S/. 34,468.00
Vigilantes	S/. 1,800.00	3	S/. 5,400.00	-	S/. 64,800.00	S/. 10,800.00	S/. 7,200.00	S/. 5,832.00	S/. 88,632.00
									<b>S/. 645,556.27</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Sueldo Mensual:** Corresponde al sueldo que percibe cada trabajador según el cargo que ocupa.
- **Cantidad:** Número de trabajadores que ocupan dicho cargo.
- **Total Sueldos Mensual:** Suma de los sueldos de los trabajadores que ocupan el mismo cargo.
- **Horas Extras Mensual:** Corresponde a los trabajadores por concepto de trabajo en día domingo.
- **Sueldo Anual:** Suma del Total de Sueldos Mensual y Horas Extras Mensual por 12 meses.
- **Gratificaciones:** Dos remuneraciones base teniendo en cuenta las horas extras.
- **CTS:** Una remuneración base teniendo en cuenta las horas extras, más un sexto de la gratificación anual.
- **Seguro Anual:** Sueldo Anual por 9% correspondiente a pago de ESSALUD.
- **Total:** Sumatoria de Sueldo Anual, Gratificaciones, CTS y Seguro Anual.
- Para los siguientes años se considera un aumento del 2% del sueldo a los trabajadores en presencia de la inflación.

***Total Sueldos = S/. 645556***

### 7.1.6. Gastos de Mantenimiento

Se destina mensualmente para mantenimiento de maquinaria S/.1000.00, por lo que anualmente este gasto asciende a S/.12000.00. Considerando la tasa del inflación del 2% para los próximos años.

### 7.1.7. Inversión

Como se detalló en el Capítulo V, la inversión es un total de S/. 111454.00.

### 7.1.8. Depreciación de Activos

La depreciación de los activos se calcula bajo el método de depreciación lineal, en un período total de 5 años.

$$\text{Depreciación Anual} = \frac{\text{S/. 111454}}{5} = \text{S/. 22291}$$

### 7.1.9. Utilidad Antes de Impuestos

La Utilidad antes de Impuestos 2018 es igual a: Ingresos - Costo Variable - Costo Fijo - Sueldos del Personal - Gastos de Mantenimiento - Depreciación de Activos.

$$UAI = 1290667 - 371583 - 72277 - 645556 - 12000 - 22291$$

$$UAI = \text{S/. 166959}$$

### 7.1.10. Impuesto

El impuesto a la renta por decreto para el 2018 es de 29.5%

$$\text{Impuesto} = 166959 * 29.5\% = \text{S/. 49253}$$

### 7.1.11. Flujo Neto

El flujo neto para el año 2017 es la inversión expresada como egreso y para los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022, el flujo neto es igual a la Utilidad antes de Impuesto – Impuesto + Depreciación de Activos.

$$\text{Flujo Neto 2017} = -S/. 111454$$

$$\text{Flujo Neto 2018} = 166959 - 49253 - 22291 = S/. 139997$$

### 7.1.12. VAN del Proyecto

Con una tasa del 16% y en un trayecto de 5 años, el VAN del proyecto es:

$$\text{VAN} = S/. 228398$$

Siendo el VAN positivo, se afirma que el proyecto es viable y contribuye con beneficios económicos altos a la empresa durante los próximos 5 años según lo proyectado.

### 7.1.13. TIR del Proyecto

La TIR, tomando en cuenta la inversión y los flujos considerando sólo la inversión en los próximos 5 años es:

$$\text{TIR} = 74\%$$

Siendo la TIR mayor que 0, el proyecto es rentable, y apreciando los flujos netos, la inversión se logra recuperar en el primer año.

### 7.1.14. Valor de Rescate

Valor de Rescate es del 12% de la inversión inicial según estadísticas de la empresa y según demanda del mercado mecánico - automotriz.

$$\text{Valor de Rescate} = 111454 * 0.12 = S/.13374$$

### 7.1.15. Estado de Resultados del Ejercicio

**Tabla 17. Estado de Resultados e Indicadores Financieros**

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Producción Reparadas		430	430	430	430	430
Precio Reparación		S/. 3,000	S/. 3,000	S/. 3,000	S/. 3,000	S/. 3,000
Inversión	S/. 111,454					
Ingresos		S/. 1,290,667	S/. 1,290,667	S/. 1,290,667	S/. 1,290,667	S/. 1,290,667
Costo Variable		S/. 371,583	S/. 379,015	S/. 386,595	S/. 394,327	S/. 402,213
Costo Fijo		S/. 72,277	S/. 73,723	S/. 75,197	S/. 76,701	S/. 78,235
Sueldos del Personal		S/. 645,556	S/. 658,467	S/. 671,637	S/. 685,069	S/. 698,771
Gastos de Mantenimiento		S/. 12,000	S/. 12,240	S/. 12,485	S/. 12,734	S/. 12,989
Depreciación Activos		S/. 22,291	S/. 22,291	S/. 22,291	S/. 22,291	S/. 22,291
Utilidad Antes de Impuesto		S/. 166,959	S/. 144,931	S/. 122,462	S/. 99,544	S/. 76,167
Impuesto 29.5%		S/. 49,253	S/. 42,755	S/. 36,126	S/. 29,365	S/. 22,469
Depreciación Activos		S/. 22,291	S/. 22,291	S/. 22,291	S/. 22,291	S/. 22,291
Valor de Rescate						S/. 13,374
Flujo Neto	-S/. 111,454	S/. 139,997	S/. 124,467	S/. 108,627	S/. 92,469	S/. 89,363

VAN 16% S/. 228,398

TIR 74%

*Nota: Se calcula el VAN con una tasa del 16%, tasa a la cual la empresa evalúa sus proyectos.*

*Para evaluar el incremento de los costos se consideró una tasa del 2% de inflación según el BCRP.*

*Fuente: Elaboración Propia*

## 7.2. Beneficio Productivo

### 7.2.1. Incremento de la Productividad del Sistema

El incremento de la productividad del sistema se tomará en base a las unidades que ingresan al sistema anualmente gracias al modelo implementado VS las unidades que ingresaban al sistema anterior anualmente.

Las unidades reparadas en el nuevo sistema fueron calculadas en el punto 7.1.1., siendo un total de 469 neumáticos al año.

Las unidades reparadas en el sistema anterior se calculan de la siguiente manera.

$$\frac{352 \text{ días laborables}}{12 \text{ días del ciclo}} \times 12 \text{ unidades por ciclo}$$

$$= 352 \text{ neumáticos en el sistema anterior al año}$$

Para calcular el incremento de la productividad se procede de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Producción Nueva} - \text{Producción Anterior}}{\text{Producción Anterior}} \times 100\%$$

$$\frac{469 - 352}{352} \times 12 = 33.24\% \text{ incremento de productividad}$$

Si evaluamos el incremento de la producción mensual en unidades, para determinar el panorama a corto plazo tenemos lo siguiente:

- **Sistema Anterior:**

$$\frac{12 \text{ neumáticos} \times 30 \text{ días del mes}}{12 \text{ días del ciclo}} = 30 \text{ neumáticos al mes}$$

- Sistema Implementado:

$$\frac{12 \text{ neumáticos } \times 30 \text{ días del mes}}{9 \text{ días del ciclo}} = 40 \text{ neumáticos al mes}$$

Como resultado de la implementación se podrán reparar 10 neumáticos más mensualmente.



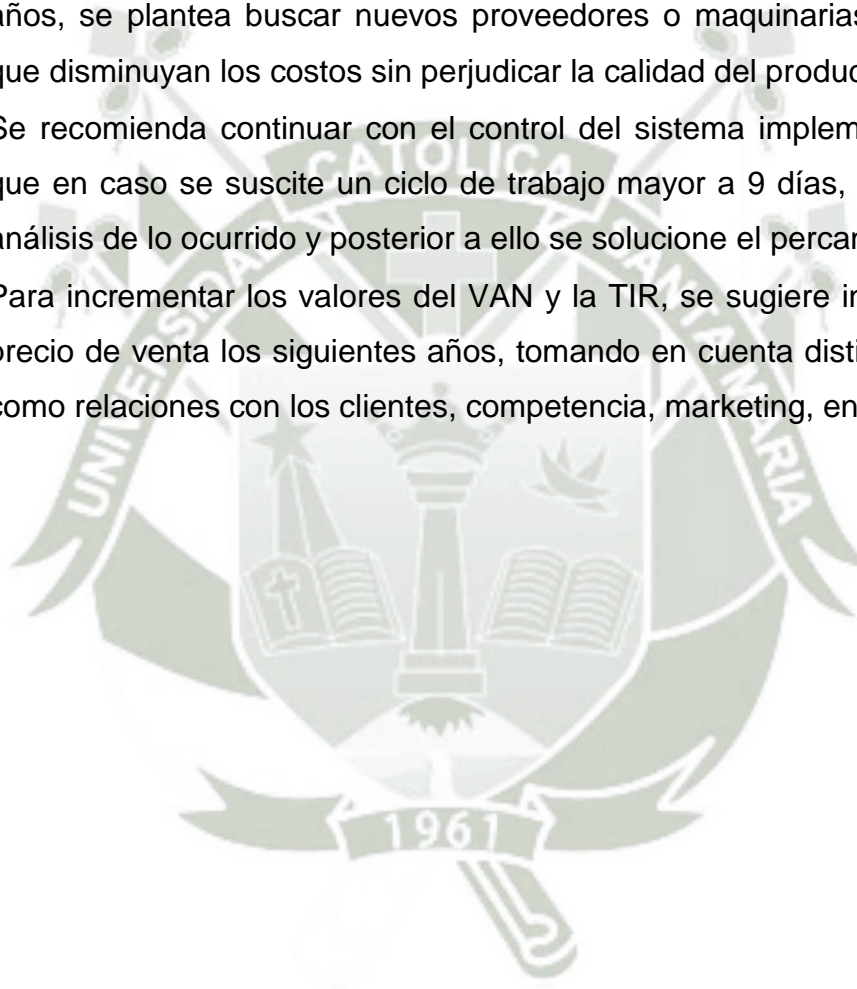
## CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos del presente trabajo, a continuación, se detallan las conclusiones:

- Se determinó a partir del análisis del sistema actual, que el trabajo en una sola línea de producción generaba cuellos de botella, colas y actividades que no agregaban valor, reparando 12 neumáticos en 12 días.
- Se propuso la implementación de un nuevo sistema basado en 5 líneas de producción, incrementando la productividad del sistema en un 33.24%, y reduciendo el tiempo del ciclo, reparando 12 neumáticos en 9 días.
- El nuevo sistema requirió una inversión de un total de S/.111454.00 para la implementación de las líneas requeridas, los costos extras generados se asumieron en un Estado de Resultados en un horizonte de 5 años.
- Tomadas 10 muestras del sistema implementado se corroboró su fiabilidad; y con una comparativa, se determinó que se pueden reparar 10 neumáticos más, aumentando ingresos en S/.30000.00 mensualmente.
- Dados los indicadores financieros del VAN = S/. 228,398 y la TIR = 74%, se concluye que el proyecto es rentable y se recuperará la inversión en el primer año, beneficiando económicamente a la empresa.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere entrenar a los operarios para que ellos mismos puedan realizar la Inspección Inicial y no sólo el Jefe de Taller, de manera que se reduzca la cola que aún no fue eliminada, producto del sistema anterior.
- Para incrementar la productividad posterior a la implementación, se propone capacitar al personal con la finalidad de que puedan realizar las operaciones en un menor tiempo y reducir el tiempo del ciclo de trabajo.
- Para la reducción de costos por renovación de maquinaria los siguientes años, se plantea buscar nuevos proveedores o maquinarias alternativas que disminuyan los costos sin perjudicar la calidad del producto final.
- Se recomienda continuar con el control del sistema implementado, para que en caso se suscite un ciclo de trabajo mayor a 9 días, se realice un análisis de lo ocurrido y posterior a ello se solucione el percance.
- Para incrementar los valores del VAN y la TIR, se sugiere incrementar el precio de venta los siguientes años, tomando en cuenta distintos factores como relaciones con los clientes, competencia, marketing, entre otros.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arbós, L. C. (2012). *Flujo Pull y Gestión Lean, Sistema Kanban*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2017). Reporte de Inflación 2017.
- Bautista Arroyo, J. M. (2010). Metodología para la Implementación de Manufactura Esbelta en los Procesos Productivos de Mejora Continua. México.
- Bravo Romero , N., & Cruz Archilla, C. M. (2012). "Mejoramiento de los Porcesos de Producción del Reencauche de Llantas en la Empresa Automundial S.A. Regional Santanderes". Bucaramanga, Colombia.
- ChiaVénato. (1994). Administración de la Producción. Edit. MC Graw Hill.
- Clarcat. (2017). Obtenido de <https://www.clarcat.com/arena/>
- Coss Bu, R. (2003). *Simulación Un Enfoque Práctico*. México: Limusa.
- de la Torre Herrera, E. P. (2011). "Propuesta Para la Creación de una Planta de Reencauchado de Neumáticos de Transporte Pesado y Liviano". . Quito, Ecuador.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. México: Mc Graw Hill.
- Michelin. (s.f.). *Michelin España*. Recuperado el 04 de 05 de 2017, de <http://www.michelin.es/>
- Niño Luna, L. F., & Bednarek, M. (2010). *Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta*. México, México.
- Pérez Samayoa, L. J. (s.f.). "Balance de Líneas en el Proceso de Reencauche de Llantas usando como Herramienta La Simulación Por Computadora" . Guatemala.
- Pineda Mandujano, K. (s.f.). *Gestiopolis*. Recuperado el 23 de Octubre de 2017, de [www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manual-y-herramientas-de-aplicacion/](http://www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manual-y-herramientas-de-aplicacion/)
- Ríos Santi, R. V. (2015). "Propuesta de Optimización del Servicio de Atención al Cliente en el Centro de Salud Melitón Salas Aplicando un Modelo de Simulación". Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.

- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Segura Santillan, C. W., & Nomberto Olano, N. I. (2017). Propuesta de Implementación de Mejora en el Proceso de Reencauchado de Neumáticos para Incrementar la Productividad en la Empresa Rubbers SRL- Cajamarca. Cajamarca, Perú.

