



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN
UNA LÍNEA DE REENCAUCHE DE LLANTAS**

Cristian Aroldo Pocón Bautista

Asesorado por el Ing. Willy Estuardo Ochoa Zaldaña

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN
UNA LÍNEA DE REENCAUCHE DE LLANTAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CRISTIAN AROLD POCON BAUTISTA

ASESORADO POR EL ING. WILLY ESTUARDO OCHOA ZALDAÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADOR	Ing. Werner Renato Beltethón García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE REENCAUCHE DE LLANTAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 9 de abril de 2013.



Cristian Aroldo Pocón Bautista

Guatemala, 21 de Enero de 2014

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Director:

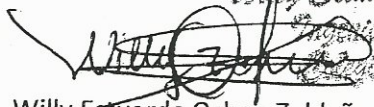
En atención al nombramiento de asesor, tengo el agrado de informarle que completado la asesoría y revisión del trabajo de tesis titulado "Mejoramiento de Productividad en una Línea de Reencauche de Llantas" presentado por el estudiante Cristian Aroldo Pocón Bautista, como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El contenido y desarrollo del tema son de interés y tienen consistencia con la orientación que debe tener la carrera de Ingeniería Industrial en la actualidad.

Por tanto y con base en la aprobación del protocolo de tesis otorgado, me permito presentarla a consideración de ustedes, recomendando que el presente trabajo sea aceptado.

Agradeciendo la atención a la presente,

Atentamente,

Willy Estuardo Ochoa Zaldaña
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 6645

Willy Estuardo Ochoa Zaldaña
Ingeniero Industrial
Colegiado activo 6,645



REF.REV.EMI.052.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE REENCAUCHE DE LLANTAS**, presentado por el estudiante universitario **Cristian Aroldo Pocón Bautista**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAD A TODOS”

Jaime Roberto Ruíz Díaz
Ingeniero Industrial
Col. 5182

Ing. Jaime Roberto Ruíz Díaz
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2014.

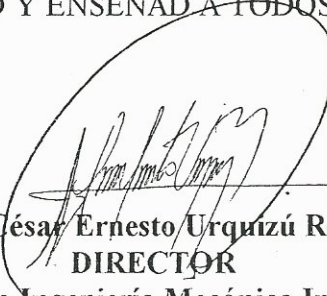
/mgp



REF.DIR.EMI.244.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE REENCAUCHE DE LLANTAS**, presentado por el estudiante universitario **Cristian Aroldo Pocón Bautista**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rojas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2014.

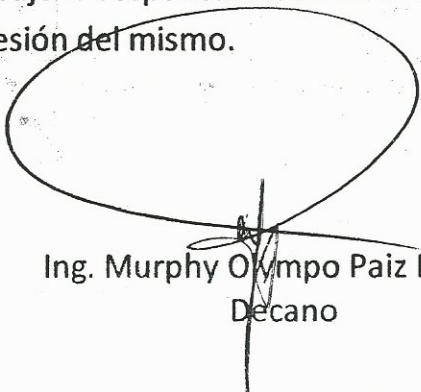
/mgp



DTG. 699.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE REENCAUCHE DE LLANTAS**, presentado por el estudiante universitario **Cristian Aroldo Pocón Bautista**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 25 de noviembre de 2014

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la enseñanza de vida y la sabiduría para afrontar los obstáculos de cada día.
Mis padres	Por brindarme su apoyo incondicional y ser un ejemplo de lucha y perseverancia a lo largo de mi vida.
Mis hermanos	Por ser parte motivacional y ser un ejemplo en la vida.
Mis amigos y compañeros	Por estar presentes en mi vida y en los salones de clases, por brindarme su amistad y compañerismo.
Mi asesor	Ing. Willy Ochoa, por dedicarme el tiempo y sus conocimientos para que este objetivo sea alcanzado.
Mi familia	Por apoyarme a lo largo de este viaje para convertirme en profesional.
Mis catedráticos	Por compartir sus experiencias, sus conocimientos para formarme como un profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes históricos de la empresa	1
1.1.1. Misión	2
1.1.2. Visión.....	2
1.1.3. Política de calidad.....	2
1.2. Industria del reencauche de llantas	2
1.3. Estructura organizacional	4
1.4. Descripción de los servicios y productos	6
1.4.1. Centros de servicios	6
1.4.2. Venta y distribución de llanta nueva	6
1.4.3. Reencauche de llantas	30
2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	47
2.1. Descripción de la materia prima	47
2.2. Descripción del proceso de reencauche.....	50
2.3. Jornadas laborales	54
2.4. Sueldos y salarios	56
2.5. Situación actual de la línea de producción	60
2.5.1. Diagrama de operaciones actual	61

2.5.2.	Diagrama de flujo del proceso actual	65
2.5.3.	Diagrama de recorrido actual	69
2.5.4.	Capacidad de producción histórica	71
2.6.	Tiempos actuales	71
2.6.1.	Tiempos muertos.....	71
2.6.2.	Tiempos de ocio	72
2.6.3.	Tiempo de entrega del producto.....	72
2.7.	Costos actuales.....	72
3.	PROPUESTA.....	77
3.1.	Calculo de los tiempos	77
3.1.1.	Medición de los tiempos de operación	77
3.1.2.	Tiempo cronometrado	77
3.1.3.	Tiempo estándar	78
3.2.	Línea de producción de reencauche	85
3.2.1.	Diagrama del proceso propuesto	85
3.2.2.	Diagrama de flujo del proceso propuesto	89
3.2.3.	Diagrama de recorrido propuesto.....	93
3.2.4.	Diagramas bimanuales de las operaciones.....	95
3.3.	Balance de líneas.....	104
3.4.	Análisis de costos.....	109
3.4.1.	Costo de materias primas.....	109
3.4.2.	Costo de energía eléctrica.....	110
3.4.3.	Costo de almacenaje.....	111
3.4.4.	Costo de mano de obra	111
3.4.5.	Costo de mantenimiento.....	112
3.5.	Análisis financiero	113
3.5.1.	Análisis de Valor Presente de ingresos y gastos...	113
3.5.2.	Análisis costo beneficio	116

3.5.3.	Análisis del punto de equilibrio	119
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO MÉTODO.....	133
4.1.	Personas involucradas en el nuevo método	133
4.2.	Forma de implementar el nuevo método	137
4.3.	Divulgación del nuevo método.....	139
4.4.	Capacitación del nuevo método para el personal de producción.....	140
4.5.	Retroalimentación del sistema.....	140
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA	141
5.1.	Control de calidad.....	141
5.2.	Puntos críticos	142
5.2.1.	Registro de acciones correctivas y/o preventivas .	143
5.3.	Estructura de administración propuesta	145
5.3.1.	Mantenimiento de maquinaria.....	147
5.3.2.	Programa de mantenimiento preventivo	149
6.	IMPACTO AMBIENTAL.....	153
6.1.	Reciclaje de llantas.....	153
6.2.	Manejo de los residuos de caucho	157
6.3.	Medidas de mitigación del proceso de reencauche	162
6.4.	Recuperación ambiental	164
6.5.	Manejo de desechos sólidos	166
6.6.	Responsabilidad social empresarial	166
	CONCLUSIONES	169
	RECOMENDACIONES.....	171
	BIBLIOGRAFÍA.....	173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura organizacional.....	5
2.	Bridgestone diseño R155.....	8
3.	Bridgestone diseño R154.....	9
4.	Bridgestone diseño R180.....	10
5.	Bridgestone diseño R184.....	11
6.	Bridgestone diseño R187.....	12
7.	Bridgestone diseño R250.....	13
8.	Bridgestone diseño R260.....	14
9.	Bridgestone diseño R294.....	15
10.	Bridgestone diseño R295.....	16
11.	Bridgestone diseño R297.....	17
12.	Bridgestone diseño R227.....	18
13.	Bridgestone diseño R194.....	19
14.	Bridgestone diseño M711.....	20
15.	Bridgestone diseño M716.....	21
16.	Bridgestone diseño M729.....	22
17.	Bridgestone diseño M724.....	23
18.	Bridgestone diseño M840.....	24
19.	Bridgestone diseño M843.....	25
20.	Bridgestone diseño M844.....	26
21.	Bridgestone diseño M857.....	27
22.	Bridgestone diseño L301.....	28
23.	Bridgestone diseño L317.....	29

24.	Bridgestone diseño L355	30
25.	Diseño de Banda RTP Bandag	31
26.	Diseño de banda WHL Bandag	32
27.	Diseño de banda T4100 Bandag	33
28.	Diseño de banda HW Bandag	33
29.	Diseño de banda CB Bandag	34
30.	Diseño de Banda BDE2 Bandag.....	35
31.	Diseño de Banda D4310 Bandag	35
32.	Diseño de banda ITR Bandag.....	36
33.	Diseño de banda R4200 Bandag.....	37
34.	Diseño de banda D4300 Bandag.....	38
35.	Diseño de banda ECL DRIVE Bandag.....	39
36.	Diseño de banda UAP Bandag	39
37.	Diseño de banda RLM Bandag.....	40
38.	Diseño de banda UDR Bandag.....	41
39.	Diseño de banda ECL RIB Bandag.....	42
40.	Diseño de Banda BDLT Bandag.....	42
41.	Diseño de banda BDV Bandag	43
42.	Diseño de banda BTR-SA Bandag	44
43.	Diseño de banda BDY-1 Bandag.....	45
44.	Diagrama de operaciones del proceso	62
45.	Diagrama de flujo del proceso	66
46.	Diagrama de recorrido actual.....	70
47.	Sistema de suplementos por descanso	83
48.	Diagrama de operaciones del proceso propuesto	86
49.	Diagrama de flujo del proceso propuesto	90
50.	Diagrama de recorrido propuesto	94
51.	Diagrama bimanual de inspección inicial	96
52.	Diagrama bimanual de Cardeo	97

53.	Diagrama bimanual de reparaciones.....	98
54.	Diagrama bimanual de Cámaras.....	102
55.	Diagrama bimanual de inspección final.....	103
56.	Producción mensual 2013.....	126
57.	Unidades producidas por operario actual <i>versus</i> nuevo método.....	131
58.	Productividad actual <i>versus</i> nuevo método horas-hombre.....	132
59.	Cronograma de actividades de implementación del nuevo método ...	138
60.	Estructura organizacional propuesta.....	146
61.	Programa de mantenimiento preventivo.....	149

TABLAS

I.	Costos de mano de obra.....	73
II.	Costo de energía eléctrica.....	74
III.	Costo de almacenaje.....	74
IV.	Costo de materias primas.....	75
V.	Costo de mantenimiento.....	75
VI.	Calificación de la actuación.....	79
VII.	Ponderación de los operarios.....	80
VIII.	Cálculo del tiempo normal.....	81
IX.	Ponderación de las concesiones.....	84
X.	Cálculo del tiempo estándar.....	85
XI.	Cálculo del número de operarios por estación.....	106
XII.	Número de operarios reales.....	107
XIII.	Minutos asignados por estación.....	108
XIV.	Costo de materias primas.....	110
XV.	Costo de energía eléctrica.....	110
XVI.	Costo de almacenaje.....	111
XVII.	Costo de mano de obra.....	112

XVIII.	Costo de mantenimiento	112
XIX.	Resumen de costos	113
XX.	Tabla de ingresos	114
XXI.	Resumen de costos	117
XXII.	Ingresos	118
XXIII.	Costos fijos de operación.....	121
XXIV.	Costos variables de operación.....	121
XXV.	Producción mensual actual.....	125
XXVI.	Unidades producidas por operario actual	127
XXVII.	Productividad actual unidades producidas por horas-hombre	128
XXVIII.	Unidades producidas por operario con el nuevo método.....	129
XXIX.	Productividad con el nuevo método horas-hombre.....	130

GLOSARIO

Astillamiento	Fragmentos irregulares que saltan de una materia o que queda en ella al partirla.
Banda de rodamiento	Es la banda exterior de caucho que circunda a la armadura o carcasa del neumático y destinada al contacto con el suelo.
Bics	<i>Bandag International Construction System.</i>
BMP	Bodega de Materias Primas.
BPT	Bodega de Producto Terminado.
Ceja de llanta	Se le llama también talón, es la parte que coincide con el aro o rin permitiendo el sello del aite, es la parte del neumático que transmite las fuerzas de frenado y aceleración al vehículo.
Circunscrito	Limitar o reducir los términos dentro de algo.
Eyectar	Es la capacidad de hacer que algo salga hacia fuera con fuerza.
KWh	Kilowatts por hora.

Hidroplaneo	Es la situación en la que un vehículo atraviesa en la carretera a cierta velocidad una superficie cubierta de agua, llevándolo a una pérdida de tracción y control del mismo por parte del conductor.
Minicombi	Es un elemento de hule utilizado en la reparación de llantas cuando esta tiene daños en su estructura por perforaciones o cortes.
MO	Mano de obra.
Profundidad de estría	Para uso de los neumáticos se le denomina así a la profundidad o altura que tienen las ranuras que se encuentran en la superficie de rodadura.
Remasten	Es un elemento de hule en forma cilíndrica que se utiliza para la reparación de llantas.
Remolque	También conocidos como tráiler, es un vehículo de carga no motorizado.
Ribetes	Son elementos de goma circunferenciales de la banda de rodado que proporcionan al neumático las fuerzas que le permiten al conductor frenar y acelerar.
RSE	Responsabilidad social y empresarial.

Sipes	Son ranuras pequeñas, estrechas, moldeadas en los elementos del diseño de banda, cumplen la función de disipadores de esfuerzos en los tacos.
Surcos de labor	Hendiduras o ranuras que se encuentran en las bandas de rodamiento de los neumáticos.
TJE	Tiempo de jornada efectiva.

RESUMEN

En el primer capítulo se describen las características generales de la empresa, líneas de negocios y el reencauche de llantas dentro de la industria, se presenta una descripción de las características de los productos disponibles.

En el segundo capítulo se describe la situación actual de la empresa, la materia prima que se utiliza, una descripción de cada una de las operaciones dentro del proceso de reencauche de llantas.

En el tercer capítulo se realiza un análisis de las operaciones, donde resalta el estudio de tiempos de cada operación dentro de la línea de reencauche de llantas.

Se proponen los nuevos diagramas de proceso, se realiza un estudio de balance de líneas, donde se aplican los criterios de calificación y concesiones de las operaciones, también se realiza un análisis financiero.

En el cuarto capítulo se detalla la forma de implementar el nuevo método, tomando en cuenta las personas involucradas en el nuevo método detalladas por área y posición jerárquica, también se presenta un calendario de actividades a realizar para implementar el nuevo método, donde se presenta la forma de realizarlas para comunicar y capacitar al personal para la implementación del nuevo método.

El quinto capítulo proporciona el seguimiento del nuevo método, detallando las funciones del departamento de calidad, los puntos críticos o importantes dentro del proceso de reencauche, como realizar las acciones correctivas y/o de mejora que se puedan encontrar en el nuevo método, y el seguimiento y proceso que debe realizarse para cerrar estas acciones correctivas y de mejora, también se presenta la importancia de un plan de mantenimiento preventivo de maquinaria.

El sexto y último capítulo detalla como la línea de reencauche de llantas le da importancia al medioambiente, detallando los diferentes procesos de reciclaje de los residuos que provienen de la línea de producción, las medidas de mitigación, la recuperación ambiental y los proyectos de la empresa con el medioambiente por medio del compromiso de ser una empresa socialmente responsable.

OBJETIVOS

General

Mejorar la productividad en la línea de producción para el reencauche de llantas.

Específicos

1. Describir y analizar los procesos del reencauche de llantas.
2. Determinar los tiempos estándar de las operaciones.
3. Determinar el número de operarios por estación.
4. Balancear las cargas de trabajo dentro de la línea de producción.
5. Mantener los costos de operación de la línea de operación.
6. Realizar un análisis costo beneficio.
7. Realizar el análisis del punto de equilibrio.
8. Realizar un cronograma de actividades para implementar el nuevo método.

9. Realizar un programa de mantenimiento preventivo para la línea de producción.
10. Diseñar métodos propuestos que permitan mejorar la eficiencia de la línea de producción.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación consiste en analizar las operaciones de una línea de reencauche de llantas, estas se reencauchan dentro de la línea de producción van desde llantas para vehículos livianos, pesados, de pasajeros y de maquinaria pesada a nivel industrial.

Dentro de este trabajo se analizó el proceso de reencauche de llantas para vehículos pesados comerciales.

El estudio describirá en la primera parte las generalidades de la empresa, como su visión, misión y política de calidad, resaltando la industria del reencauche en Guatemala, así como, sus productos y servicios, la situación actual de la empresa de sus procesos de sus costos.

La segunda parte mostrará los diagramas de operación, diagramas bimanuales y el análisis completo del balance de líneas, donde se muestran los cuellos de botella y se determina el ritmo de la línea; también se hace el análisis financiero donde se puede encontrar el punto de equilibrio operacional y financiero.

La parte final del proyecto muestra el seguimiento y mejora que se le debe dar al análisis, la forma de implementar el nuevo método, también se detalla la forma de tratar los residuos del caucho, las medidas de mitigación y la responsabilidad social y empresarial de las operaciones con el ambiente y sus colaboradores.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes históricos de la empresa

Desde hace más de 64 años la empresa se dedica a proveer productos y servicios de calidad en la rama automotriz, tanto de pasajeros como comercial, empresarial, autobuses, vehículos agrícolas y de servicio pesado.

La principal actividad de la empresa Vifrio, en la cual se destaca como pionera, es la industria del reencauche de llantas para servicio pesado de camión y liviano comercial, siempre ha tenido el compromiso de ofrecer a sus clientes empresariales una reducción de costo por kilómetro recorrido, lo cual representa un ahorro en la operación de las flotas, esto con el respaldo y la excelencia de la marca Bandag.

También tiene a la disposición el servicio técnico en el predio y asistencia técnica en el camino. Gracias al trabajo desempeñado y a la excelencia de sus servicios Vifrio obtuvo en el 2008 la certificación de la Norma ISO 9001-2000, convirtiéndose en la única empresa comercializadora de llantas nuevas y reencauche en Guatemala, que cumple con los estándares de calidad que son requeridos por la empresa internacional Bandag, la cual es líder en la producción de banda para reencauche en Latinoamérica.

1.1.1. Misión

“Ser un grupo empresarial socialmente responsable, comprometido con nuestros colaboradores, proveedores clientes y accionistas. Ofrecemos a nivel nacional e internacional nuevos modelos de negocios con altos estándares de calidad, tecnología avanzada y nuestro recurso humano que responde a nuestros valores éticos y morales de la organización”.¹

1.1.2. Visión

“Ser la mejor opción para hacer negocios en llantas, servicios reencauche y asesoría técnica”.²

1.1.3. Política de calidad

“Producimos llantas reencauchadas con altos estándares de calidad, buscamos la mejora continua de nuestros procesos y la satisfacción del cliente”.³

1.2. Industria del reencauche de llantas

La creciente tendencia mundial sobre la protección y el cuidado del medioambiente, de los recursos naturales y la continua búsqueda de las grandes empresas del transporte para disminuir sus costos de operación, han impulsado el crecimiento de empresas dedicadas al negocio del reencauche de llantas a nivel mundial.

¹ Llantas Vifrio. Planificación estratégica. 2013. p. 8.

Guatemala no ha sido la excepción, por tal motivo las grandes empresas transportadoras tanto de carga como de pasajeros han implementado el uso de llantas reencauchadas con lo cual se ha generado una considerable disminución en los elevados costos de compra de llantas sin perjudicar el rendimiento y la seguridad de los vehículos, porque el costo del reencauche es de un 30 % hasta un 50 % que el de una llanta nueva, además contribuyen a disminuir el impacto ambiental generado por los desechos sólidos y el ahorro de energía global, ya que el proceso de reencauche ayuda a conservar millones de galones de petróleo cada año.

Guatemala ha crecido en cuanto al uso de llantas reencauchadas, esto gracias a que la mayoría de empresas de transporte en el país han encontrado la forma segura y de menor costo para reutilizar los neumáticos nuevos que se utilizan en la práctica de este negocio.

Hace muchos años esta práctica no era utilizada, pero gracias a que ahora con nuevas tecnologías se ha comprobado que un neumático puede ser reencauchado varias veces, ya que en años anteriores se podía reencauchar una vez y en casos extraordinarios dos veces, en tanto que hoy en día se pueden encontrar neumáticos reencauchados cinco o más veces dependiendo de las rutas y el cuidado que se le dé a estos dentro de las flotas.

La mayor parte de las llantas que hoy se reencauchan pertenecen a unidades del transporte pesado, ya que estas han sido fabricadas para esta finalidad, esto ayuda a los transportistas para disminuir sus costos de operación.

La gran mayoría de neumáticos para vehículos livianos requeridos a nivel nacional son nuevos o importados de Estados Unidos y Japón, principalmente y en su mayoría sólo se pueden utilizar una vez.

Según los estándares, la banda de rodamiento de las llantas pierde sus capacidades cuando los surcos de labor miden dos o menos milímetros de profundidad cuando se trata de vehículos livianos, pero cuando se trata de vehículos de transporte pesado esta medición se puede realizar con otras dimensionales, en la cual se dice que un neumático pierde sus propiedades para actuar óptimamente y cuidando las propiedades del casco del neumático para reencaucharlo cuando la labor de los surcos está en 4/32 de pulgada.

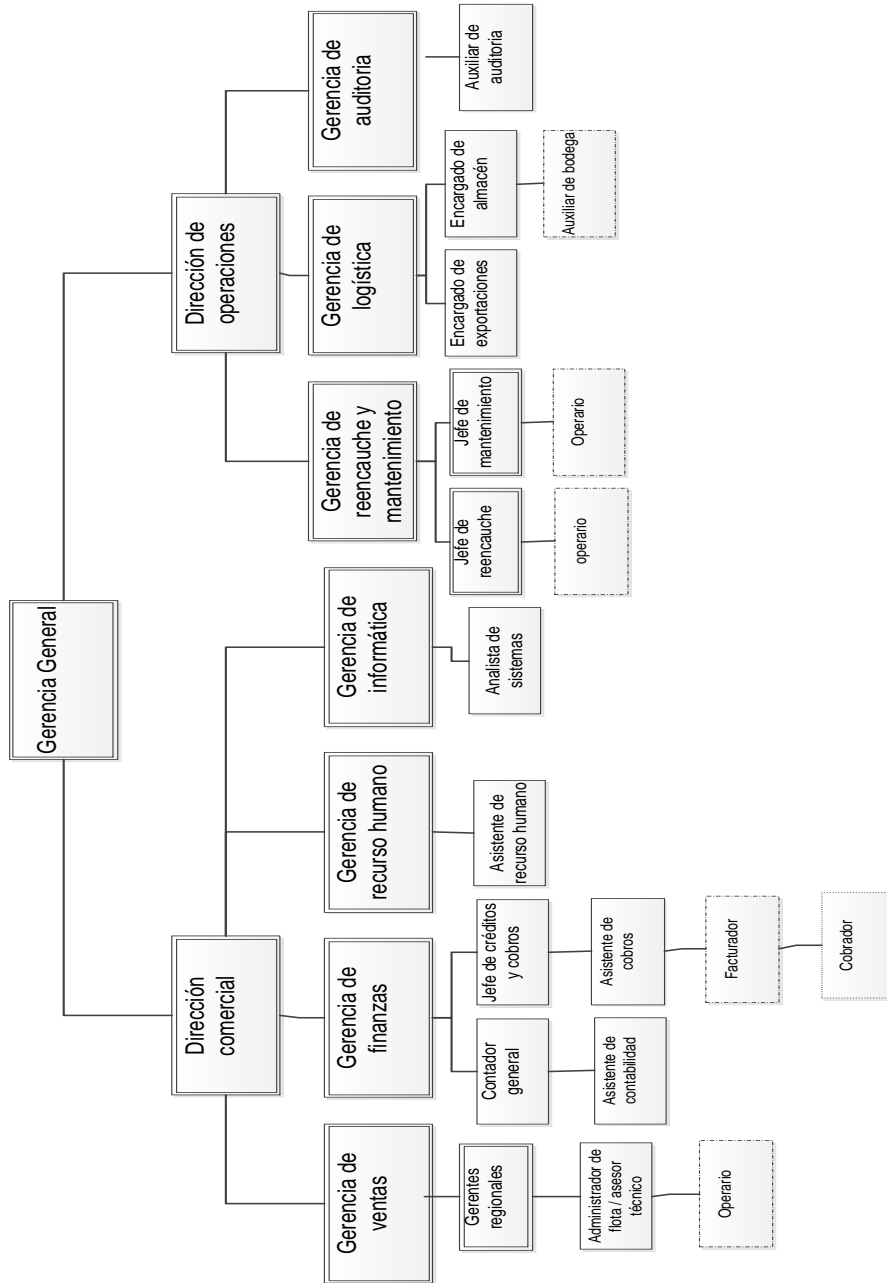
Actualmente, se utilizan dos tecnologías para reencauchar: en frío o en caliente. La segunda tiene como desventaja de que cuando la temperatura de la llanta se acerca a los 120 grados Centígrados, la banda se despega del casco y se daña totalmente, mientras el reencauche en frío resiste esa temperatura y aún más altas, por tanto, reencauchar en frío es lo más seguro para el usuario.

El reencauche se ha circunscrito al transporte pesado y a los sectores productivos primarios y secundarios en general, por esa razón, casi toda la población es consumidora directa o indirecta de este tipo de neumáticos, por ejemplo, el transporte colectivo, de alimentos y de materias primas se hace sobre llantas reencauchadas.

1.3. Estructura organizacional

La estructura organizacional está dividida en dos áreas, el área comercial y el área de operaciones, la primera dispone de la parte administrativa de la empresa, mientras que la segunda trata la parte operacional tal y como se muestra en la figura siguiente.

Figura 1. Estructura organizacional



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio.

1.4. Descripción de los servicios y productos

Dentro de la empresa se pueden encontrar servicios enfocados al mantenimiento y reparación de vehículos automotores, también se describen los productos que actualmente se comercializan.

1.4.1. Centros de servicios

En Vifrio CarXpress se ofrecen los servicios de mecánica preventiva y general, así como, las prestigiosas marcas de llantas Bridgestone, Firestone, Sumitomo y baterías Interstate; la calidad de los servicios, la asesoría profesional a través de la mejora continua y la adquisición de nueva tecnología, es la diferencia en el mercado.

1.4.2. Venta y distribución de llanta nueva

El proceso de venta y distribución de llanta nueva, consiste en importarlas directamente desde las diferentes fábricas, en este caso los distribuidores principales se encuentran en Costa Rica, Brasil, Estados Unidos, México y Japón, tomando el tiempo prudente para el envío de productos, luego se distribuyen directamente a un consumidor final que es el transportista, dependiendo de las necesidades y la operación cotidiana del cliente o su flota de transporte.

Los diseños de llanta nueva en marca Bridgestone que se comercializan son los siguientes:

- Diseño R155

Llanta de última generación diseñada para satisfacer las más altas exigencias del segmento de transporte urbano; ofreciendo un alto kilometraje y excelente relación costo por kilómetro, cuenta con un protector lateral que defiende la llanta de posibles daños ocasionados por roces y golpes con bordes de aceras.

Posee mayor profundidad de estría que ofrece un alto kilometraje en su primera vida, esta llanta es para ser utilizada en ejes delanteros de equipos de construcción tipo *mixers* o mezcladores de cemento y en ejes libres de camiones tanque, siendo ideal en largas y medias distancias sobre rutas asfaltadas.

Posee refuerzos en los talones y carcasa optimizada que dan un mayor rendimiento, mejor durabilidad y alta reencauchabilidad.

Figura 2. **Bridgestone diseño R155**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 3.

- **Diseño R164**

Diseñado especialmente para ser utilizado en ejes libres, principalmente en buses y camiones tanque siendo ideal en largas distancias sobre rutas asfaltadas, llanta con estructura de alto índice de reencauchabilidad, cuenta con una protección adicional en la ceja, con lo cual se evitan daños en la zona por montaje y desmontaje.

Figura 3. **Bridgestone diseño R154**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p.3.

- **Diseño R180**

Diseño utilizado para ser usado en servicios urbanos y rutas medias o regionales, brinda un rendimiento sobresaliente en pisos mojados y ofrece gran resistencia al desgaste irregular, cuenta con cinco ribetes en la banda de rodamiento que permiten obtener mejor distribución de la carga.

Diseño de bajo perfil que brinda menor resistencia a la rodadura y economía de combustible, los múltiples *sipes* cruzando los ribetes de la banda de rodamiento brindan gran adherencia en piso mojado.

Llanta con estructura de alto índice de reencauchabilidad, cuenta con gran protección adicional en la ceja, con lo cual se evitan daños en la zona por montaje y desmontaje.

Figura 4. **Bridgestone diseño R180**



Fuente: Catálogo Bridgestone.2013. p.4.

- **Diseño R184**

Diseño para ser utilizado en segmentos urbanos y rutas medias o regionales, brinda un rendimiento sobresaliente en pisos mojados y ofrece gran resistencia a los desgastes irregulares, cinco ribetes en la banda de rodamiento permiten obtener distribución de la carga.

Diseño de bajo perfil que brinda menor resistencia a la rodadura y economía de combustible, los múltiples sipes cruzando los ribetes de la banda de rodamiento brindan gran adherencia en piso mojado.

Dependiendo de la configuración de la plataforma y en su versión de 18 capas, esta llanta es una opción para plataformas bajas, es una llanta con estructura de alto índice de reencauchabilidad.

Figura 5. **Bridgestone diseño R184**



Fuente: Catálogo Bridgestone.2013. p. 4.

- **Diseño R187**

Dibujo de costillas para cualquier posición con ribetes protectores en los laterales para mayor resistencia a cortes y abrasiones, construcción con cinturones de acero de gran durabilidad y resistente a los pinchazos, excelente resistencia a los desgastes irregulares.

Llanta concebida originalmente para utilización en tráiler, eje libre o equipos de arrastre. Sin embargo, es posible utilizarla bajo ciertas circunstancias en ejes direccionales, llanta con estructura de alto índice de reencauchabilidad.

Figura 6. **Bridgestone diseño R187**



Fuente: Catálogo Bridgestone.2013. p. 4.

- **Diseño R250**

Diseño para toda posición en carretera pavimentada, construida para una larga duración, desgaste uniforme y bajo costo por kilómetro en carretera, diseño de cuatro costillas permiten una conducción precisa y reduce la retención de piedras.

Llanta radial para cortas y largas distancias, especialmente diseñado para ofrecer un servicio versátil, puede ser usado en pavimento tanto en rutas largas como en servicio regional de reparto, las cinco costillas en combinación con las cuatro ranuras ofrecen una maniobrabilidad precisa y una excelente tracción.

Figura 7. **Bridgestone diseño R250**



Fuente: Catálogo Bridgestone.2013. p. 5.

- **Diseño R260**

Cuenta con 17 milímetros de profundidad de estría, lo que brinda una opción de alta profundidad en diseño liso, este diseño se recomienda para flotas que requieren altos rendimientos en su operación, contiene una serie de ranuras que previenen el desgaste irregular, mejoran la tracción sobre mojado, lo cual incrementa los niveles de seguridad y favorece la vida útil del casco, el diseño computarizado del casco permite una larga durabilidad y reencauchabilidad.

La R260 cuenta con paredes provistas de protección adicional que previenen el daño por cortes y abrasión del casco.

Figura 8. **Bridgestone diseño R260**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 5.

- **Diseño R294**

Cuenta con dispositivos expulsadores de piedras en ranuras centrales que disminuyen la retención de las mismas y favorecen con protección al casco, diseño de cinco costillas continuas para una mejor distribución de la carga en cualquier posición, estrías en forma de zigzag y nuevos compuestos de hule en la banda de rodamiento que disminuyen los desgastes irregulares y aumentan la estabilidad en superficie mojada.

Cuenta con cuatro cinturones de acero para un menor índice de pinchaduras, tiempos perdidos y mayor reencauchabilidad, construcción reforzada en el área de la ceja con nylon, proporciona mayor estabilidad y resistencia en los costados de la llanta, ayudando a una mayor reencauchabilidad.

Figura 9. **Bridgestone diseño R294**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 6.

- Diseño R295

Su diseño ofrece una resistencia sobresaliente al desgaste irregular, resultando un mayor rendimiento kilométrico y una excelente respuesta de dirección, desarrollado para eje direccional y apropiado para uso en todas las posiciones, principalmente para uso de rutas en ciudad, posee un alto índice de reencauchabilidad.

Figura 10. **Bridgestone diseño R295**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 6.

- **Diseño R297**

La R297 es todo lo que se puede esperar de una buena llanta en toda posición para su camión y autobús, desempeño superior para los camiones y autobuses en condiciones regionales interurbanas sobre pavimento o cemento y excelente comportamiento en carreteras con muchas curvas y variaciones de pendientes, posee alto índice de reencauchabilidad.

Figura 11. **Bridgestone diseño R297**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p.7.

- **Diseño R227**

Posee alto desempeño para mayor rendimiento y confiable tracción en pavimento mojado, ranura defensiva y costilla ecualizadora para combatir la propagación del desgaste irregular, nuevo diseño de carcasa que promueve la economía del combustible tanto en llanta original como reencauchada.

Figura 12. **Bridgestone diseño R227**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 8.

- Diseño R194

Llanta liviana de perfil bajo diseñada específicamente para ejes de remolque en carretera, buena tracción y estabilidad en superficies secas y mojadas.

Figura 13. **Bridgestone diseño R194**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 8.

- **Diseño M711**

Uso en ejes de tracción sobre carretera pavimentada principalmente, confiable durabilidad en transporte de carga a altas velocidades, excelente resistencia a cortes y desgarres.

Banda de rodamiento extra profunda que ofrece una larga vida útil en vías pavimentadas principalmente, el diseño especial de bloques de la banda de rodamiento distribuyen las fuerzas en forma uniforme para resistir el desgaste irregular, agresivo diseño de tracción para un agarre sólido y consistente, bajo cualquier condición del camino.

Figura 14. **Bridgestone diseño M711**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 9.

- **Diseño M716**

Diseño de banda de rodamiento con costillas y estrías que ayudan a un manejo más confortable y ahorro de combustible, ranuras circunferenciales en la banda de rodamiento que hacen más eficiente el desalojo del agua y reduce el hidropneumático.

Cuerpo de cuerdas y cinturones estabilizadores de acero que aumentan la fortaleza de la llanta.

Figura 15. **Bridgestone diseño M716**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 9.

- **Diseño M729**

Diseño avanzado de la carcasa que ha sido optimizada por computadora, baja resistencia al rodamiento, mayor economía del combustible, brindando mayor reencauchabilidad y manejo más confortable.

Cuenta con mayor número de bloques y estrías, su amplia superficie de contacto se traduce en mayor tracción en pavimento mojado, compuestos especiales en la banda de rodamiento incrementan su rendimiento en primera vida, tracción extraordinaria en pavimento mojado sin sacrificar la durabilidad y la reencauchabilidad, bloques en forma de domos en la zona de los hombros.

Figura 16. **Bridgestone diseño M729**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 10.

- **Diseño M724**

Aplicación ideal en regional, recolección y entrega, diseño para utilizarse en cualquier posición, banda de rodadura de bloques especiales y hombros continuos que incrementan la tracción reduciendo el riesgo al hidropneumático.

Diseño agresivo que en combinación de compuestos especiales incrementan la tracción en cualquier tipo de camino, llanta con estructura de alto índice de reencauchabilidad, ideal para empresas de reparto en zonas urbanas y regionales.

Figura 17. **Bridgestone diseño M724**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 11.

- **Diseño M840**

Banda de rodamiento profunda para un control seguro y una vida larga útil, excelente combinación de diseño de dirección y tracción que brinda un agarre en cualquier posición.

Contiene un compuesto especial de banda de rodamiento para una excepcional resistencia a los cortes, astillamientos y desgarré, recomendado para ser usado en pavimento en ejes de tracción de buses que hacen recorridos largos y cortos, su versatilidad le permite ser usado también en ejes de dirección en rutas mixtas.

Figura 18. **Bridgestone diseño M840**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 11.

- **Diseño M843**

Banda de rodamiento extraprofunda, para una efectiva tracción y larga vida, su patrón de diseño mixto, le brinda un agarre y tracción en cualquier posición, tanto dentro como fuera de la carretera, alta resistencia a los cortes y abrasiones.

Su banda de rodamiento con autolimpieza ofrece una tracción más consistente, las ranuras centrales están diseñadas para evitar la retención de piedras para una mayor vida útil, su construcción de cinturón dividido le brinda gran flexibilidad a la banda de rodamiento para adaptarse a las irregularidades y obstáculos en el camino.

Figura 19. **Bridgestone diseño M843**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 12.

- **Diseño M844**

Diseñada para toda posición en servicio dentro y fuera de carretera, con menos peso y menor resistencia al rodado, para soportar grandes cargas y menor consumo de combustible con llantas duales, un diseño innovador que incorpora protección adicional en el costado, lo cual previene cortes y abrasiones.

Ambos lados están reforzados por una costilla, así que cuando un lado se desgasta puede rotarse para una protección continua.

La M844 ofrece gran resistencia a la carga, mayor vida original en el diseño de rodado, resistencia a daños y una reencauchabilidad sobresaliente aun en los caminos más difíciles.

Banda de rodamiento profunda de agresiva tracción, larga vida original con propiedades de autolimpieza para mantener la tracción y plataformas expulsadoras en la base de cada ranura para eyectar las piedras y mejorar la durabilidad.

Figura 20. **Bridgestone diseño M844**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 12.

- **Diseño M857**

Excelente ejemplo de un diseño mixtodirección y tracción en un mismo producto, que brinda gran tracción y control en ejes de dirección, tracción y tráiler.

Diseñado para ser usado en camiones de volteo, servicio forestal, ingenios de caña de azúcar o manejo de desechos, cuenta con un fuerte compuesto de la banda de rodamiento para una alta resistencia a cortes y desgarros, alta resistencia a los cortes y gran reencauchabilidad.

Figura 21. **Bridgestone diseño M857**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 13.

- **Diseño L301**

Diseño con alta tracción en condiciones severas, alta resistencia a los cortes y penetraciones por escombros, soporta recorridos medios sobre carretera asfaltada o de cemento, bajo condiciones de velocidad bajas sin daños graves en la banda de rodamiento, cuenta con un desempeño excepcional en superficies suaves o sueltas.

Figura 22. **Bridgestone diseño L301**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 13.

- **Diseño L317**

Banda de rodamiento extraprofunda que brinda una excelente tracción y una vida útil larga, para aplicaciones fuera de pavimento como construcción, minería, servicio forestal, ingenios de caña de azúcar y manejo de desechos.

Su construcción de cinturón dividido, le brinda flexibilidad a la banda de rodamiento para adaptarse a las irregularidades y obstáculos en el camino, su agresivo diseño de banda de rodamiento ofrece un agarre eficaz bajo condiciones extremas en ruta.

Figura 23. **Bridgestone diseño L317**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 14.

- **Diseño L355**

Diseño de tracción para ser utilizado en aplicación fuera de carretera. Acepta recorridos medios sobre pavimento o cemento a velocidades medias bajas, banda de rodamiento profunda con un agresivo diseño que garantiza una tracción consistente aún bajo las condiciones más severas.

Contiene un compuesto especialmente resistente a cortes y desgarros para una vida útil más larga.

Figura 24. **Bridgestone diseño L355**



Fuente: Catálogo Bridgestone. 2013. p. 14.

1.4.3. Reencauche de llantas

El proceso de reencauche consiste en hacer un estudio de flota general para determinar las necesidades de cambio de neumáticos de los vehículos, tomando en cuenta que la profundidad de retiro sea la adecuada, la cual es de 4/32 de pulgada o menos, y después de retirarlas de los vehículos ser enviadas a la planta de reencauche para ser reencauchadas con la banda de diseño adecuado para el uso y aplicación correspondiente.

Los diseños que se proporcionan son los siguientes:

- Diseño de reencauche RTP

Recomendable para usarse en cascos radiales, el diseño RTP tiene una gran aceptación por su versatilidad para usarse en diversas aplicaciones y posiciones del vehículo, desarrolla una buena tracción y alto desempeño al utilizarse en ejes libres.

Gran disponibilidad de tamaños de banda para dar cobertura a las diversas medidas de llantas del mercado, proporciona alto kilometraje.

Figura 25. **Diseño de Banda RTP Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 4.

- Diseño de reencauche WHL

Diseño profundo y agresivo para uso en eje motriz en aplicaciones fuera y sobre carretera que sean de baja velocidad, recorrido corto y que requiera la máxima tracción.

La profundidad de la banda provee la resistencia extraordinaria a la penetración.

Figura 26. **Diseño de banda WHL Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 4.

- Diseño de reencauche T4100

Tiene cinco costillas circunferenciales que proporcionan gran agarre y maniobrabilidad en superficies secas y mojadas.

Su recomendación en ejes de tracción de autobuses está restringida a usarse en condiciones normales donde no se requiera demasiada tracción y se tenga un desgaste lento o de alto rendimiento.

Figura 27. **Diseño de banda T4100 Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 4.

- Diseño de reencauche HW (*HighWay*)

Este diseño es verdaderamente universal para ser utilizado en llantas radiales y convencionales, prácticamente es utilizado en la mayoría de las aplicaciones, excelente kilometraje, también puede utilizarse en toda posición.

Figura 28. **Diseño de banda HW Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 4.

- Diseño de reencauche CB (*Cross Bar*)

Sus barras transversales trabajan para rendir gran kilometraje y excelente tracción en ruedas motrices, especialmente adecuado para aplicaciones donde la tracción es primordial.

Figura 29. **Diseño de banda CB Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 4.

- Diseño de reencauche BDE2

Esta banda dinámica con tacos macizos provee una adherencia excelente para obtener una tracción a la rueda motriz imponente, está diseñada para llantas radiales.

Figura 30. **Diseño de Banda BDE2 Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 5.

- Diseño de reencauche D4310

Es un diseño profundo para todo tiempo, que sirve para ejes motrices en aplicaciones de recorrido de larga distancia en condiciones normales, está diseñada para rendir kilometraje y tracción máxima.

Figura 31. **Diseño de Banda D4310 Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 5.

- Diseño de Reencauche ITR

La banda tiene una excelente aptitud direccional de alto índice de renovada resistencia en la zona de hombros y evita la retención de piedras, utilizada para transportes generales, está especialmente diseñada para pisos pavimentados de corta y larga distancia.

Figura 32. **Diseño de banda ITR Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 5.

- Diseño de reencauche R4200

Diseño que proporciona excepcional kilometraje en aplicaciones donde los desgastes de llantas nuevas sean rápidos por las condiciones propias de las rutas y condiciones del clima, tiene aplicaciones en todas las posiciones con alto desempeño en posiciones de tráiler al igual que en las posiciones de tracción donde se requiera un tipo de tracción moderada.

Figura 33. **Diseño de banda R4200 Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 5.

- Diseño de reencauche D4300

Un diseño con buena profundidad, utilizada para proporcionar excelente tracción en todo tipo de condiciones climatológicas, la presentación de sus bloques en las áreas de los hombros le permite cubrir los requisitos de tracción esperados por los transportistas.

Figura 34. **Diseño de banda D4300 Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 6.

- Diseño de reencauche ECL *DRIVE*

Cuenta con una serie de bloques que proporcionan una excelente tracción en todo tipo de clima, alto kilometraje, con la versatilidad de desempeñarse en aplicaciones sobre carretera como en recolección y entrega además de proporcionar apariencia de llanta nueva.

Figura 35. **Diseño de banda ECL DRIVE Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 6.

- Diseño de reencauche UAP

Diseño especialmente para proporcionar excelente kilometraje y proveer tracción en condiciones normales de operación, además de un extraordinario comportamiento en carreteras con piso mojado.

Figura 36. **Diseño de banda UAP Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 6.

- Diseño de Reencauche RLM

Alto kilometraje proporcionado por esta banda, con una profundidad extraordinaria, ofrece gran resistencia a la penetración de materiales extraños en el camino, recomendada para trabajos pesados, en donde se requiera la entrega de la más alta tracción, sus bloques colocados en forma transversal, evitan el desprendimiento de los extremos de la banda, excelente protección para el casco.

Figura 37. **Diseño de banda RLM Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 6.

- Diseño de reencauche UDR

Banda de aplicación específica, su gran profundidad de piso y características de diseño proporcionan excelente tracción en cualquier tipo de condiciones climatológicas sobre carretera.

Figura 38. **Diseño de banda UDR Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 7.

- Diseño de reencauche ECL *RIB*

Este diseño permite a sus clientes utilizar una banda para toda su flota, tanto para ejes de tracción como remolques, más ligero que una banda de tacos, lo que puede mejorar la economía del combustible y reducir la fatiga de los cascos, tiene apariencia de llanta nueva.

Figura 39. **Diseño de banda ECL RIB Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 7.

- Diseño de reencauche BDLT

Este es un diseño para vehículos livianos que desarrolla una buena tracción en cualquier condición climática, sin sacrificar su rendimiento.

Figura 40. **Diseño de Banda BDLT Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 7.

- Diseño de reencauche BDV

Un diseño con buena profundidad utilizada para proporcionar excelente tracción en todo tipo de condiciones climatológicas, la presentación de sus bloques en las áreas de sus hombros le permiten cubrir los requisitos de tracción esperados por los transportistas.

Figura 41. **Diseño de banda BDV Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 7.

- Diseño de reencauche BTR-SA

Esta banda tiene una excelente aptitud direccional de alto índice de renovada resistencia en la zona de los hombros y evita la retención de piedras.

Utilizada para transportes generales está especialmente diseñada para pisos pavimentados de corta y larga distancia, tiene apariencia de llanta nueva.

Figura 42. **Diseño de banda BTR-SA Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 8.

- Diseño de reencauche BDY-1

Este diseño de alta tracción está recomendado especialmente para condiciones de servicio severas en caminos de piedras, tales como: mineras y bosques.

Figura 43. **Diseño de banda BDY-1 Bandag**



Fuente: Catálogo *Bandag*. 2012. p. 8.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

2.1. Descripción de la materia prima

La materia prima que se utiliza para el reencauche de llantas, está basada en su mayoría por caucho, hule y productos que provienen de derivados del petróleo, los productos más empleados son los que se utilizan en el proceso de reparaciones. A continuación se presenta una breve descripción de los productos que se emplean en dicho proceso.

- **Cemento de contacto**

Este es utilizado para hacer reparaciones en frío, cuando se detecta una perforación en la carcasa, se necesita una temperatura no mayor de 18 grados Centígrados y para la vulcanización en caliente de 150 grados Centígrados, este se utiliza en parches de tipo radial, diagonal y universal, así como, para minicombi y remasten, este último se utiliza cuando se detecta una perforación cilíndrica en la carcasa.

- **Cemento de contacto sellador**

Este es utilizado para sellar el interior de las perforaciones que sufre la carcasa de la llanta, cuando hubo filtración y esta pudo llegar a afectar los cables de acero en el interior, este líquido sella y no permite que la corrosión se expanda dentro del caucho y de los cables de acero.

- Thermopress MTR Rubber

Una goma para rellenar el agujero del daño en cualquier lugar del neumático, banda de rodamiento, hombro y laterales del neumático.

Para la vulcanización es necesario que la temperatura sea de 100 grados Centígrados mínima. Se rellena el área dañada por completo utilizando solamente este compuesto de goma MTR.

MTR Rubber presenta una aplicación fácil junto con una buena adhesión al neumático y resistencia a tensiones dinámicas.

- Bead Sealer

Sellante aplicable con brocha para evitar las fugas de aire en los talones, no se debe utilizar para el relleno de los arranques de goma de los talones de los neumáticos, este producto es inflamable ya que es un derivado del petróleo.

- Líquido *Buffer*

Se utiliza para la limpieza y raspado rápido, de forma simultánea en cámaras de aire, es una limpieza química antes del raspado.

- Parche Remasten

Se utiliza cuando existe una perforación de tipo cilíndrico en la banda de rodamiento cubriendo el agujero para que no exista contaminación dentro del casco y afecte el interior y los cinturones del neumático.

- Parches para cubiertas radiales

Son parches para una reparación permanente, para neumáticos de construcción radial, existen en varias medidas y distintas aplicaciones.

Los parches para construcción radial están fabricados para ser utilizados tanto en frío como en caliente, así como, autovulcanización en frío gracias a la capa de goma única que poseen conjuntamente con las apropiadas herramientas para su utilización.

Los nuevos compuestos de caucho proporcionan una vida de servicio útil y larga, dentro de todos los procesos de vulcanización.

También están los parches reforzados con *aramid* que aseguran una larga vida útil, con un reducido peso, flexibilidad extrema y una adaptación óptima a los neumáticos de perfil bajo, menor tiempo de aplicación, menos desgaste de herramientas y menor desequilibrio del neumático.

Fabricado para todos los sistemas de vulcanizado gracias a su capa de unión integrada, con sus adhesivos acelerantes específicos.

- Minicombi

Reparación combinada (interior y exterior) para pinchazos en banda de rodamiento en neumáticos convencionales.

Las unidades de minicombi se autovulcanizan independientemente dentro del neumático, en una sola operación minicombi repara el interior del neumático, así como el canal de perforación.

Evita que se introduzcan cuerpos extraños, así como, humedad, barro, etcétera y que puedan provocar daños irreparables en la banda de rodamiento.

- Parches serie PN

Parches para la reparación duradera de neumáticos diagonales o convencionales de todas las medidas y para todas las aplicaciones, la serie PN son compactos y flexibles, hacen que la aplicación del parche sea fácil y ayudan a garantizar buenas propiedades dinámicas para el neumático reparado.

2.2. Descripción del proceso de reencauche

El proceso de reencauche inicia con la recepción de llantas, en el cual se le asigna un número de identificación o un *record* y un código de producto, el cual incluye la medida de la llanta y el diseño de la banda de reencauche, el *record* sirve para identificar a la llanta dentro de todo el proceso y tener un dato histórico de todos los neumáticos trabajados y materiales que se emplearon durante su proceso de reencauche, a continuación se describen los procesos del reencauche de llantas.

- Inspección inicial

Se revisan todas las partes de la llanta para determinar si esta cumple con las especificaciones para el proceso de reencauche, se revisa el interior comprobando que no existan heridas dentro de la capa selladora, se revisa el exterior de la llanta buscando perforaciones superficiales que puedan ser reparadas posteriormente, también se inspecciona el interior de la llanta manualmente y por medio de ultrasonido buscando separaciones de capas dentro de la construcción de la llanta.

- Raspado de llantas

En este proceso se raspa la llanta para quitar el remanente de la banda de rodamiento que ya no se utiliza, dejando una superficie adecuada y el ancho indicado para la puesta de la nueva banda.

- Cardeo

En este proceso se revisa el raspado y se quitan todas aquellas contaminaciones que puedan quedar en los neumáticos por reparaciones no detectadas o mal realizadas con anterioridad, si existen cables oxidados o expuestos estos son removidos, dejando la superficie del casco totalmente limpio de impurezas.

- Cementado

Este proceso consta de cementar o sellar todas aquellas áreas del casco que han sido raspadas y removidas en el proceso de cardeo.

Sella el interior del casco para que no existan contaminaciones dentro de los cables con los cuales está construida la llanta y evitar así posibles fallas del neumático reencauchado en operaciones futuras.

- Reparaciones

En este proceso se reparan aquellas heridas que fueron encontradas y trabajadas en los procesos anteriores, todo esto dentro del neumático.

En esta etapa del proceso de reencauche se colocan los parches de diferentes diseños y medidas dependiendo de la construcción y de la herida presentada en el casco a reencauchar.

- Rellenado

En esta etapa del proceso de reencauche se rellenan las heridas y los cortes que existen externamente en el casco y se coloca una capa en la superficie de la carcasa para colocar la nueva banda, el material con que se rellena toda la superficie de la banda es el que se vulcaniza y realiza la operación de pegado de la nueva banda al casco.

- Corte de banda

Este proceso consiste en recibir la tarjeta del neumático donde está el tipo de banda que ha seleccionado el cliente para este casco de neumático, se toman las medidas de circunferencia del casco y es cortada la banda para posteriormente ser colocada.

- Embandado

Es el proceso de colocar la nueva banda sobre el casco del neumático, se selecciona el tipo de banda que se cortó en el proceso de corte de banda, esto ya determinado por el cliente según aplicación y operación a la cual será sometido el neumático, se utiliza una máquina donde se infla el neumático y con láser se centra la nueva banda al casco, el neumático va girando mientras se adhiere la banda, posteriormente es presionada con un rodillo para asegurar toda la superficie de la banda al casco del neumático, se coloca la tira de *Thermopress* en la unión de la banda, posteriormente se coloca el sello de la marca de la banda y pasa al siguiente proceso.

- Cámaras

En este proceso son armados los neumáticos con anillos de metal y envolturas de caucho, sellando completamente el neumático, para posteriormente ser extraído todo el aire dentro del recipiente para crear un vacío, esto con el fin de mantener la banda totalmente unida al casco del neumático mientras se realiza la vulcanización dentro de las cámaras, el proceso consta de introducir veintidós llantas donde estas son vulcanizadas a una temperatura de 220 grados Fahrenheit durante cuatro horas, después son retiradas de las cámaras se desarman las envolturas de caucho y los anillos de metal para ser trasladadas al siguiente proceso.

- Inspección final

Este proceso consiste en realizar una inspección del neumático ya reencauchado, revisando la mismas zonas que en el proceso de inspección inicial, se revisa que la banda haya quedado completamente unida al casco sin ninguna separación y bolsas de aire entre la banda y la superficie del casco, de existir algún inconveniente el casco es trasladado al inicio del proceso para ser reprocesado, si cumple con las especificaciones el neumático reencauchado es pintado y enviado a la bodega de producto terminado para estar a la disponibilidad del cliente.

2.3. Jornadas laborales

Las jornadas de trabajo que se practican dentro de las instalaciones para el proceso de reencauche de llantas son las mismas que regula el Código de Trabajo de Guatemala Decreto número 1441, en relación a la jornada diurna y sus horas extras, las cuales se describen a continuación:

“Artículo 116. La jornada diurna de trabajo efectivo no puede ser mayor de ocho horas diarias, sin exceder de un total de cuarenta y ocho horas a la semana.

La jornada ordinaria de trabajo efectivo nocturno no puede ser mayor de seis horas diarias, ni exceder de un total de treinta y seis horas a la semana.

Tiempo de trabajo efectivo es aquel en que el trabajador permanezca a las órdenes del patrono.

Trabajo diurno es aquel que se ejecuta entre las seis y las dieciocho horas de un mismo día.

Trabajo nocturno es el que se ejecuta entre las dieciocho horas de un día y las seis horas del siguiente.

La labor diurna normal semanal será de cuarenta y cuatro horas de trabajo efectivo, equivalente a cuarenta y ocho horas para los efectos exclusivos del pago de salario. Se exceptúan de esta disposición, los trabajadores agrícolas y ganaderos y los de las empresas donde labore un número menor de diez, cuya labor diurna normal semanal será de cuarenta y ocho horas de trabajo efectivo, salvo costumbre más favorable al trabajador.

Pero esta excepción no debe extenderse a las empresas agrícolas donde trabajan quinientos o más empleados”.

“Artículo 121. El trabajo efectivo que se ejecute fuera de los límites de tiempo que determinan los artículos anteriores para la jornada ordinaria, o que exceda el límite inferior que contractualmente se pacte, constituye jornada extraordinaria y debe ser remunerada por lo menos con un cincuenta por ciento más de los salarios mínimos o de los salarios superiores a estos que hayan estipulado las partes.

No se consideran horas extraordinarias las que el trabajador ocupe en subsanar los errores imputables solo a él, cometidos durante la jornada ordinaria, ni las que sean consecuencia de su falta de actividad durante tal jornada, siempre que esto último sea imputable”.

“Artículo 122. Las jornadas ordinarias y extraordinarias no pueden exceder de un total de doce horas, salvo casos de excepción calificados que se determinen en el reglamento o que por siniestro ocurrido o riesgo inminente, peligren las personas, establecimientos, máquinas, instalaciones, plantíos, productos o cosechas y que sin evidente perjuicio, no sea posible sustituir a los trabajadores o suspender las labores de los que están trabajando.

Se prohíbe a los patronos ordenar o permitir a sus trabajadores que trabajen extraordinariamente en labores que por su propia naturaleza sean insalubres o peligrosas.

En los casos de calamidad pública rige la misma salvedad que determina el párrafo primero de este artículo, siempre que el trabajo extraordinario sea necesario para conjurarla o atenuarla. En dichas circunstancias el trabajo que se realice se debe pagar como ordinario”.

2.4. Sueldos y salarios

Los sueldos y salarios también son pagados de conformidad con la ley que establece a continuación el Código de Trabajo de la República de Guatemala.

“Artículo 88. Salario o sueldo es la retribución que el patrono debe pagar al trabajador en virtud del cumplimiento del contrato de trabajo o de la relación de trabajo vigente entre ambos. Salvo las excepciones legales, todo servicio prestado por un trabajador a su respectivo patrono, debe ser remunerado por este.

El cálculo de esta remuneración, para el efecto de su pago, puede pactarse:

- Por unidad de tiempo (por mes, quincena, semana, día u hora).
- Por unidad de obra (por pieza, tarea, precio alzado o a destajo).
- Por participación en las utilidades, ventas o cobros que haga el patrono, pero en ningún caso el trabajador deberá asumir los riesgos de pérdidas que tenga el patrono”.

“Artículo 89. Para fijar el importe del salario en cada clase de trabajo, se debe tomar en cuenta la intensidad y calidad del mismo, clima y condiciones de vida.

A trabajo igual, desempeñado en puesto y condiciones de eficiencia y antigüedad dentro de la misma empresa, también iguales, corresponderá salario igual, el que debe comprender los pagos que se hagan al trabajador a cambio de su labor ordinaria.

En las demandas que establecen las trabajadoras relativas a la discriminación salarial por razón de sexo, queda el patrono obligado a demostrar que el trabajo que realiza la demandante es de inferior calidad y valor”.

“Artículo 90. El salario debe pagarse exclusivamente en moneda de curso legal.

Se prohíbe pagar el salario, total o parcialmente, en mercadería, vales, fichas, cupones o cualquier otro signo representativo con que se pretenda sustituir la moneda. Las sanciones legales se deben aplicar en su *máximo* cuando las órdenes de pago sólo sean canjeables por mercaderías en determinados establecimientos.

Es entendido que la prohibición que procede no comprende la entrega de vales, fichas u otro medio análogo de cómputo del salario, siempre que al vencimiento de cada período de pago el patrono cambie el equivalente exacto de unos u otras en moneda de curso legal.

No obstante las disposiciones anteriores, los trabajadores campesinos que laboren en explotaciones agrícolas o ganaderas pueden percibir el pago de su salario, hasta en un treinta por ciento del importe total de éste como *máximo*, en alimentos y demás artículos análogos destinados a su consumo personal inmediato o al de sus familiares que vivan y dependan económicamente de él, siempre que el patrono haga el suministro a precio de costo o menos.

Asimismo, las ventajas económicas, de cualquier naturaleza que sean, que se otorguen a los trabajadores en general por la prestación de sus servicios, salvo pacto en contrario, debe entenderse que constituyen el treinta por ciento del importe total del salario devengado”.

“Artículo 91. El monto del salario debe ser determinado por patronos y trabajadores, pero no puede ser inferior al que se fije como mínimo de acuerdo con el capítulo siguiente”.

“Artículo 92. Patrones y trabajadores deben fijar el plazo para el pago de salario, sin que dicho plazo pueda ser mayor de una quincena para los trabajadores manuales, ni de un mes para los trabajadores intelectuales y los servicios domésticos.

Si el salario consiste en participación en las utilidades, ventas o cobros que haga el patrono, se debe señalar una suma quincenal o mensual que ha de recibir el trabajador, la cual debe ser proporcional a las necesidades de este y el monto probable de la participación que le llegue a corresponder. La liquidación definitiva se debe hacer por lo menos cada año”.

“Artículo 93. Salvo lo dispuesto por el párrafo segundo del artículo anterior, el salario debe liquidarse completo en cada período de pago. Para este efecto, así como, para el cómputo de todas las indemnizaciones o prestaciones que otorga el presente Código, se entiende por salario completo el devengado durante las jornadas ordinarias y extraordinarias o el equivalente de las mismas en el caso del inciso b) del artículo 88.

Igualmente para los mismos efectos que indica el párrafo anterior, siempre que se pueda pactar legalmente salarios en especie y no se haya estipulado la proporción entre este y el salario en dinero, debe entenderse que se ha convenido pagar en especie de un treinta por ciento del salario total”.

“Artículo 94. El salario debe pagarse directamente al trabajador o a la persona de su familia que él indique por escrito o en acta levantada por una autoridad de trabajo”.

“Artículo 95. Salvo convenio escrito en contrario, el pago del salario debe hacerse en el propio lugar donde los trabajadores presten sus servicios y durante las horas de trabajo inmediatamente después de que éstas concluyan.

Se prohíbe pagar el salario en lugares de recreo, expendios comerciales o de bebidas alcohólicas u otros análogos, salvo que se trate de trabajadores que laboren en esta clase de establecimientos”.

2.5. Situación actual de la línea de producción

A continuación dentro del análisis de la planta de producción se describe la productividad actual de la línea de producción.

El principal motivo para estudiar la productividad en este estudio y en la empresa es encontrar las causas que la deterioran, una vez conocidos, establecer las bases para incrementarla.

Se define la productividad como el grado de rendimiento con el que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos determinados.

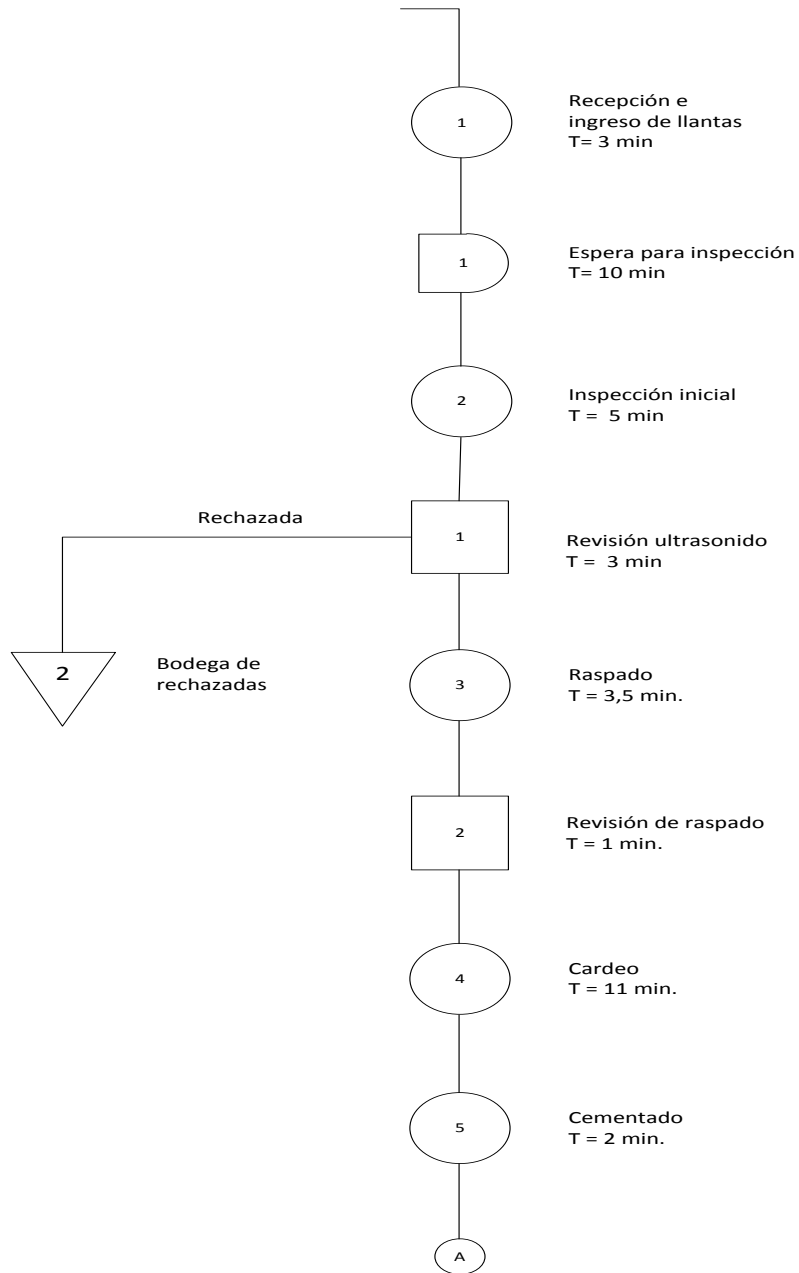
En este análisis, el objetivo es la fabricación de artículos a un menor costo a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción; materiales, hombres y máquinas.

2.5.1. Diagrama de operaciones actual

El diagrama de operaciones actual muestra el orden en que actualmente se está operando en la línea de reencauche de llantas, se definen las operaciones, tiempos y las demoras si existieran, representados por medio de símbolos de acuerdo con su naturaleza.

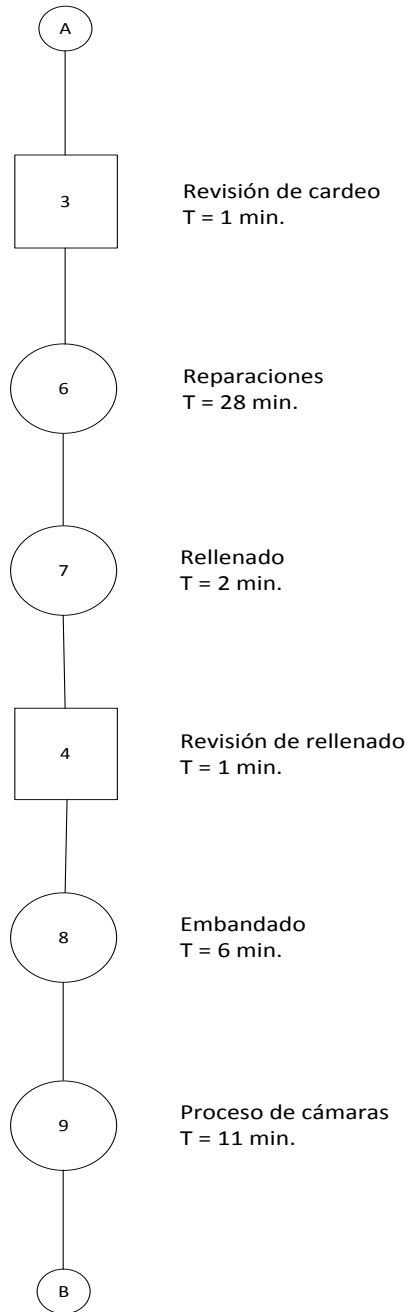
Figura 44. Diagrama de operaciones del proceso

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Actual	Hoja: 1/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Mayo de 2013



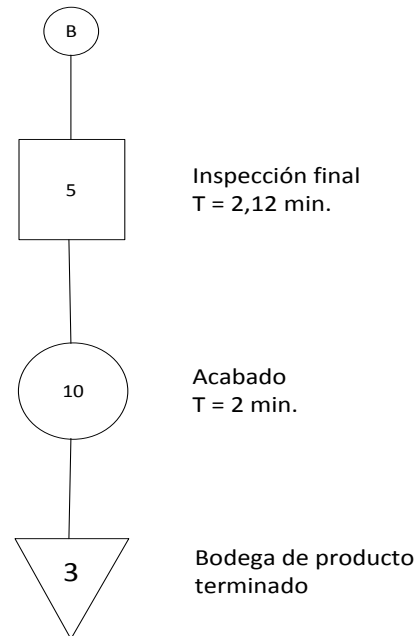
Continuación de la figura 44.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Actual	Hoja: 2/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Mayo de 2013



Continuación de la figura 44.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Actual	Hoja: 3/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Mayo de 2013



RESUMEN DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO		
OPERACIÓN	CANTIDAD	TIEMPO
○	10	73,5 minutos
□	5	18,5 minutos
▽	3	n/a
TOTAL	18	92 minutos

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio..

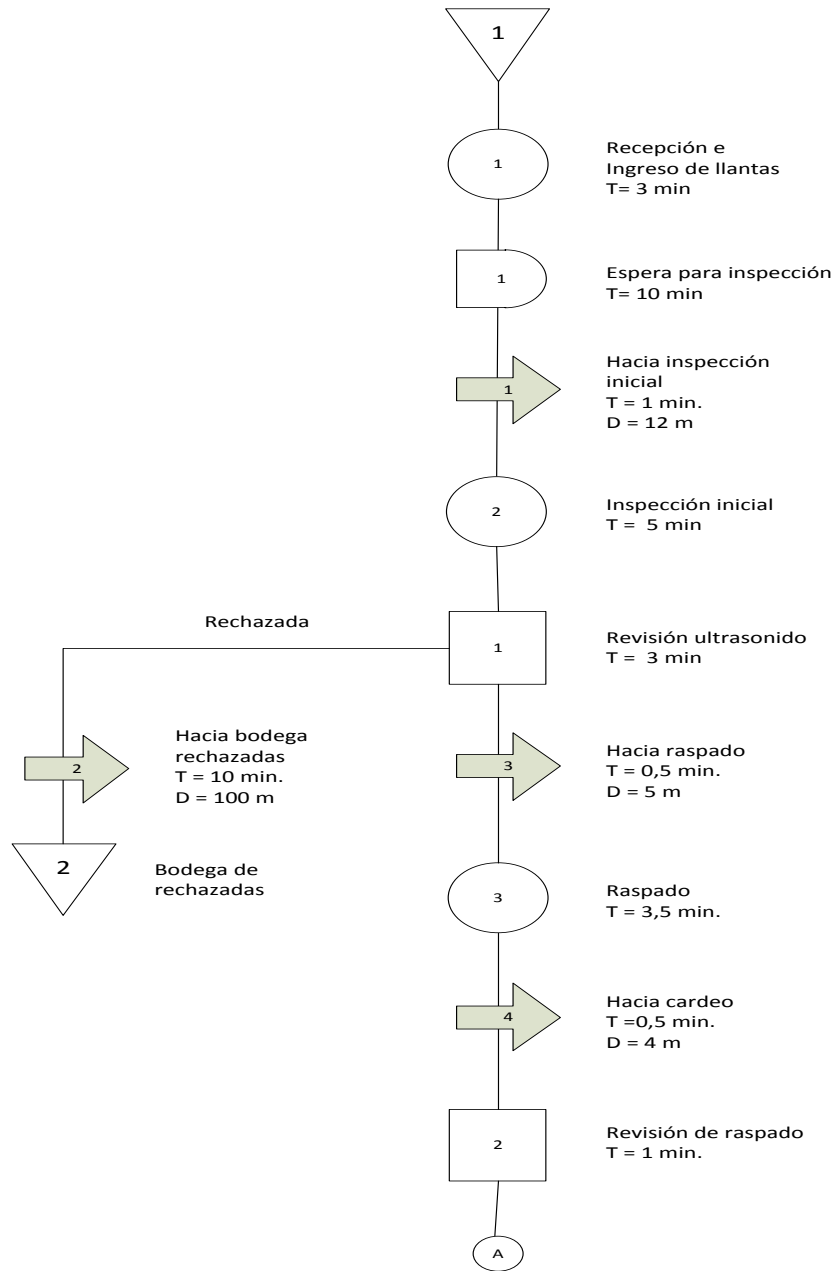
2.5.2. Diagrama de flujo del proceso actual

El diagrama de proceso de flujo actual es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones esperas y almacenamiento que ocurren durante el proceso de reencauche de llantas. Incluye la información que se considera deseable para el análisis.

El propósito principal del diagrama de flujo es proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de acontecimientos del proceso y mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. También sirve para disminuir las esperas, estudiar las operaciones y otras actividades interrelacionadas. Igualmente, ayuda a comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio.

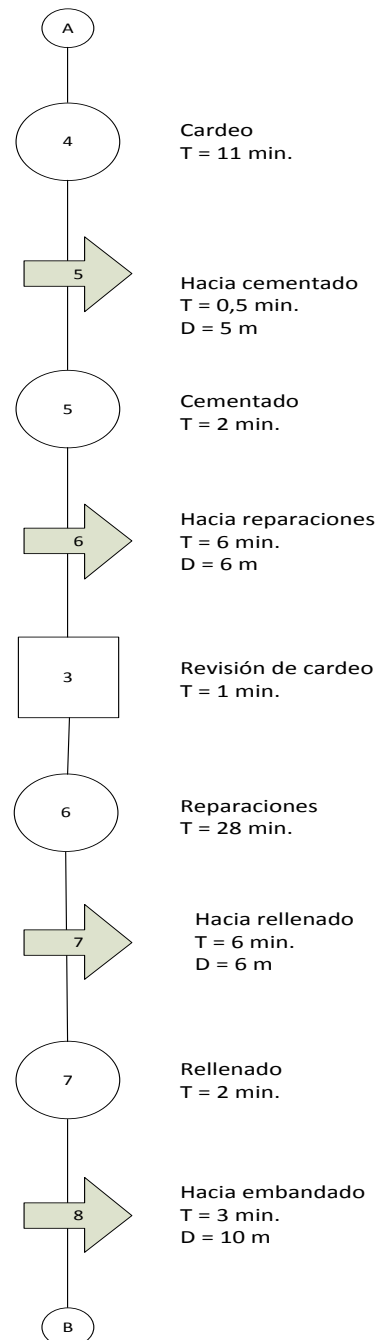
Figura 45. Diagrama de flujo del proceso

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Actual	Hoja: 1/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Mayo de 2013



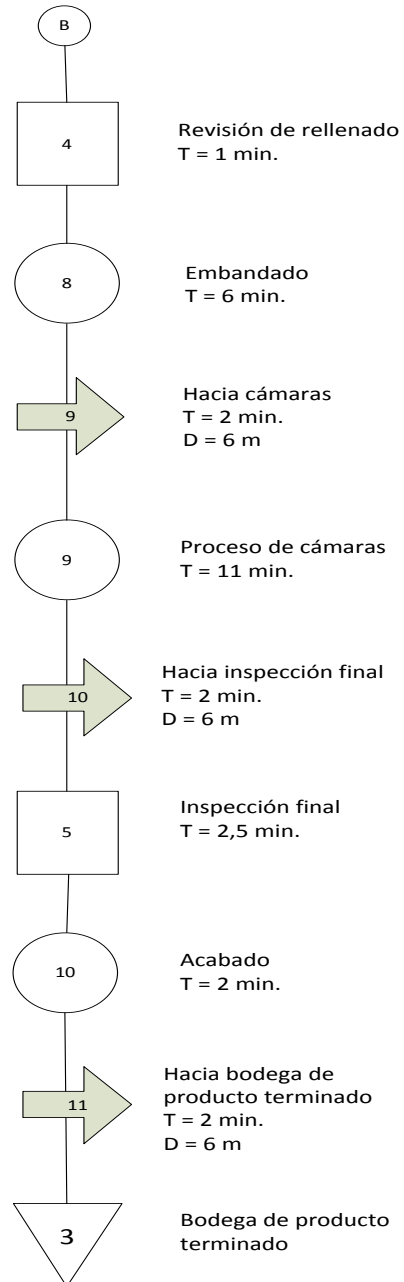
Continuación de la figura 45.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Actual	Hoja: 2/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Mayo de 2013

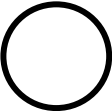


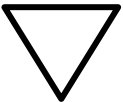


Continuación de la figura 45.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Actual	Hoja: 3/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Mayo de 2013



Continuación del figura 45.

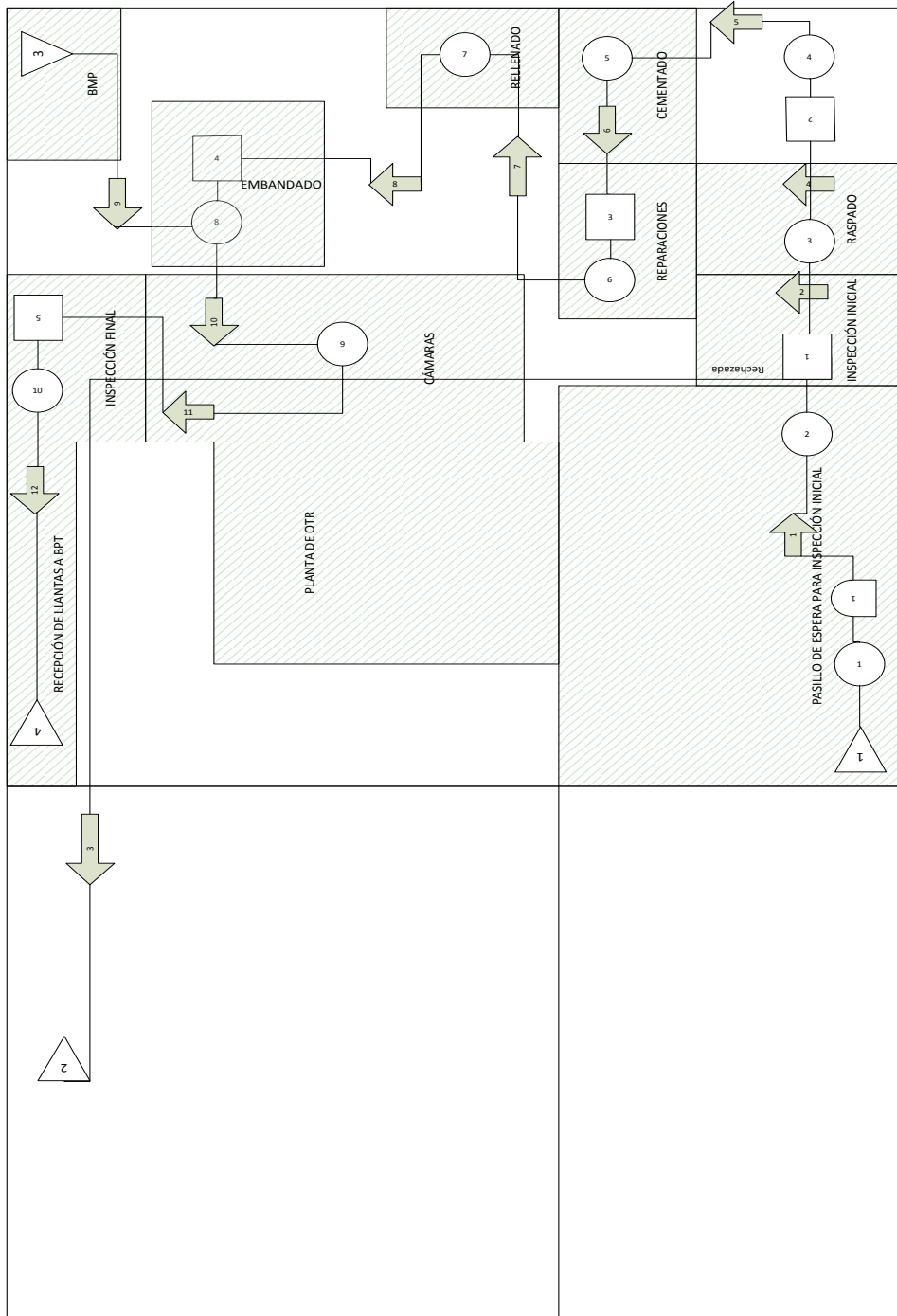
RESUMEN DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO			
OPERACIÓN	CANTIDAD	TIEMPO	RECORRIDO
	10	73,5 minutos	0
	5	18.5 minutos	0
	11	45,5 minutos	169 m
	3	n/a	n/a
TOTAL	29	137,5 minutos	169 m

Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Diagrama de recorrido actual

El diagrama de recorrido está dividido en áreas y estas en los distintos procesos los cuales forman la línea de producción de reencauche de llantas, dentro de la nave industrial se encuentran las áreas destinadas para bodega de almacenamiento de materia prima y producto terminado.

Figura 46. Diagrama de recorrido actual



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio.

2.5.4. Capacidad de producción histórica

La capacidad de producción depende de la cantidad de llantas que ingresen a la línea de producción de reencauche de llantas, en los últimos años la producción mensual es de dos mil reencauches al mes.

2.6. Tiempos actuales

Los tiempos actuales fueron tomados durante una jornada diurna normal de trabajo y posteriormente comparados con los datos históricos de la empresa y con los parámetros proporcionados por la empresa Bandag quien es el proveedor de la materia prima.

2.6.1. Tiempos muertos

Los tiempos muertos son aquellos en los cuales la producción se encuentra detenida ya sea por parte del proceso o por inconvenientes ajenos a la misma, pero que tienen que ver directamente con la maquinaria o el tiempo mientras que la máquina está parada y el operador no puede realizar ninguna actividad que colabore con el proceso de reencauche, dentro de estos tiempos muertos se pueden mencionar cuando los compresores que absorben los residuos de caucho dentro del proceso de raspado se llenan y el operario de las máquinas debe vaciarlo, durante esta actividad el proceso de raspado permanece parado.

2.6.2. Tiempos de ocio

Los tiempos de ocio son aquellos en los cuales las máquinas se encuentran trabajando mientras que los operarios no realizan ninguna tarea específica, en la cual pueden ser más productivos si se les asigna una tarea, dentro del proceso de reencauche de llantas no se tienen tiempos de ocio.

2.6.3. Tiempo de entrega del producto

El tiempo de entrega de los neumáticos reencauchados está determinado por la capacidad de producción que posee la planta de reencauche, así como, del flujo de llantas a reencauchar que ingresen a la misma, los tiempos promedios oscilan en tres y cinco días hábiles, esto para ser ingresada a la bodega de producto terminado, ya en esta bodega los clientes pueden disponer de sus neumáticos reencauchados en el momento que lo requieran.

Uno de los inconvenientes que se encuentran en el proceso es el almacenamiento de las llantas ya que algunos clientes mantienen sus llantas hasta que necesitan de ellas y ahorrarse el almacenaje y el espacio dentro de sus bodegas, esto representa un retorno lento de la inversión de las materias primas para el proceso de reencauche y generan un sobre *stock* de producto terminado en las bodegas de la empresa, el cual representa un costo que se detalla en el siguiente inciso.

2.7. Costos actuales

Los costos que se pueden mencionar dentro del proceso de reencauche de llantas son los siguientes:

- Costo de mano de obra

El proceso de reencauche cuenta con 24 operarios en planta de reencauche, 7 personas en el Área de Bodega, producto terminado y materias primas, personal que cuenta con el salario siguiente:

Tabla I. **Costos de mano de obra**

COSTO DE MANO DE OBRA				
	Empleados	Salario Q	Bonificación Q	Total Q
Planta	24	2 225,00	250,00	59 400,00
BPT	5	2 225,00	250,00	12 375,00
BMP	2	2 225,00	250,00	4 950,00
Administración planta	2	14 000,00	-	28 000,00
Mantenimiento planta	3	13 400,00	-	40 200,00
Total mensual	36	34 075,00	750,00	144 925,00
Costo de MO Q				144 925,00

Fuente: elaboración propia.

- Costo de energía eléctrica

El consumo promedio al mes es de 200 kilowatts por hora teniendo este un costo de Q0,25 suma un total de Q20 000,00 al mes de costo de energía eléctrica.

Tabla II. **Costo de energía eléctrica**

COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
	KW	Precio Q
Consumo mensual	2 500	2,50
Total mensual Q		6 250,00

Fuente: elaboración propia.

- **Costo de almacenaje**

El costo de almacenaje se calculó por medio del espacio disponible para la bodega y el valor que tiene el precio del metro cuadrado dentro de la zona industrial donde se encuentra ubicada la planta de reencauche, el cual es el siguiente:

Tabla III. **Costo de almacenaje**

COSTO DE ALMACENAJE		
	Metros cuadrados disponibles	Costo metro cuadrado
Consumo mensual	10 000	Q 70,00
Total mensual		Q 700 000,00

Fuente: elaboración propia.

- **Costo de materias primas**

El costo de las materias primas e insumos está presentado en el siguiente cuadro:

Tabla IV. **Costo de materias primas**

COSTO DE MATERIAS PRIMAS	
Descripción	Costo (Q)
Banda de reencauche	1 976 800,00
Reparaciones e insumos	35 000,00
Papelera y oficinas	3 500,00
Thermo plast	1 200,00
Total Mensual (Q)	2 016 500,00

Fuente: elaboración propia.

- Costo de maquinaria y equipos

Dentro de los costos que se pueden mencionar para la maquinaria y equipo están los costos de mantenimiento, los cuales están representados en el siguiente cuadro:

Tabla V. **Costo de mantenimiento**

COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mantenimientos	Q20 000,00
Herramientas	Q10 000,00
Total mensual	Q30 000,00

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA

3.1. Calculo de los tiempos

Una vez que se ha registrado toda la información general y la referente al método normalizado de trabajo, la siguiente fase consiste en medir el tiempo de la operación, tarea a la que comúnmente se le llama cronometraje.

3.1.1. Medición de los tiempos de operación

Se utilizó el método de vuelta a cero para cronometrar los tiempos de las distintas operaciones que conforman el proceso de reencauche de llantas, este proceso consiste en detener el reloj inmediatamente cuando se termina de ejecutar una actividad e iniciar nuevamente cuando esta inicia en su próximo ciclo.

3.1.2. Tiempo cronometrado

Para calcular el tiempo cronometrado, se debe buscar en la tabla de *Westinghouse* para determinar el número mínimo de lecturas, dentro de este análisis se determina que el número mínimo de lecturas está representado por el tiempo de ciclo y la cantidad de piezas producidas por año, encontrando que el número del ciclo es mayor a 1,0 hora y que el número de piezas producidas por año o en este caso el número de llantas reencauchadas por año está dentro del intervalo de 1 000 a 10 000, siendo el dato de 3 120 llantas reencauchadas por mes.

3.1.3. Tiempo estándar

El tiempo estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. Este incluye los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como, los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos, a estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos y las calificaciones de los operarios.

La calificación de la actuación del operario es la técnica para determinar equitativamente el tiempo requerido por un operario normal para ejecutar una tarea. Entendiéndose que el operador normal debe ser un operario competente y altamente experimentado que trabaje en las condiciones que prevalecen normalmente en la estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, si no representativo de un término medio.

En esta actividad se calificaron aspectos como:

Habilidad: donde se mide la eficiencia para seguir un método dado, no sujeto a variación por voluntad del operador.

Esfuerzo: se evalúa la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.

Condiciones: son aquellas como (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afecten la operación.

Consistencia: son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.

A continuación se muestran los valores con los que se califica a los operarios según la tabla siguiente:

Tabla VI. **Calificación de la actuación**

HABILIDAD			ESFUERZO		
A	Habilísimo	0,15	A	Habilísimo	0.15
B	Excelente	0,10	B	Excelente	0.1
C	Bueno	0,05	C	Bueno	0.05
D	Medio	0,00	D	Medio	0.00
E	Regular	-0,05	E	Regular	-0,05
F	Malo	-0,10	F	Malo	-0,10
G	Torpe	-0,15	G	Torpe	-0,15
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
A	Buena	0,05	A	Buena	0,05
B	Media	0,00	B	Media	0,00
C	Mala	-0,05	C	Mala	-0,05

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 210 p.

Para esta actividad se seleccionaron a los operarios de cada estación con más experiencia y se les explicó que debían realizar esta actividad a un ritmo medio, quedando las calificaciones expresadas por operación de la siguiente manera:

Tabla VII. **Ponderación de los operarios**

CALIFICACIÓN					
No.	Operación	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia
1	Recepción	0,05	0	0,05	0,05
2	Inspección Inicial	0,05	0,05	0,05	0,05
3	Raspado	0,05	0,05	0,05	0,05
4	Cardeo	0,05	0,05	0,05	0,05
5	Cementado	0,05	0,05	0,05	0,05
6	Reparaciones	0,05	0,05	0,05	0,05
7	Rellenado	0,05	0,05	0,05	0,05
8	Embandado	0,05	0,05	0,05	0,05
9	Cámaras	0,05	0,05	0,05	0,05
10	Inspección Final	0,05	0,05	0,05	0,05

Fuente: elaboración propia.

Con estas calificaciones por operario y estación de trabajo se procede a calcular el tiempo normal de la operación, con la siguiente fórmula.

$$T_n = TC \cdot (1 + \% \text{Calificación})$$

Aplicando esta fórmula a cada uno de los tiempos cronometrados de cada operación se obtienen los siguientes tiempos normales:

Tabla VIII. **Cálculo del tiempo normal**

	Operación	TC (mín)	Calificación	Tn (min)
1	Recepción	3,00	0,15	2,875
2	Inspección inicial	8,00	0,2	9,000
3	Raspado	3,83	0,2	41,748
4	Cardeo	10,50	0,2	13,038
5	Cementado	1,50	0,2	2,127
6	Reparaciones	16,00	0,2	21,000
7	Rellenado	2,22	0,2	2,871
8	Embandado	5,83	0,2	7,050
9	Cámaras	11,00	0,2	15,000
10	Inspección final	2,35	0,2	3,255

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se procede a calcular el tiempo estándar para lo cual se necesita determinar el porcentaje de suplementos de cada operario, los suplementos del estudio de tiempos permiten mostrar que cuando se realiza una actividad física las condiciones con las que se realiza esta tarea van disminuyendo en la medida en la que avanza el tiempo y la cantidad de veces que se repite esta tarea.

Se calcula con el tiempo base la cantidad de producción se puede obtener durante un período dado, en la observación continua de los resultados se encontrará que difícilmente se alcanza este nivel de producción. Dentro de las causas que pueden impedir que esto suceda se pueden mencionar las asignables al trabajador, las asignables al trabajo estudiado y las no asignables.

Dentro de las asignadas al operador puede ser que el trabajador no desempeñe el trabajo a un ritmo normal debido a la fatiga acumulada, las asignables al trabajo se refieren a la demora en la actividad del trabajador a consecuencia de dar instrucciones o recibir información, también a los tiempos improductivos por interrupciones del proceso productivo.

Para determinar los suplementos se utiliza la tabla proporcionada por el Instituto de Administración Científica de las Empresas, la cual se muestra a continuación:

Figura 47. Sistema de suplementos por descanso

Instituto de Administración Científica de las Empresas				
Curso de "Técnicas de organización"				
Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales				
1.0 Suplementos constantes	Hombres	Mujeres		
Suplementos por necesidades personales	5	7		
Suplementos base por fatiga	4	4		
2.0 Suplementos variables				
	Hombres	Mujeres		
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		
B. Suplemento por postura anormal				
ligeramente incómoda	0	1		
Incómoda (inclinado)	2	3		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar, o empujar)				
Peso levantado por kilogramo				
2.5	0	1		
5	1	2		
7.5	2	3		
10	3	4		
12.5	4	6		
15	5	8		
17.5	7	10		
20	9	13		
22.5	11	16		
25	13	20 (máx)		
30	17	-		
33.5	22	-		
D. Mala iluminación				
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0		
Bastante por debajo	2	2		
Absolutamente insuficiente	5	5		
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)				
Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de -Suplemento				
Kata (milicalorías /cm2/segundo)				
16		0		
14		0		
12		0		
10		3		
8		10		
6		21		
5		31		
4		45		
3		64		
2		100		
F. Concentración intensa		Hombre	Mujeres	
Trabajos de cierta precisión		0	0	
Trabajos de precisión o fatigosos		2	2	
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5	
G. Ruido				
Continuo		0	0	
Intermitente y fuerte		2	2	
Intermitente y muy fuerte		5	5	
Estridente y fuerte				
H. Tensión mental				
Proceso bastante complejo		1	1	
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4	4	
Muy complejo		8	8	
I. Monotonía				
Trabajo algo monótono		0	0	
Trabajo bastante monótono		1	1	
Trabajo muy monótono		4	4	
J. Tedio				
Trabajo algo aburrido		0	0	
Trabajo aburrido		2	1	
Trabajo muy aburrido		5	2	

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del Trabajo*. 228 p.

Los suplementos se asignaron de forma individual a cada operador y están representados por el proceso que realizan dentro del reencauche de llantas, quedando la asignación de suplementos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IX. **Ponderación de las concesiones**

CALIFICACIÓN		CONCESIONES										
No.	Operación	Constantes	Trabajo de pie	Peso levantado	Mala iluminación	Condiciones atmosféricas	Concentración intensa	Ruido	Tensión mental	Monotonía	Tedio	TOTAL
1	Recepción	9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	11
2	Inspección Inicial	9	2	0	0	0	2	0	0	0	0	13
3	Raspado	9	2	0	0	0	0	2	0	2	0	15
4	Cardeo	9	2	0	0	0	2	2	0	2	0	17
5	Cementado	9	2	0	0	0	0	0	0	2	0	13
6	Reparaciones	9	2	0	0	0	2	0	0	0	0	13
7	Rellenado	9	2	0	0	0	0	0	0	2	0	13
8	Embandado	9	2	0	0	0	2	0	0	2	0	15
9	Cámaras	9	2	2	0	0	0	0	0	2	0	15
10	Inspección Final	9	2	0	0	0	2	0	0	0	0	13

Fuente: elaboración propia.

Con los valores de los suplementos de cada operación se determina el tiempo estándar, el cual se obtiene multiplicando el tiempo normal por la unidad y sumando el porcentaje de suplementos, de la siguiente manera:

$$Te = Tn*(1+\%Suplementos)$$

Al tener los resultados se procede a calcular el tiempo estándar, obteniendo los valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla X. **Cálculo del tiempo estándar**

	Operación	TC	Calificación	Concepciones	Tn (min)	TS (min)
1	Recepción	2,50	0,15	0,11	2,875	3,19125
2	Inspección inicial	7,50	0,20	0,13	9,00	10,17
3	Raspado	3,48	0,20	0,15	4,1748	4,80102
4	Cardeo	10,87	0,20	0,17	13,038	15,25446
5	Cementado	1,77	0,20	0,13	2,127	2,40351
6	Reparaciones	17,50	0,20	0,13	21,00	23,73
7	Rellenado	2,30	0,20	0,13	2,871	3,24423
8	Embandado	5,88	0,20	0,15	7,05	8,1075
9	Cámaras	12,50	0,20	0,15	15,00	17,25
10	Inspección final	2,71	0,20	0,13	3,255	3,67815

Fuente: elaboración propia.

3.2. Línea de producción de reencauche

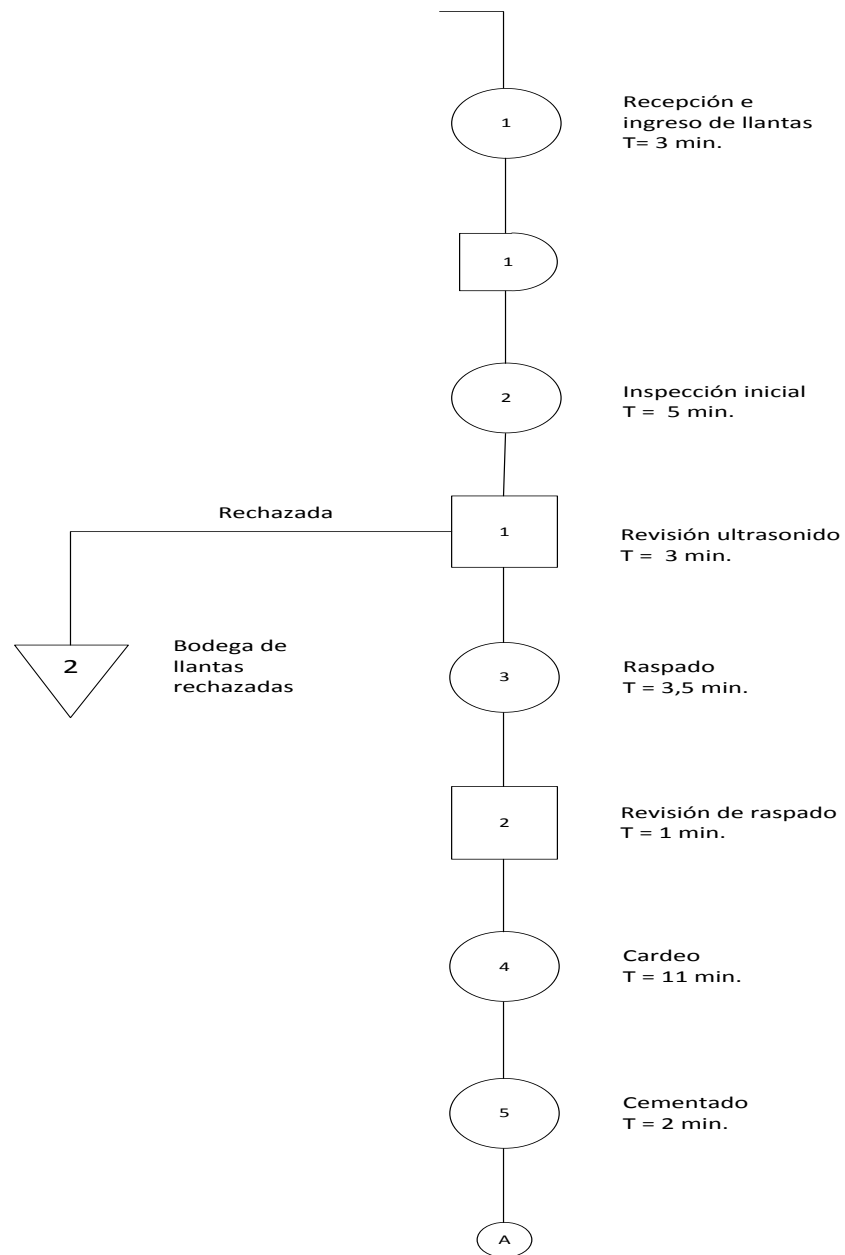
La línea de producción de reencauche se simplificó al modificarse las operaciones de inspección inicial, raspado, inspección inicial en las cuales se simplificaron las inspecciones para darle continuidad al proceso de reencauche.

3.2.1. Diagrama del proceso propuesto

El diagrama del proceso de reencauche propuesto se realizó y se simplificó modificando los métodos de realizar las operaciones de los distintos procesos, con esto se consiguió reducir los tiempos de operación en cada uno de los procesos de reencauche.

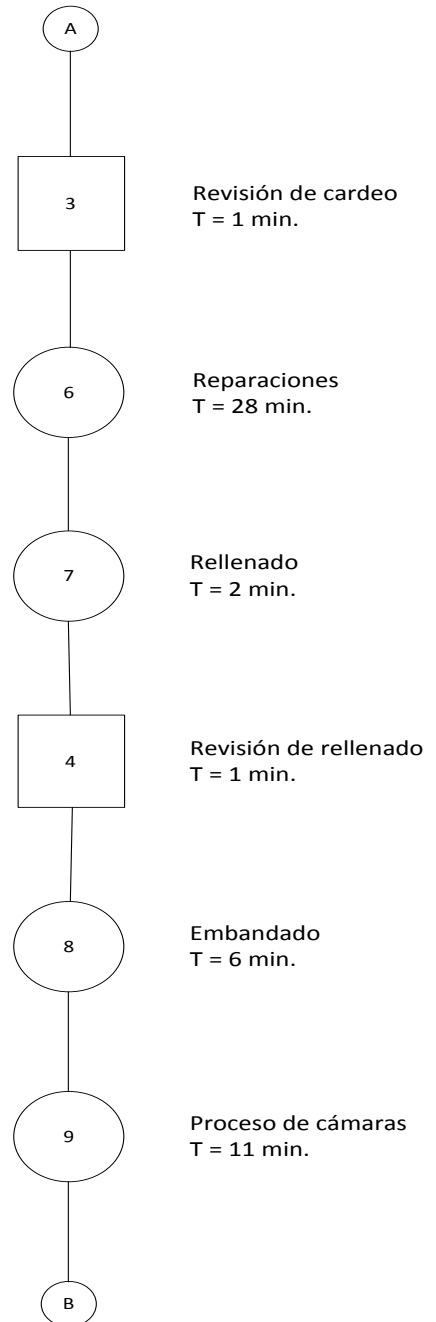
Figura 48. Diagrama de operaciones del proceso propuesto

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Propuesto	Hoja: 1/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Julio de 2013



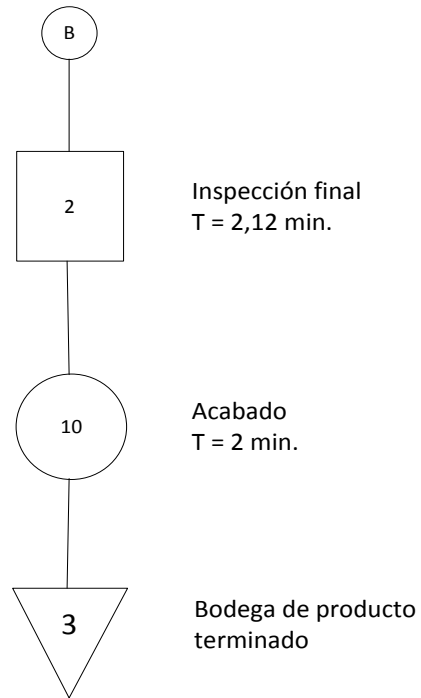
Continuación de figura 48.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Propuesto	Hoja: 2/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Julio de 2013



Continuación de figura 48.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Propuesto	Hoja: 3/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Julio de 2013



RESUMEN DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO		
OPERACIÓN	CANTIDAD	TIEMPO
○	10	73,5 minutos.
□	2	5,12 minutos.
▽	2	n/a
TOTAL	14	78,62 minutos.

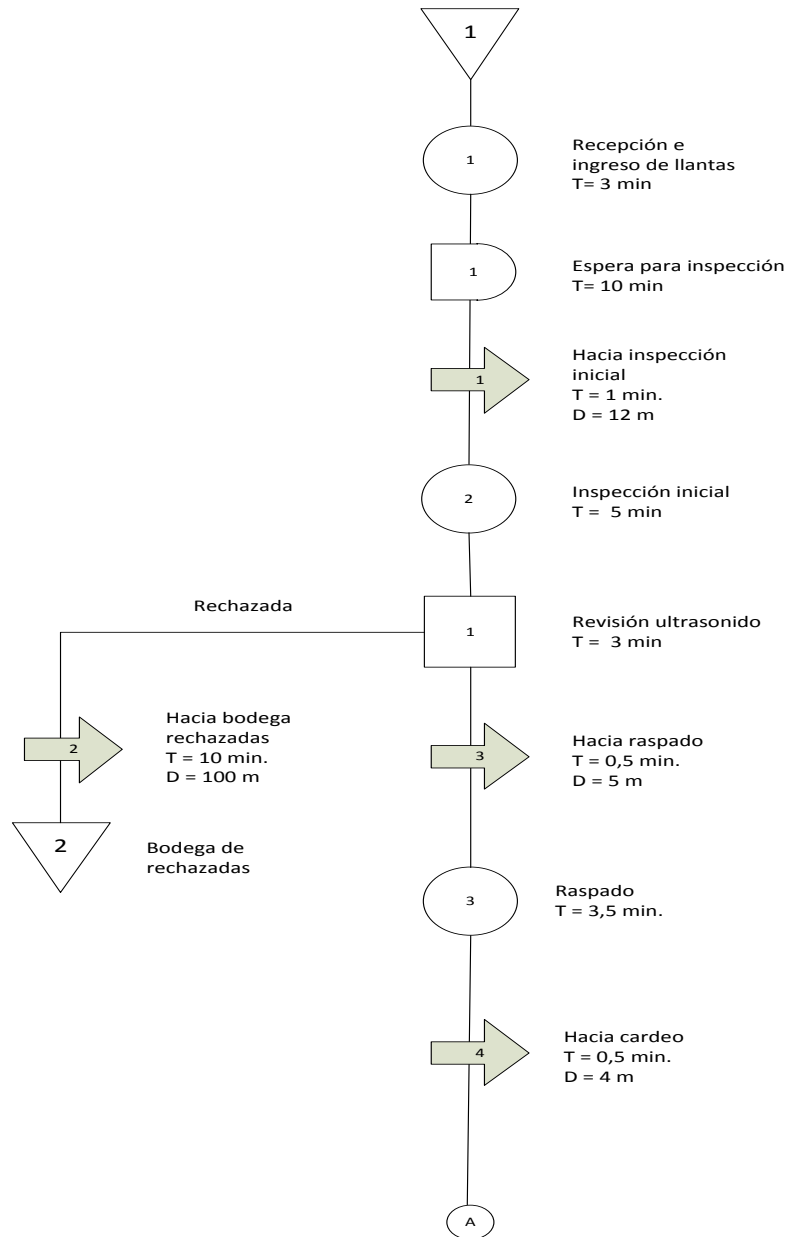
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio.

3.2.2. Diagrama de flujo del proceso propuesto

Para elaborar el diagrama de flujo del proceso propuesto se revisaron y registraron todas las operaciones, con el fin de determinar si es posible modificar uno de los procesos que conforman la línea de reencauche de llantas, este diagrama se realizó siguiendo la línea del material a lo largo de todo el proceso.

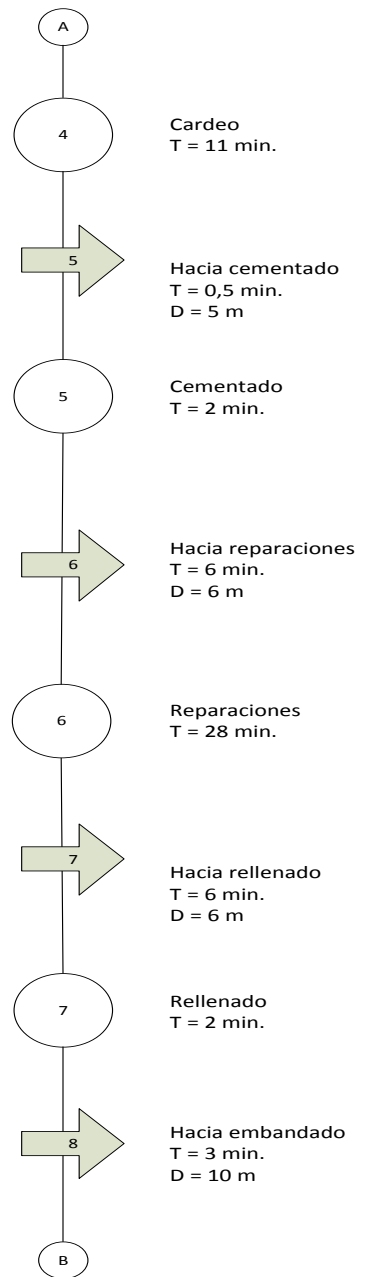
Figura 49. Diagrama de flujo del proceso propuesto

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Propuesto	Hoja: 1/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Julio de 2013



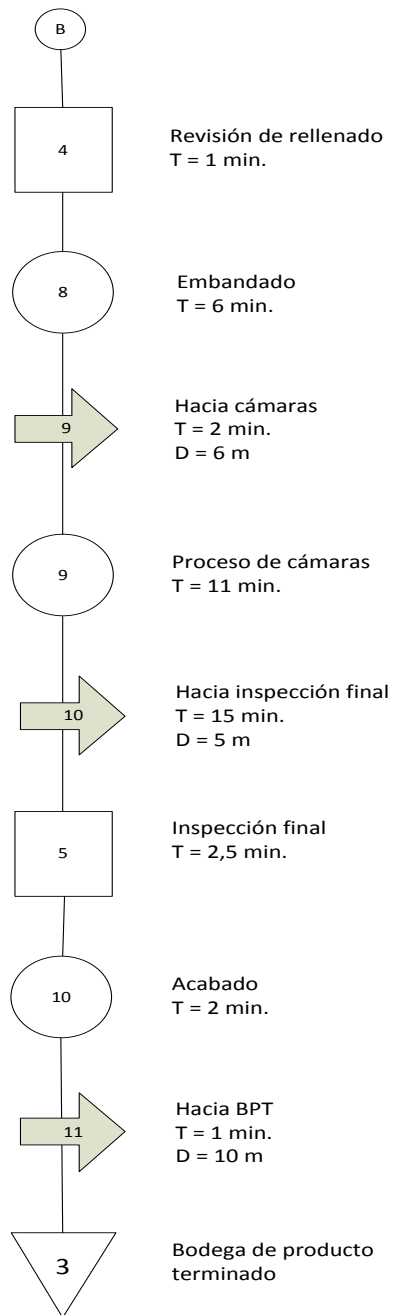
Continuación de figura 49.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Propuesto	Hoja: 2/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Julio de 2013

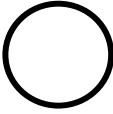


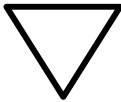


Continuación de figura 49.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE LLANTAS	
Empresa: Llantas Vifrio S.A.	Proceso: Reencauche de llantas
Método: Propuesto	Hoja: 3/3
Realizado por: Cristian Pocón	Fecha: Julio de 2013



Continuación de figura 49.

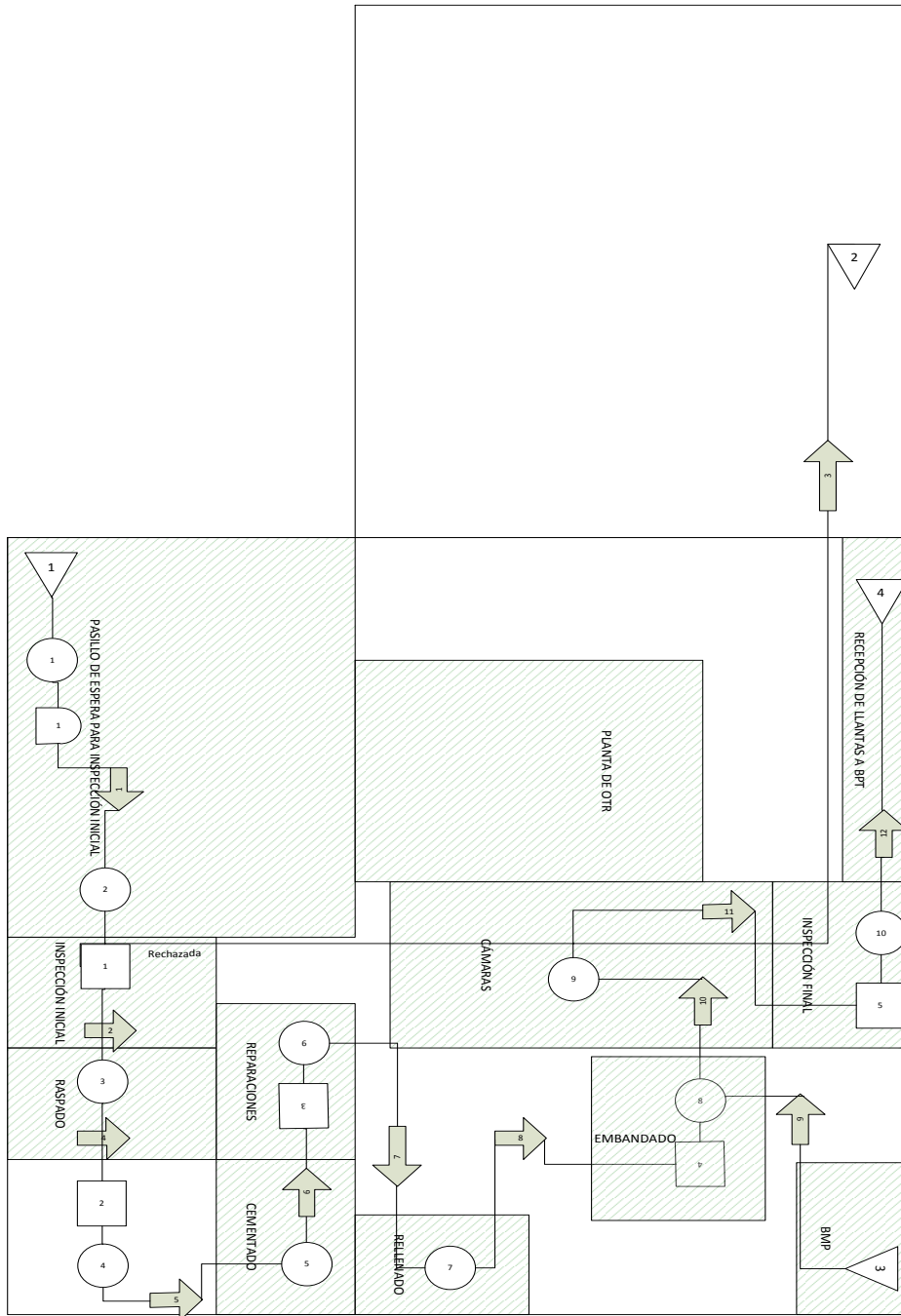
RESUMEN DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO			
OPERACIÓN	CANTIDAD	TIEMPO	RECORRIDO
	10	73,5 minutos	0
	2	5,12 minutos	0
	11	35,5 minutos	169 m
	3	n/a	n/a
TOTAL	26	114,12 minutos	169 m

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio.

3.2.3. Diagrama de recorrido propuesto

El diagrama de recorrido no se modificó, debido a que por políticas de la empresa es imposible realizar modificaciones a la nave industrial y no es posible movilizar la maquinaria establecida en las áreas de cámaras y raspado.

Figura 50. Diagrama de recorrido propuesto



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio.

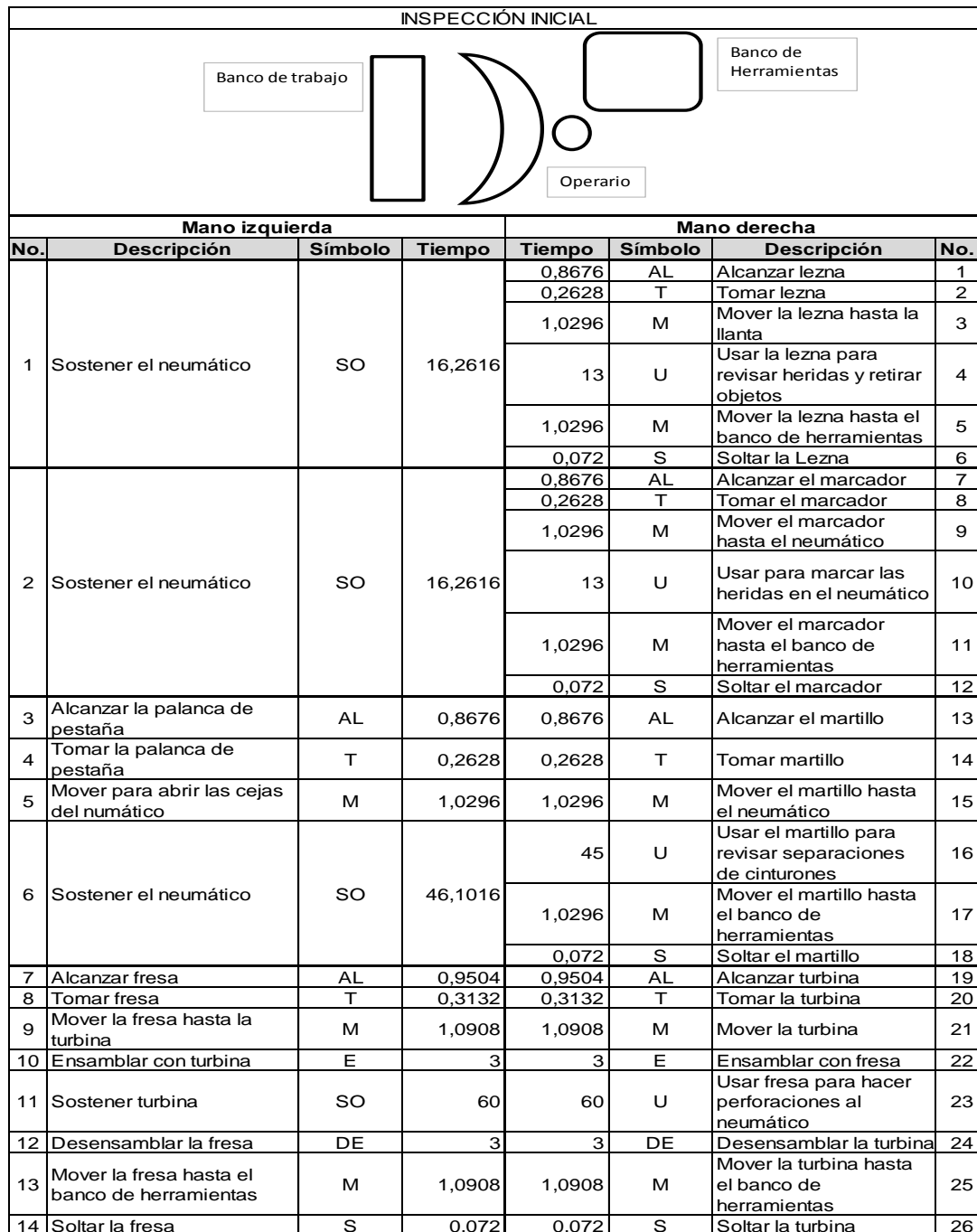
3.2.4. Diagramas bimanuales de las operaciones

Los Gilbreth introdujeron el diseño del trabajo manual a través del estudio de movimientos y los principios de la economía de movimientos; por tradición los principios se clasifican en tres grupos básicos: uso del cuerpo humano, arreglo y condiciones del lugar de trabajo y diseño de herramientas y equipo.

El estudio de movimientos es el análisis cuidadoso de los movimientos del cuerpo empleados al hacer un trabajo. El propósito de su estudio es eliminar o reducir los movimientos no efectivos, y facilitar y acelerar los movimientos efectivos. Por medio del estudio de movimientos, en conjunto con los principios de economía de movimientos, se rediseña el trabajo para lograr mayor efectividad y una tasa de producción más alta. Los Gilbreth fueron pioneros en el estudio de movimientos y desarrollaron más las leyes básicas de economía de movimiento que todavía se consideran fundamentales. También fueron responsables del desarrollo detallado de estudios filmados de los movimientos, como estudios de micromovimientos que han resultado invaluable en el estudio de operaciones manuales altamente repetitivas.

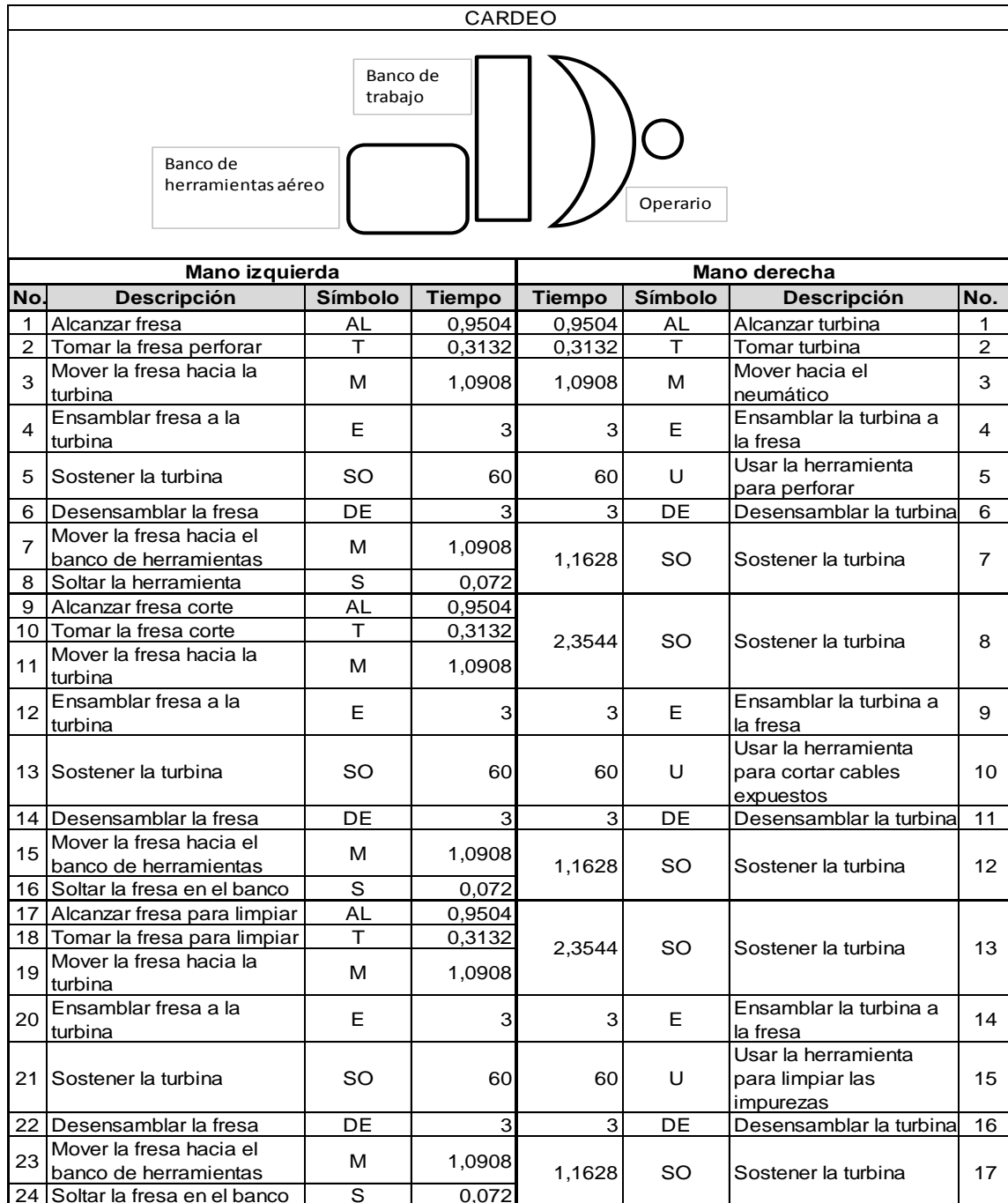
El diagrama de proceso bimanual, también llamado diagrama de proceso del operario es una herramienta del estudio de movimientos. Este diagrama muestra todos los movimientos y retrasos realizados por las manos, derecha e izquierda y las relaciones entre las divisiones básicas de los logros desempeños por las manos. El propósito del diagrama de proceso bimanual es presentar una operación dada con suficiente detalle para analizar mejorar la operación.

Figura 51. Diagrama bimanual de inspección inicial



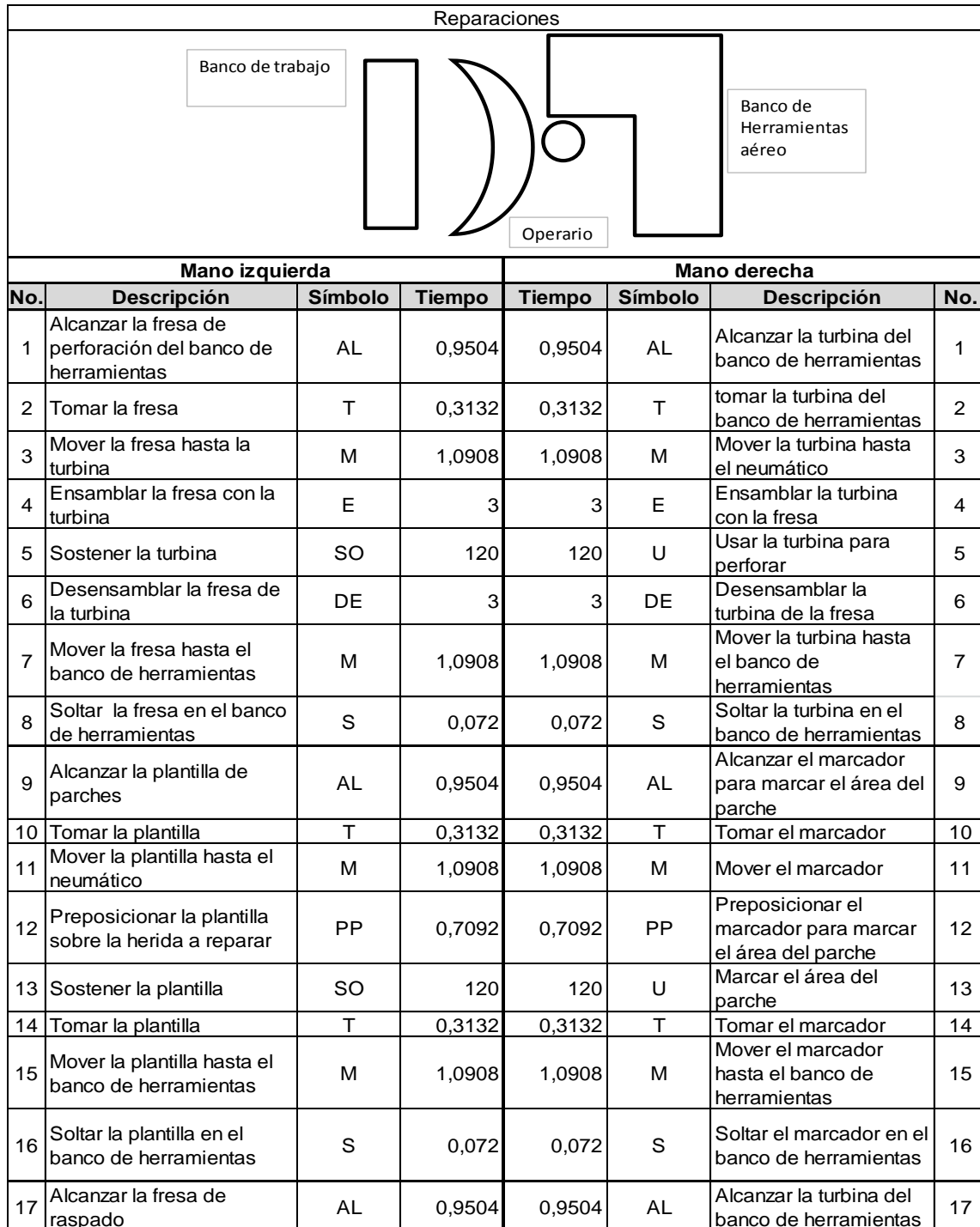
Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Diagrama bimanual de Cardeo



Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Diagrama bimanual de reparaciones



Continuación de la figura 53.

18	Tomar la fresa de raspado	T	0,3132	0,3132	T	Tomar la turbina	18
19	Mover la fresa hasta la turbina	M	1,0908	1,0908	M	Mover la turbina hasta el neumático	19
20	Ensamblar la fresa con la turbina	E	3	3	E	Ensamblar la turbina con la fresa	20
21	Sostener la turbina	SO	60	60	U	Usar la fresa de raspado para raspar el área del parche	21
22	Desensamblar la fresa de la turbina	DE	3	3	DE	Desensamblar la turbina de la fresa	22
23	Mover la fresa hasta el banco de herramientas	M	1,0908	1,0908	M	Mover la turbina hasta el banco de herramientas	23
24	Soltar la fresa en el banco de herramientas	S	0,072	0,072	S	Soltar la turbina en el banco de herramientas	24
25	Alcanzar bote de pegamento especial	AL	0,9504	0,9504	AL	Alcanzar la escobilla para untar el pegamento	25
26	Tomar el bote de pegamento especial	T	0,3132	0,3132	T	Tomar la escobilla	26
27	Mover el bote hasta el neumático	M	1,0908	1,0908	M	Mover la escobilla hasta el bote de pegamento	27
28	Sostener el bote de pegamento	SO	11,746	0,3276	PP	Preposicionar la escobilla dentro del recipiente	28
				1,0908	M	Mover la escobilla hasta el neumático	29
				0,3276	PP	Preposicionar la escobilla sobre la herida del neumático	30
				10	U	Untar el pegamento sobre el área marcada	31
29	Mover el bote de pegamento hasta el banco de herramientas	M	1,0908	1,0908	M	Mover la escobilla hasta el banco de herramientas	32
30	Soltar el bote de pegamento	S	0,072	0,072	S	soltar la escobilla sobre el banco de herramientas	33
31	Alcanzar utencilio para introducir el remasten en la herida.	AL	0,9504	0,9504	AL	Alcanzar el remasten para reparar	34

Continuación de la figura 53.

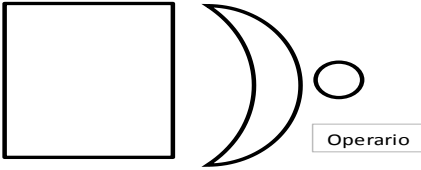
32	Tomar el utensilio.	T	0,3132	0,3132	SE	Seleccionar el remasten según tamaño de la herida	35
33	Mover el utensilio hasta el remasten	M	1,0908	0,3132	T	Tomar el remasten	36
				0,7776	M	Mover el remasten hasta el neumático	37
34	Ensamblar el utensilio y el remasten	E	3	3	E	Ensamblar el utensilio con el remasten	38
35	Espera mientras se preposiciona el remasten	RI	0,7092	0,7092	PP	Preposicionarlo en la herida del neumático	39
36	Usar el utensilio para introducir el remasten dentro de la herida del neumático	U	8	8	U	Usar el utensilio para introducir el remasten dentro de la herida del neumático	40
37	Tomar el utensilio	T	0,3132	1,476	RI	Esperar mientras se coloca el utensilio para colocar remastenes se coloca en el banco de herramientas por la mano izquierda	41
38	Moverlo hasta el banco de herramientas	M	1,0908				
39	Soltar el utensilio en el banco de herramientas	SO	0,072				
40	Alcanzar bote de pegamento especial	AL	0,9504	0,9504	AL	Alcanzar la escobilla para untar el pegamento	42
41	Tomar el bote de pegamento especial	T	0,3132	0,3132	T	Tomar la escobilla	43
42	Mover el bote hasta el neumático	M	1,0908	1,0908	M	Mover la escobilla hasta el bote de pegamento	44
43	Sostener el bote de pegamento	SO	11,746	0,3276	PP	Preposicionar la escobilla dentro del recipiente	45
				1,0908	M	Mover la escobilla hasta el neumático	46
				0,3276	PP	Preposicionar la escobilla sobre la herida del neumático	47
				10	U	Untar el pegamento sobre el área marcada	48
44	Mover el bote de pegamento hasta el banco de herramientas	M	1,0908	1,0908	M	Mover la escobilla hasta el banco de herramientas	49

Continuación de la figura 53.

45	Soltar el bote de pegamento	S	0,072	0,072	S	Soltar la escobilla sobre el banco de herramientas	50
46	Espera mientras la mano derecha alcanza los parches para reparaciones.	RI	2,99	0,9504	AL	Alcanzar el parche para reparaciones	51
				0,9504	SE	Seleccionar el parche según tamaño de la herida	52
				0,3132	T	Tomar el parche	53
				0,776	M	Mover el parche hasta el neumático	54
47	Desensamblar la película protectora	DE	3	3	DE	Desensamblar la película protectora	55
48	Mover la película protectora hasta el bote de basura	M	0,3276	0,3276	PP	Preposicionar el parche sobre el área raspada	56
49	Soltar la película protectora en el bote de basura	S	16	16	U	Colocar el parche sobre la herida.	57
50	Espera mientras la mano derecha alcanza el <i>sticher</i> para pegar el parche al neumático.	RI	20,094	0,6552	AL	Alcanzar el <i>Sticher</i>	58
				0,2628	T	Tomar el <i>sticher</i>	59
				1,0908	M	Mover el <i>sticher</i> hasta el parche colocado	60
				1,9224	PP	Preposicionar el <i>sticher</i>	61
				15	U	Usar el <i>sticher</i> para pegar el parche.	62
				1,0908	M	Mover el <i>sticher</i> hasta el banco de herramientas.	63
				0,072	S	Soltar el <i>sticher</i> en el banco de herramientas.	64

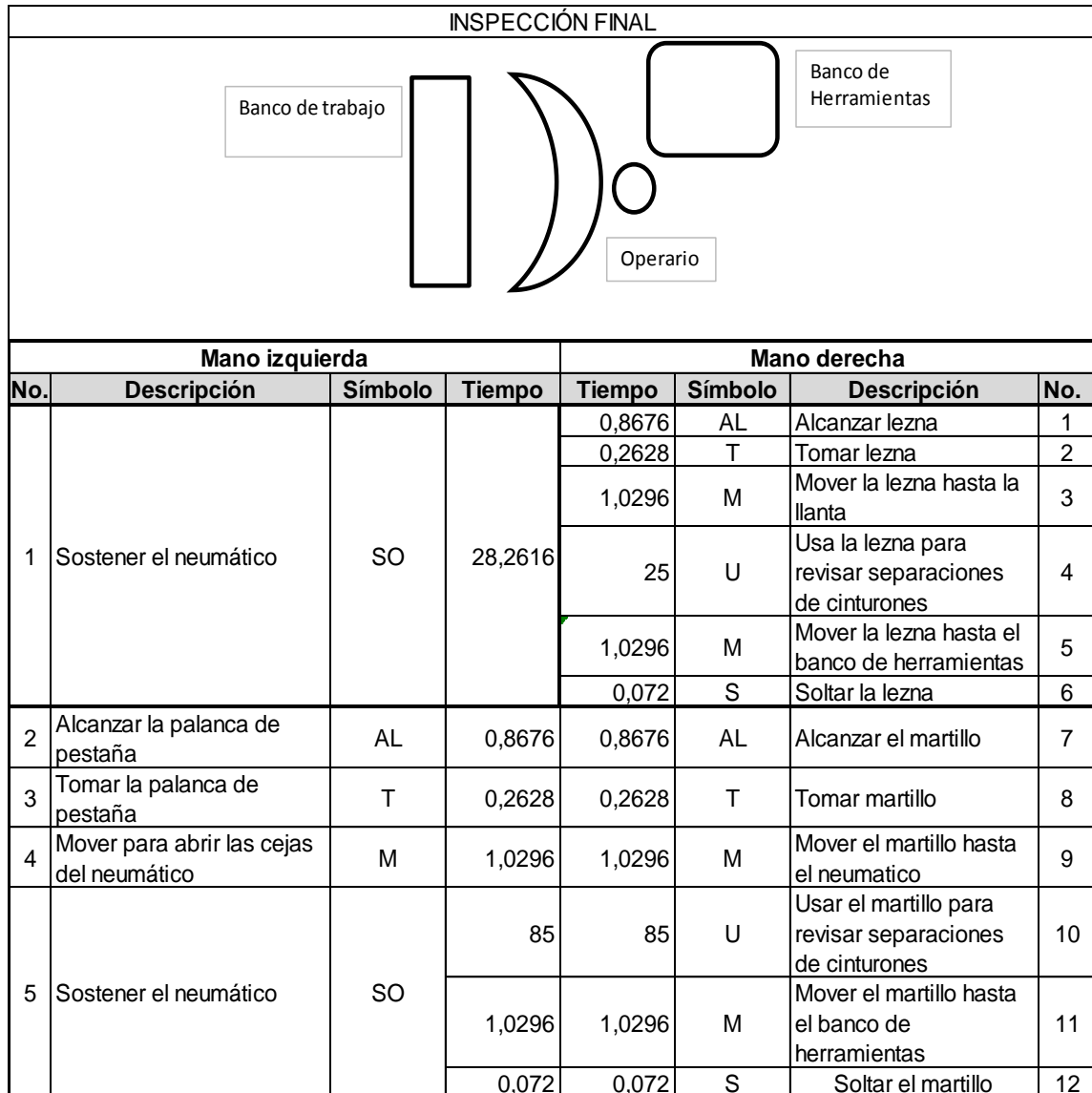
Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Diagrama bimanual de Cámaras

Cámaras							
Máquina Embandadora				Operario			
Mano izquierda				Mano derecha			
No.	Descripción	Símbolo	Tiempo	Tiempo	Símbolo	Descripción	No.
1	Alcanzar primer anillo de seguridad	AL	0,7056	0,7056	AL	Alcanzar primer anillo de seguridad	1
2	Tomar el primer anillo de seguridad	T	0,3888	0,3888	T	Tomar el primer anillo de seguridad	2
3	Mover el primer anillo de seguridad	M	0,9574	0,9574	M	Mover el primer anillo de seguridad	3
4	Preposicionar el anillo de seguridad en el banco de trabajo	PP	1,8756	1,8756	PP	Preposicionar el anillo de seguridad en el banco de trabajo.	4
5	Alcanzar neumático	AL	0,7056	0,7056	AL	Alcanzar neumático	5
6	Tomar el neumático	T	0,3888	0,3888	T	Tomar el neumático	6
7	Mover el neumático hasta el banco de trabajo	M	0,9574	0,9574	M	Mover el neumático hasta el banco de trabajo	7
8	Preposicionar el neumático sobre el primer anillo de seguridad	PP	1,8756	1,8756	PP	Preposicionar el neumático sobre el primer anillo de seguridad	8
9	Alcanzar segundo anillo de seguridad	AL	0,7056	0,7056	AL	Alcanzar segundo anillo de seguridad	9
10	Tomar el segundo anillo de seguridad	T	0,3888	0,3888	T	Tomar el segundo anillo de seguridad	10
11	Mover el segundo anillo de seguridad	M	0,9574	0,9574	M	Mover el segundo anillo de seguridad	11
12	Preposicionar el segundo anillo de seguridad en el neumático	PP	1,8756	1,8756	PP	Preposicionar el segundo anillo de seguridad en el neumático	12
13	Ensamblar los anillos de seguridad	E	0,3024	0,3024	E	Ensamblar los anillos de seguridad	13
14	Sostener el acople de la bolsa de caucho donde se conecta la manguera para la extracción de aire	SO	308,4426	0,09972	AL	Alcanzar la manguera de extracción de aire	14
				0,03888	T	Tomar la manguera de extracción de aire	15
				1,152	M	Mover la manguera de extracción de aire	16
				3	E	Ensamblar la manguera a la válvula de los anillos	17
				300	U	Extraer el aire del interior de las bolsas	18
				3	DE	Desensamblar la manguera.	19
				1,152	M	Mover la manguera hasta su compartimieto	20
15	Soltar el acople.	S	0,072	0,072	S	Soltar la manguera.	21

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Diagrama bimanual de inspección final



Fuente: elaboración propia.

3.3. Balance de líneas

Una línea de producción es un medio para producir grandes cantidades de productos a un costo bajo, la principal cualidad de la línea de producción es que todas sus estaciones de trabajo se encuentran colocadas inmediata y mutuamente distribuidas adyacentemente, donde el material se mueve continuamente a un ritmo uniforme a través de todas las operaciones equilibradas que permiten la actividad simultáneamente en todos los puntos.

Para que una línea de producción exista, deben cumplirse tres condiciones básicas las cuales son:

Cantidad: el volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esta depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.

Equilibrio: los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.

Continuidad: una vez iniciadas las líneas de producción deben continuar pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material.

Con el balance de líneas y conociendo los tiempos de las operaciones se puede determinar el número de operarios necesarios para cada estación, también conociendo el tiempo del ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo, partiendo de estas dos anteriores se conoce el número de estaciones de trabajo y asignar elementos de trabajo a las mismas.

Con el tiempo estándar se calcula el número de operarios necesarios para cada estación, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$IP = \text{Unidades a fabricar} / \text{Tiempo disponible del operador}$$

Donde IP = es el índice de producción

La cantidad de unidades a fabricar se obtiene por medio de la cantidad de llantas reencauchadas históricamente donde se encuentra un valor promedio mensual de 3 000 llantas reencauchadas.

Donde también se establece que el tiempo disponible por el operario está dado por la jornada laboral, la cual está compuesta de la siguiente manera:

44 horas semanales.

Compuesta por una jornada diurna de nueve horas diarias menos una hora de almuerzo y los sábados por cuatro horas más.

Donde el índice de producción es el siguiente:

$$IP = 3\,000 / (44 * 4 * 60) = 0,028409$$

Utilizando el índice de producción se puede calcular el número de operarios por estación con la siguiente fórmula:

$$\text{Número de operarios} = \frac{TE * IP}{E}$$

Donde:

TE = tiempo estándar

IP = índice de producción

E = eficiencia de la línea

Por ser una planta con maquinaria y reciente adquisición se tomó un valor de eficiencia del 85 %, esto partiendo de la explicación textual, tomando en cuenta que es el mismo valor para una línea de producción nueva.

Con los valores que se calcularon anteriormente se puede proceder a calcular el número de operarios por estación, quedando los valores como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XI. **Cálculo del número de operarios por estación**

	Operación	TC	Calificación	Concepciones	Tn (min)	TS (min)	No. de operarios teóricos
1	Recepción	2,50	0,15	0,11	2,87	3,19	1,06
2	Inspección inicial	7,5	0,20	0,13	9,00	10,17	3,39
3	Raspado	3,48	0,20	0,15	4,17	4,80	1,60
4	Cardeo	10,87	0,20	0,17	13,03	15,25	5,09
5	Cementado	1,77	0,20	0,13	2,17	2,40	0,80
6	Reparaciones	17,50	0,20	0,13	21,00	23,73	7,93
7	Rellenado	2,39	0,20	0,13	2,87	3,24	1,08
8	Embandado	5,88	0,20	0,15	7,05	8,10	2,70
9	Cámaras	12,50	0,20	0,15	15,00	17,25	5,76
10	Inspección final	2,71	0,20	0,13	3,25	3,67	1,22

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra la cantidad de operarios por estación real.

Tabla XII. **Número de operarios reales**

	Operación	TC	Calificación	Concepciones	Tn (min)	TS (min)	No. de operarios teóricos	Reales	Min. estándar asignados
1	Recepción	2,50	0,15	0,11	2,87	3,19	1,06	2	1,59
2	Inspección inicial	7,5	0,20	0,13	9,00	10,17	3,39	3	3,39
3	Raspado	3,48	0,20	0,15	4,17	4,80	1,60	2	2,40
4	Cardeo	10,87	0,20	0,17	13,03	15,25	5,09	5	3,05
5	Cementado	1,77	0,20	0,13	2,17	2,40	0,80	1	2,40
6	Reparaciones	17,50	0,20	0,13	21,00	23,73	7,93	8	2,96
7	Rellenado	2,39	0,20	0,13	2,87	3,24	1,08	1	3,24
8	Embandado	5,88	0,20	0,15	7,05	8,10	2,70	3	2,70
9	Cámaras	12,50	0,20	0,15	15,00	17,25	5,76	6	2,87
10	Inspección final	2,71	0,20	0,13	3,25	3,67	1,22	2	1,83

Fuente: elaboración propia.

Teniendo el cálculo del número de operarios por estación se puede encontrar que la operación que más operarios necesita es la de reparaciones, la cual requiere de 8 operarios, la que le sigue en número de operarios es la de cámaras, la cual necesita 6 operarios.

Después de este análisis se puede calcular cuál de todas las estaciones es la que más tiempo estándar necesita para realizar su tarea, esto se encuentra de la siguiente manera:

Minutos estándar asignados = tiempo estándar / número de operarios real

Partiendo de esta fórmula se encuentran los siguientes resultados.

Tabla XIII. **Minutos asignados por estación**

	Operación	TC	Calificación	Concepciones	Tn (min)	TS (min)	No. de operarios teóricos	Reales	Min. estándar asignados
1	Recepción	2,50	0,15	0,11	2,87	3,19	1,06	2	1,59
2	Inspección inicial	7,5	0,20	0,13	9,00	10,17	3,39	3	3,39
3	Raspado	3,48	0,20	0,15	4,17	4,80	1,60	2	2,40
4	Cardeo	10,87	0,20	0,17	13,03	15,25	5,09	5	3,05
5	Cementado	1,77	0,20	0,13	2,17	2,40	0,80	1	2,40
6	Reparaciones	17,50	0,20	0,13	21,00	23,73	7,93	8	2,96
7	Rellenado	2,39	0,20	0,13	2,87	3,24	1,08	1	3,24
8	Embandado	5,88	0,20	0,15	7,05	8,10	2,70	3	2,70
9	Cámaras	12,50	0,20	0,15	15,00	17,25	5,76	6	2,87
10	Inspección final	2,71	0,20	0,13	3,25	3,67	1,22	2	1,83

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, la operación de inspección inicial es la que tiene el mayor número de minutos asignados y es la que determinará la producción de la línea.

Con este análisis se puede calcular el número de llantas reencauchadas por día, con la siguiente fórmula.

$$\text{Reencauches por día} = \text{número de operarios} * \text{TJE} / \text{tiempo estándar}$$

Entonces;

$$\text{Reencauches por día} = \frac{3 * (8 * 60)}{10,17}$$

Reencauches por día = 141,59 llantas por día, aproximadamente a 142 reencauches por día.

Con estos datos se procede a calcular la eficiencia de la línea, para esto utilizamos la siguiente fórmula:

Eficiencia = $(\sum \text{min. estándar por operación} / \text{min. Asignados} * \text{no. de operarios}) * 100$

$$E = \frac{91,83}{3,39 * 33} * 100$$

$$E = 82,086 \%$$

Con este dato se obtiene la eficiencia de la línea en un 82 %.

3.4. Análisis de costos

Dentro del análisis de costos se presentan los costos fijos y variables que tienen incidencia directa con el proceso de reencauche, tomando en cuenta las materias primas, materiales, mano de obra herramientas.

3.4.1. Costo de materias primas

Los costos de materias primas incluyen todos aquellos materiales directos e indirectos que son transformados para poder obtener el producto final o contribuyen para que este sea transformado, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XIV. **Costo de materias primas**

COSTO DE MATERIAS PRIMAS	
Descripción	Costo Q
Banda de reencauche	1 976 800,00
Reparaciones e insumos	35 000,00
Papelería y oficinas	3 500,00
Thermo plast	1 200,00
Total Mensual Q	2 016 500,00

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Costo de energía eléctrica

El costo de energía eléctrica se tomó como un dato aproximado dentro de los costos generales, debido a que este elemento es proporcionado por una de las empresas adyacentes a la cual se le paga una renta definida mensual por esta.

Tabla XV. **Costo de energía eléctrica**

COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
	kw	Precio Q
Consumo mensual	2 500	2,50
Total mensual	Q6 250,00	

Fuente: elaboración propia.

3.4.3. Costo de almacenaje

El costo de almacenaje está calculado con base en el valor del mercado, tomando en cuenta la zona en la cual se encuentra ubicada la bodega y el costo actual por metro cuadrado en bodegas similares, el costo de almacenaje queda como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XVI. Costo de almacenaje

COSTO DE ALMACENAJE		
	Metros cuadrados disponibles	Costo metro cuadrado
Consumo mensual	10 000	Q70,00
Total mensual	Q700 000,00	

Fuente: elaboración propia.

3.4.4. Costo de mano de obra

El costo de mano de obra está calculado en base a todos los operarios dentro de la planta de reencauche, el personal administrativo de la línea de reencauche y los operarios de bodega, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla XVII. **Costo de mano de obra**

COSTO DE MANO DE OBRA				
	Empleados	Salario Q	Bonificación Q	Total Q
Planta	33	2 225,00	250,00	81 675,00
BPT	5	2 225,00	250,00	12 375,00
BMP	2	2 225,00	250,00	4 950,00
Administración planta	2	14 000,00	-	28 000,00
Mantenimiento planta	3	13 400,00	-	40 000,00
Total mensual	45	34 075,00	750,00	167 200,00
Costo de MO	Q167 200,00			

Fuente: elaboración propia.

3.4.5. Costo de mantenimiento

Los costos de mantenimiento contemplados dentro de este análisis están los costos del mantenimiento de la maquinaria y equipo que se utilizan para el reencauche dentro de la línea de producción y también los costos de herramienta utilizados para el mantenimiento mismo.

Tabla XVIII. **Costo de mantenimiento**

COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mantenimientos	Q20 000,00
Herramientas	Q10 000,00
Total mensual	Q30 000,00

Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis financiero

El análisis financiero demuestra si nuestra línea de reencauche de llantas es rentable o bien si devolverá algún tipo de ganancia monetaria, para esto se realizaron varios análisis como el del Valor Presente Neto, el análisis de costo beneficio y el análisis del punto de equilibrio tal y como se desarrollan a continuación.

3.5.1. Análisis de Valor Presente de ingresos y gastos

Tomando en cuenta los costos presentados en la información anterior, a continuación se presenta un análisis de costos del Valor Presente Neto, el cual consiste en actualizar los costos de un proyecto a una tasa de descuento, con el objetivo de establecer si el proyecto es rentable o si necesita financiamiento en este caso presentamos la línea de reencauche de llantas.

El resumen de costos es el siguiente:

Tabla XIX. Resumen de costos

RESUMEN DE COSTOS Q	
Costo de mano de obra	167 200,00
Costo de energía eléctrica	6 250,00
Costo de almacenaje	700 000,00
Costo de materias primas	1 666 500,00
Llanta nueva	1 920 000,00
Costo de mantenimiento	30 000,00
Total mensual	4 489 950,00
Total anual	53 879 400,00

Fuente: elaboración propia.

Mientras que los ingresos son los siguientes:

Tabla XX. **Tabla de ingresos**

Descripción	Cantidad	Valor Q	Total Q
Llanta nueva	600	4 000,00	2 400 000,00
Reencauche	3 692	1 990,00	7 347 080,00
Cascos bics	350	2 500,00	875 000,00
Total mensual			10 622 080,00
Total anual			127 464 960,00

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta el cálculo de un período de 5 años y una tasa de 16% en la que se incluye un 12 % de rentabilidad establecida por la empresa y un 4 % de inflación aproximada según datos del Banco de Guatemala.

Con estos datos se procede a calcular el Valor Presente Neto con la siguiente fórmula:

$$VAN = A * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+1)^n} \right]$$

Donde:

VAN = Valor Actual Neto

A = anualidades

i = tasa anual

n = número de períodos para el cálculo

Calculando da los siguientes datos

Las anualidades son: la diferencia entre los ingresos y los costos, ya que son uniformes a lo largo del período en cálculo.

$$VAN = 73\,585\,560 * \frac{(1+0,16)^5 - 1}{0,16 * (1+0,16)^5}$$

Calculando se encuentra que el Valor Actual Neto es:

Q240 940 732,11

El Valor Presente Neto puede desplegar tres posibles valores de respuesta, las cuales pueden ser:

VAN < 0

VAN = 0

VAN > 0

Cuando el VAN < 0, y el resultado es un valor negativo grande alejado de cero, está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable, ya que se está estimando que habrán pocos ingresos y en el tiempo que se pretende recuperar la inversión no se logrará, pero cuando da un VAN < 0 cercano a cero está indicando, que la opción puede ser rentable y se pretende obtener una tasa de utilidad grande.

Cuando el VAN = 0 está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea y cuando VAN > 0, está indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

En este caso el valor es mayor que cero, por ende está indicando que la línea de reencauche si es rentable y se pueden mantener las operaciones durante los siguientes cinco años que es el período en observación.

3.5.2. Análisis costo beneficio

El análisis beneficio implica el mismo principio de actualización del VAN pero en vez de hacer una diferencia entre el beneficio y el costo calcula el cociente que puede hacer diferir lo que se refiere a la comparación de proyectos alternativos, con los resultados obtenidos empleando el Valor Actual Neto. Por lo que es conveniente emplear la relación B/C como criterio de comparación, a menos que se recurra al análisis incremental o marginal, ordenando las alternativas de menor a mayor costo y para la cual los incrementos en costo y beneficio tengan una relación B/C aceptables.

Cabe mencionar que la relación simple B/C si produce un resultado correcto cuando se trata de determinar la conveniencia de un proyecto analizándolo en forma individual, es decir, para establecer que un proyecto es bueno, pero no precisamente mejor que otro.

Para este análisis solo se determinará si la línea de reencauche de llantas es rentable, tomando los siguientes criterios:

- Si la relación beneficio costo es mayor o igual a 1,0 considere que el proyecto debe ser financiado.
- Si la relación beneficio costo es menor que 1,0 no se deberá financiar el proyecto.

Calculando los VAN de costos se obtiene los siguientes valores:

Tabla XXI. Resumen de costos

RESUMEN DE COSTOS Q	
Costo de mano de obra	167 200,00
Costo de energía eléctrica	6 250,00
Costo de almacenaje	700 000,00
Costo de materias primas	1 666 500,00
Llanta nueva	1 920 000,00
Costo de mantenimiento	30 000,00
Total mensual	4 489 950,00
Total anual	53 879 400,00

Fuente: elaboración propia.

Calculando también para una tasa del 16 % anual compuesta por 12 % de rentabilidad esperada por junta directiva de nuestra línea de reencauche de llantas y un 4 % de inflación tomando en cuenta un valor propuesto para el análisis por variaciones durante el 2013.

Utilizando la siguiente fórmula:

$$VAN = A * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+1)^n} \right]$$

Introduciendo los valores se obtiene el siguiente resultado:

$$VAN = 53\,879.400 * \frac{(1+0,16)^5 - 1}{0,16 * (1+0,16)^5}$$

Van de costos = Q 176 416 977,48

Ahora se procede de igual forma a calcular el VAN de ingresos, utilizando el siguiente cuadro de ingresos:

Tabla XXII. **Ingresos**

Descripción	Cantidad	Valor Q	Total Q
Llanta nueva	600	4 000,00	2 400 000,00
Reencauche	3 692	1 990,00	7 347 080,00
Cascos bics	350	2 500,00	875 000,00
Total mensual			10 622 080,00
Total anual			127 464 960,00

Fuente: elaboración propia.

Teniendo estos ingresos y calculando para un período de 5 años con una tasa del 16 % anual, compuesta por un 12 % de rentabilidad esperada por junta directiva y un 4 % de inflación tomando en cuenta un valor aproximado supuesto para el estudio de esta investigación y utilizando la misma fórmula para el VAN, ingresan los datos y se obtiene el siguiente valor:

$$\text{VAN} = 127\,469\,960 \frac{(1+0,16)^5 - 1}{0,16 * (1+0,16)^5}$$

Con estos datos encontramos:

$$\text{VAN de ingresos} = \text{Q } 417\,357\,709,59$$

Con estos dos valores se procede a calcular el beneficio costo de nuestra línea para el reencauche de llantas, de la siguiente manera:

$$B / C = \frac{Q417\ 357\ 709,59}{Q176\ 419\ 977,48}$$

$$B / C = 2,366$$

Este valor como es mayor que 1,0 indica que el proyecto si debe ser financiado.

Otro criterio de análisis indica que en esta línea de reencauche de llantas por cada quetzal que se invierta se obtendrá un ahorro de 2,366 también se puede apreciar que con este valor ya se está obteniendo una rentabilidad del 12 por ciento incluida en la tasa anual propuesta para el análisis.

3.5.3. Análisis del punto de equilibrio

Es el punto donde los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados con la venta de un producto, el punto de equilibrio es usado comúnmente en las empresas u organizaciones para determinar la posible rentabilidad de vender un determinado producto.

Se entiende entonces por punto de equilibrio aquel nivel de producción y ventas que una empresa o negocio alcanza para lograr cubrir los costos y gastos con sus ingresos obtenidos, en otras palabras, a este nivel de producción y ventas la utilidad operacional es cero, o sea que los ingresos son iguales a la sumatoria de los gastos y costos operacionales.

Para calcular un punto de equilibrio se debe tener bien identificados el comportamiento de los costos. Los costos que se deben identificar son los costos fijos y variables.

Los costos fijos son aquellos que se requieren para colocar o vender el producto o servicios en el mercado y en manos del consumidor final y que tienen una relación indirecta con la producción del bien o servicio que se ofrece. También se puede decir que el gasto es lo que se requiere para recuperar el costo operacional.

Para el análisis se tomarán los gastos fijos como todos aquellos necesarios para la producción de llantas reencauchadas.

Los gastos variables también están incorporados en el producto final, sin embargo, estos productos variables si dependen del volumen de producción.

En el cálculo del punto de equilibrio de la línea de reencauche de llantas se estudiará la relación que existe entre costos y gastos fijos, costos variables, volumen de ventas y utilidades operacionales.

Separando los costos en costos fijos y costos variables, se encuentran de la siguiente manera, los costos fijos de operación son:

Tabla XXIII. **Costos fijos de operación**

COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN Q	
Costo de energía eléctrica	6 250,00
Costo de almacenaje	700 000,00
Total	706 250,00

Fuente: elaboración propia.

Y los costos variables son los siguientes:

Tabla XXIV. **Costos variables de operación**

COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN Q	
Costo de mano de obra	167 200,00
Costo de materias primas	1 666 500,00
Llanta nueva	1 920 000,00
Costo de mantenimiento	30 000,00
Total	3 783 700,00

Fuente: elaboración propia.

Tomando estos valores también es necesario el precio de venta unitario quedando este de la siguiente manera:

$$P_{vq} = 2\,633,95$$

Y el costo variable unitario, quedando el mismo de la siguiente manera:

$$C_{vq} = 2\,297,91$$

Con los datos anteriores se procede a calcular el punto de equilibrio operacional en unidades de llantas, con la siguiente fórmula:

$$P. E. = \frac{CF}{PVq - CVq}$$

Dónde:

CF = costos fijos

PVq = precio de venta unitario

CVq = costo variable unitario

Con estos valores se procede a calcular el punto de equilibrio, quedando de la siguiente manera:

$$P.E. = \frac{706\ 250}{2\ 633,95 - 2\ 297,91}$$

$$P.E. = 2\ 101,68 \text{ unidades}$$

Esta es la cantidad de unidades que se deben vender para alcanzar el punto de equilibrio operacional, esto quiere decir, que con esta cantidad de unidades de llantas reencauchadas vendidas, no se incurre en ninguna pérdida ni ganancia y que todas las unidades que se vendan a partir de este número significarán una ganancia o un valor positivo para la rentabilidad.

Para el punto de equilibrio financiero en cantidad de quetzales se necesitan datos como las ventas totales (VT) y el costo variable total (Cvt), con estos datos se procede a calcular el punto de equilibrio en valores de moneda con la siguiente fórmula:

$$P.E. = \frac{CF}{1 - \left(\frac{Cvt}{VT} \right)}$$

Donde los valores son los siguientes:

$$Cvt = Q 3\,783\,700,00$$

$$VT = Q 5\,663\,000,00$$

$$CF = Q 706\,250,00$$

Con estos valores se procede a calcular el punto de equilibrio de la siguiente manera:

$$P.E. = \frac{706\,250}{1 - \left(\frac{3\,783,700}{5\,663,000} \right)}$$

$$P.E. = Q 2\,128\,182,70$$

- Medición de la productividad

Para la medición de la productividad primero se define la productividad como:

Productividad:

No es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

Existen diversas formas de calcular la productividad:

- Producción / Insumos
- Resultados logrados / Recursos empleados

Para este análisis se calculará la productividad con base a la mano de obra debido a que no se permitió por políticas de la empresa realizar un movimiento e inversión de maquinaria. También se medirá la productividad con relación a los costos actuales anuales o insumos totales invertidos.

- Productividad Actual

Partiendo de esta definición y conociendo el nivel de producción actual el cual se muestra en la tabla siguiente, tomando en cuenta que se seleccionó 2013 para este cálculo.

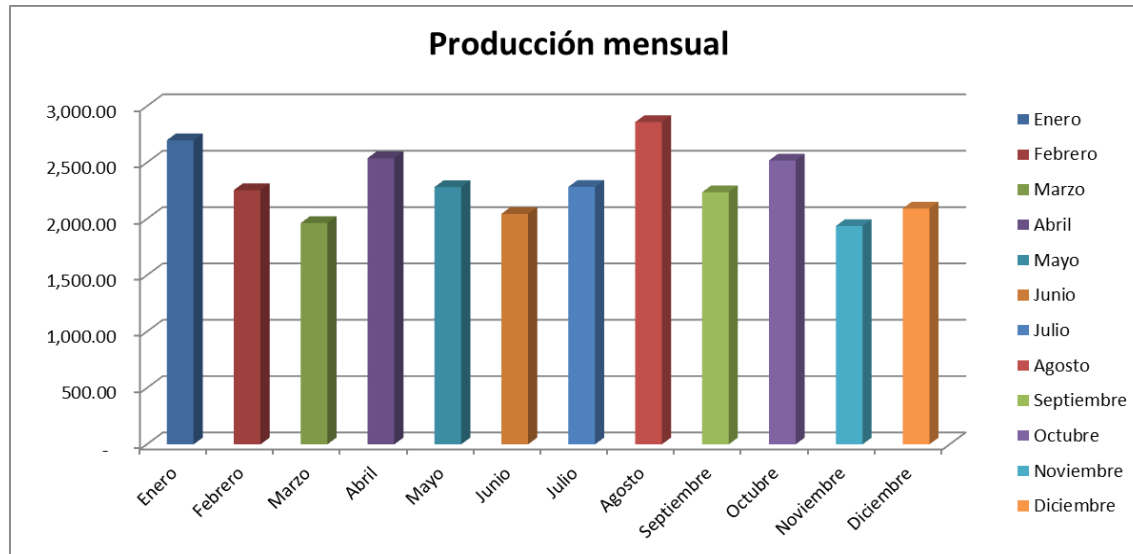
Tabla XXV. **Producción mensual actual**

Producción mensual actual	
Enero	2 699
Febrero	2 256
Marzo	1 963
Abril	2 540
Mayo	2 283
Junio	2 045
Julio	2 284
Agosto	2 859
Septiembre	2 237
Octubre	2 519
Noviembre	1 937
Diciembre	2 093
Total	27 715
Promedio mensual	2 309,58

Fuente: elaboración propia.

El promedio mensual de producción es de 2 309 llantas reencauchadas, para un total de 27 715 llantas reencauchadas para el 2013.

Figura 56. Producción mensual 2013



Fuente: elaboración propia.

Con los datos de la productividad actual y los insumos empleados para esta producción se puede calcular el índice de productividad actual de la línea de reencauche de llantas.

- Medición de unidades producidas por operario

$$\text{Producción (unidades producidas al mes)} / \text{insumos (número de operarios)}$$

La medición para el 2013 con el método actual se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla XXVI. **Unidades producidas por operario actual**

Mes	Unidades producidas	Operarios	Unidades / operario
Enero	2 699	24	112,36
Febrero	2 256	24	95,00
Marzo	1 963	24	81,79
Abril	2 540	24	105,83
Mayo	2 283	24	95,13
Junio	2 045	24	85,21
Julio	2 284	24	95,17
Agosto	2 859	24	119,13
Septiembre	2 237	24	93,21
Octubre	2 519	24	104,96
Noviembre	1 937	24	80,71
Diciembre	2 093	24	87,21
Promedio			96,23

Fuente: elaboración propia.

Las unidades por operario mensual durante el 2013 en promedio es de 96,23, esto indica que se producen aproximadamente 96 unidades por persona al mes.

- Medición de la productividad horas–hombre

El cuadro siguiente muestra la productividad de horas–hombre con el método actual para el 2013.

Tabla XXVII. **Productividad actual unidades producidas por horas–hombre**

Mes	unidades Producidas	Horas hombre trabajadas	unidades producidas por hora - hombre
Enero	2 699	4 800	0,56
Febrero	2 256	4 224	0,53
Marzo	1 963	4 512	0,44
Abril	2 540	4 032	0,63
Mayo	2 283	4 068	0,50
Junio	2 045	4 320	0,47
Julio	2 284	4 800	0,48
Agosto	2 859	4 704	0,61
Septiembre	2 237	4 224	0,53
Octubre	2 519	4 800	0,52
Noviembre	1 937	4 320	0,45
Diciembre	2 093	4 416	0,47
Promedio			0,52

Fuente: elaboración propia.

La productividad mensual durante el 2013 en promedio es de 0,52 unidades producidas por hora–hombre trabajada.

- Medición de la productividad con el nuevo método

Con el nuevo método se aumentó el nivel de producción, también se aumentaron los insumos pero la relación permitió aumentar la productividad, como lo muestra el cuadro siguiente:

Tabla XXVIII. **Unidades producidas por operario con el nuevo método**

Mes	Unidades producidas	Operarios	Unidades / operario
Enero	3 550	33	107,58
Febrero	3 124	33	94,67
Marzo	3 337	33	101,12
Abril	2 982	33	90,36
Mayo	3 408	33	103,27
Junio	3 195	33	96,82
Julio	3 550	33	107,58
Agosto	3 479	33	105,42
Septiembre	3 124	33	94,67
Octubre	3 550	33	107,58
Noviembre	3 195	33	96,82
Diciembre	3 266	33	98,97
Promedio			100,40

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro se muestran las unidades producidas por operario mensual con el nuevo método, la cual en promedio es de 100,40 unidades producidas por operario, comparando esto con el dato del método actual se nota un incremento de 4,17 unidades producidas por operario.

La productividad del nuevo método en horas-hombre trabajadas se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XXIX. **Productividad con el nuevo método horas–hombre**

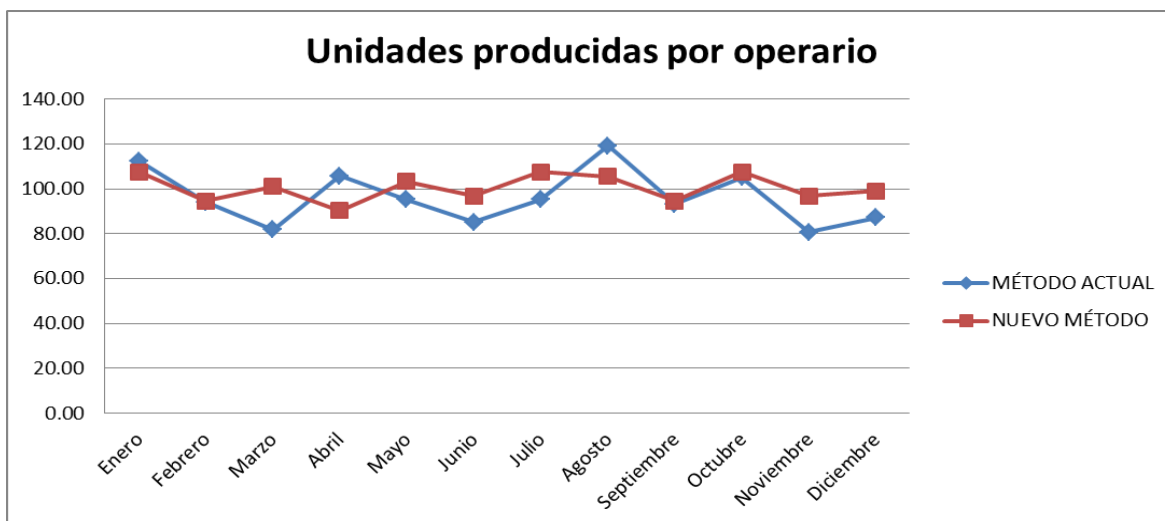
Mes	unidades Producidas	Horas hombre trabajadas	unidades producidas por hora -
Enero	3 550	6 600	0,54
Febrero	3 124	5 808	0,54
Marzo	3 337	6 204	0,54
Abril	2 982	5 544	0,54
Mayo	3 408	6 336	0,54
Junio	3 195	5 940	0,54
Julio	3 550	6 600	0,54
Agosto	3 479	6 468	0,54
Septiembre	3 124	5 808	0,54
Octubre	3 550	6 600	0,54
Noviembre	3 195	5 940	0,54
Diciembre	3 266	6 072	0,54
Promedio			0,54

. Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la tabla la productividad con el nuevo método es de 0,54 unidades producidas por hora–hombre trabajada, en relación con el método actual se nota un aumento del 0,02 unidades producidas por hora– hombre trabajadas.

A continuación se muestra la relación que existe entre el método actual y nuevo método en la productividad de unidades producidas por operario.

Figura 57. **Unidades producidas por operario actual versus nuevo método**

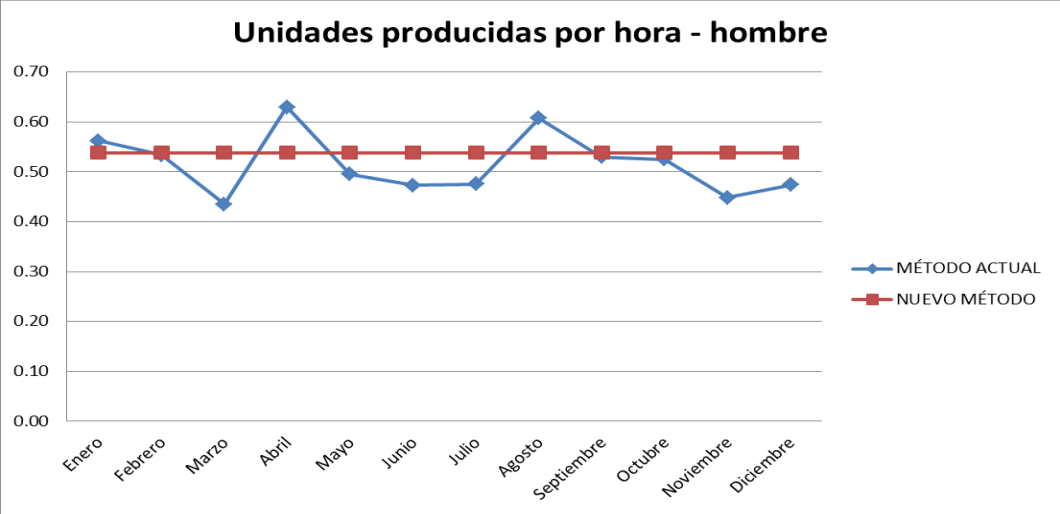


Fuente: elaboración propia.

La producción por operario con el nuevo método es mayor en relación al método actual, esto indica que se mejoró la productividad de las unidades producidas por operario comparando los dos métodos en el 2013.

A continuación se muestra la relación que existe entre el método actual y el nuevo método en la productividad de las unidades producidas por hora-hombre trabajadas.

Figura 58. Productividad actual versus nuevo método horas–hombre



Fuente: elaboración propia.

La productividad con el nuevo método es mayor en relación al método actual, esto indica que se mejoró la productividad de las unidades producidas por hora–hombre trabajadas comparando los dos métodos en el 2013.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO MÉTODO

4.1. Personas involucradas en el nuevo método

El nuevo método involucra a todas las personas que laboran en la planta de reencauche, el método inicia con un efecto cascada, esto quiere decir que se va indicando a cada una de las personas responsables de las operaciones en el orden en el que se realizan los procesos en la línea de reencauche de llantas, continuando con las personas encargadas de que el nuevo método se cumpla, de manera que las mejoras propuestas se realicen de forma efectiva.

- **Recepción**

Esta operación no presenta ningún cambio se mantiene el número de operarios de dos personas, el método para dar ingreso a la planta de producción se mantiene de la misma forma.

- **Inspección inicial**

En la operación de inspección inicial se determinan que es necesario tener tres operarios en esta área en el cual también se realizó el diagrama bimanual para determinar cuál es la manera más efectiva de realizar esta operación.

En esta operación es necesario aumentar de dos a tres operarios, ya que en el análisis esta es la operación más lenta, debido a que se necesita que la operación sea lo más efectiva posible, con esto se refiere a que de esto depende que las llantas que sean seleccionadas para el proceso no presenten ningún inconveniente durante el proceso de reencauche y mucho menos durante su utilización con el usuario final y mejorar la eficiencia de toda la línea de reencauche de llantas.

Por el razonamiento anterior se involucra a tres personas en la implementación del nuevo método.

- Raspado

La operación de raspado involucra a dos personas las cuales estarán operando las máquinas de raspado, estas dos son semiautomáticas, es decir, se necesita la presencia en todo momento del operario para supervisar y dirigir a la máquina para que realice el raspado del neumático consistentemente.

- Cardeo

En la operación de cardeo están involucradas cinco personas las cuales deberán también modificar el método actual, a esta operación también se le realizó diagrama bimanual y se eliminó un paso dentro del proceso para mejorar el tiempo de operación, el cual no era un punto crítico y no tenía ningún efecto en el proceso de reencauche, esto con el objetivo de mejorar la eficiencia y el tiempo total del ciclo de producción dentro de la línea de reencauche de llantas.

- Cementado

En la operación de cementado solamente se involucra a una persona dentro del nuevo método, ya que también tiene la función de apoyar en el área de reparaciones cuando su proceso no se vea afectado por algún atraso o espera de producto para realizar su operación.

- Reparaciones

El área de reparaciones es una de las áreas críticas dentro del proceso de reencauche de llantas, dentro de este proceso se necesita involucrar a ocho personas en el nuevo método, estas personas son con las que se trabajará más de cerca y a quienes se les presentarán con detalles las capacitaciones para que el proceso de reencauche de llantas sea efectivo y con los mejores estándares de calidad.

- Rellenado

En el área de relleno se involucra a una persona, aunque este proceso no es tan demandante, sí es importante ya que de él depende que la superficie del casco sea el adecuado para la puesta de la nueva banda.

- Embandado

En el proceso de embandado se involucra a tres personas, este también es un punto crítico, ya que es importante el proceso no sólo en la parte del proceso mismo y de la calidad del producto sino que también porque es la parte a la cual le presta más atención el consumidor final y el efecto estético debe llevar un acabado impecable.

- Cámaras

Es la parte final del proceso de reencauche en la cual se involucra a seis personas en el nuevo método, a las cuales se les mostrarán los cambios en los movimientos de armado y desarmado de los anillos de seguridad, ya que en el proceso de cocimiento no se presentará ningún cambio debido a que este proceso está definido por Bandag por medio de sus especificaciones y procesos estandarizados.

- Inspección final

El proceso de inspección inicial involucra 2 personas, este proceso no tiene una carga grande pero si es necesario contar con una persona experimentada que conozca bien todos los procesos del reencauche de llantas para determinar si existe algún mal procedimiento o alguna falla dentro del producto final, si este cumple las especificaciones se procede a darle el acabado final con pintura, de no cumplir se evaluará si esta procede para reproceso o si es necesario desecharla y enviarla a la bodega de producto rechazado.

Después de enumerar a cada una de las personas que están involucradas en cada proceso también es necesario capacitar a las personas responsables para que el nuevo método sea implantado completamente.

- Jefe de reencauche

El jefe de reencauche es la persona más importante dentro de la implementación del nuevo método, ya que es directamente la persona que deberá poner en marcha la implantación, también es el ente encargado de realizar la planificación y sobre todo de conocer cada uno de los procesos del nuevo método para transmitirlos a cada uno de los operarios.

- Gerente de reencauche

Es la persona que evaluará el nuevo método y dará el visto bueno para que este se ponga en marcha y se implemente dentro del tiempo que él considere prudente, hará una comisión de revisión de cada uno de los métodos, esta comisión estará compuesta por: el gerente de reencauche mismo, el jefe de reencauche y el Departamento de Calidad, esta comisión tendrá la tarea de revisar y evaluar cada uno de los métodos de trabajo que se detallen para cada proceso.

4.2. Forma de implementar el nuevo método

Para implantar el nuevo método a continuación se presenta un cronograma de actividades de cómo se realizará la implementación:

Figura 59. **Cronograma de actividades de implementación del nuevo método**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES		Linea de trabajo							Responsable	
Actividad	Descripción	1	2	3	4	5	6	7		
Creación de los instructivos de trabajos	La creación de instructivos de trabajo debe presentar de manera consistente los pasos para realizar cada operación, este también deberá presentar el alcance del instructivo, las personas involucradas en la operación y el alcance que este contendrá.	■								Departamento de calidad
Presentar el nuevo método	Presentar el instructivo de trabajo al gerente de reencauche para su aprobación.			■						Departamento de calidad
Informar y capacitar al personal	Se realizará una charla informativa para resaltar la importancia de la implementación del nuevo método, se presentará el nuevo instructivo de trabajo resaltando los puntos críticos de cada operación, posteriormente se hará una demostración de la aplicación del nuevo método para posteriormente ponerlo en práctica para poder realizar ajustes y supervisar que el operario lo realice de la forma correcta.				■					Gerente y jefe de reencauche
Evaluación del desempeño	Los responsables de la implementación del nuevo método deberán evaluar la capacidad de los trabajadores para desempeñar las actividades del instructivo de trabajo, de detectarse algún inconveniente se debe registrar y analizar para realizar una acción correctiva del mismo.					■	■	■	■	Gerente y jefe de reencauche
Cumplimiento										
Tiempo de demora										
Realizado										

Fuente: elaboración propia.

El propósito de realizar este instructivo de trabajo es realizar una estandarización de todos los procesos en el reencauche de llantas, resaltar la importancia de los mismos, el alcance que este tiene dentro de la línea de reencauche y el impacto que esta estandarización tendrá para la mejora de la productividad de la empresa, este instructivo de trabajo contará con las personas involucradas y los responsables para que se cumpla a cabalidad y crear cultura dentro de los operarios.

4.3. Divulgación del nuevo método

Para la divulgación del nuevo método se convocará a una reunión en la cual se resaltarán la importancia del mismo, el alcance que este tendrá, como por ejemplo, las mejoras que el nuevo método representará para la línea de producción, se presentarán a las personas responsables de la implementación.

Parte de la divulgación del nuevo método comprende la realización de afiches y carteles con diagramas de operación y diagramas bimanuales en las áreas de trabajo para que sean recordados y consultados con facilidad.

Los instructivos de trabajo también serán colocados en las áreas de trabajo para que sean consultados en el momento que el operario así lo requiera.

4.4. Capacitación del nuevo método para el personal de producción

Las capacitaciones se llevaran a cabo en dos fases:

- **Primera fase**

La primera fase consiste en una capacitación informativa de los alcances y formas escritas del nuevo método, comprensión y lectura de procesos y diagramas.

- **Segunda fase**

La segunda parte consiste en demostrar la forma en que se debe realizar cada una de las operaciones en el método mejorado y continuar eficientando las actividades del operario de acuerdo al instructivo de trabajo. Una finalidad propia de la fase es la capacitación del personal para asignar la tarea dentro del proceso de reencauche.

4.5. Retroalimentación del sistema

Para la retroalimentación del sistema es necesario asignar a la comisión que se encargará de monitorear las operaciones, esta comisión deberá estar formada por el gerente de reencauche y el jefe de reencauche conjuntamente con un operario de la línea de producción de reencauche, quien debe ser el más experimentado para que pueda cuestionar la manera de realizar las operaciones, cada una de las observaciones que se realicen se deberán registrar y levantar una acción correctiva, para el seguimiento y mejora de los procesos.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA

5.1. Control de calidad

El Departamento de Calidad tiene la responsabilidad de verificar que todos los procedimientos en el proceso de rencauche de llantas se cumplan de manera efectiva y correcta, para esto se deberá establecer un plan de verificación técnica el cual se realizará de manera trimestral, durante esta verificación se podrán establecer las anomalías, acciones preventivas y acciones de mejora, si es que existiera alguna dentro del proceso de rencauche de llantas.

El departamento de producción tiene la responsabilidad de velar por las acciones que se levanten durante la verificación de calidad.

El gerente de rencauche deberá asignar al jefe de rencauche realizar la verificación de los procedimientos y medir la efectividad de los mismos también deberá mantener un monitoreo en los tiempos y métodos de trabajo de los distintos procesos en la línea de rencauche de llantas, esto con el fin de mantener un ritmo de producción constante y encontrar mejoras en el proceso, las cuales deberán registrar al igual que las anomalías en el proceso de rencauche de llantas.

5.2. Puntos críticos

Los puntos críticos resaltados en este capítulo son aquellos procesos en los cuales la calidad del producto puede verse afectada si no se realiza de la manera adecuada, los cuales se presentan a continuación:

- Inspección inicial

Se debe mantener un constante monitoreo sobre el procedimiento para revisar las llantas que ingresan al proceso de reencauche, debido a que una falla no detectada dentro del neumático a reencauchar puede representar una falla futura en la utilización del producto final, la cual afectará el índice de reencauchabilidad y aumentará el índice de reclamos, reduciendo la eficiencia de la línea de reencauche de llantas.

- Cardeo

Al igual que el proceso de inspección inicial esta área es crítica ya que de no realizar una correcta limpieza de las heridas encontradas, dentro de estas es posible que quede parte de la contaminación la cual representará una falla del producto final, al igual que el proceso de inspección inicial, esto también afectará la eficiencia de la línea de reencauche y la calidad del producto terminado.

- Reparaciones

El proceso de reparaciones es el más importante de todos, de este proceso depende el buen funcionamiento del producto final, si una de las fallas no es detectada o es mal reparada esto sin duda alguna representará un mal funcionamiento en corto tiempo del producto final, de ser así esta llanta reencauchada retornará como un reclamo el cual ya habrá incurrido en gastos de materia prima, mano de obra, horas máquina trabajadas, almacenaje y transporte, de modo que sin duda afectará la eficiencia de la línea de reencauche de llantas.

5.2.1. Registro de acciones correctivas y/o preventivas

Para el registro de acciones correctivas, preventivas y de mejora se explica cuáles son los campos que deberá cumplir dicho registro, así como, de los responsables y detalles de la acción establecida.

Este registro deberá llevar un objetivo medible y alcanzable, definido por el gerente de reencauche.

Deberá establecer el alcance, el cual detallará cuál es el inicio de la anomalía hasta la finalización o cierre de la misma.

Establecerá quiénes son los responsables de realizar dicho registro y los responsables de trabajar y cerrar la acción establecida.

El desarrollo determinará cuáles son los pasos y las causas por las cuáles se debe abrir una acción correctiva, acción preventiva o acción de mejora, para dar inicio a cualquiera de estas acciones se deberá presentar una solicitud de acción, la cual deberá ser revisada y aprobada por junta directiva, en ese momento se definirá una fecha de cierre de acción que se deberá cumplir lo más exacta posible, ya que se estará midiendo la efectividad del cumplimiento de las acciones levantadas.

Para el levantamiento de una acción correctiva o de mejora se deberá realizar un análisis de causas, dentro de este análisis se deberán anotar las fallas que permiten o permitirán que ocurra una no conformidad real o potencial.

También deberán realizar un plan de acción conforme al análisis de fallas, que se seguirá para eliminar la causa raíz de la no conformidad real o potencial o de la acción de mejora, en el plan de acción se deberá especificar quiénes son las personas responsables de llevar a cabo cada actividad y la fecha que se espera concluir cada una de ellas. El plazo máximo de un plan de acción deberá ser de un mes, con excepción de casos especiales que requieran mayor tiempo, el cual será razonado por el Departamento de Calidad.

El seguimiento de las acciones correctivas, preventivas y de mejora se lleva a cabo conforme la aplicación del siguiente plan:

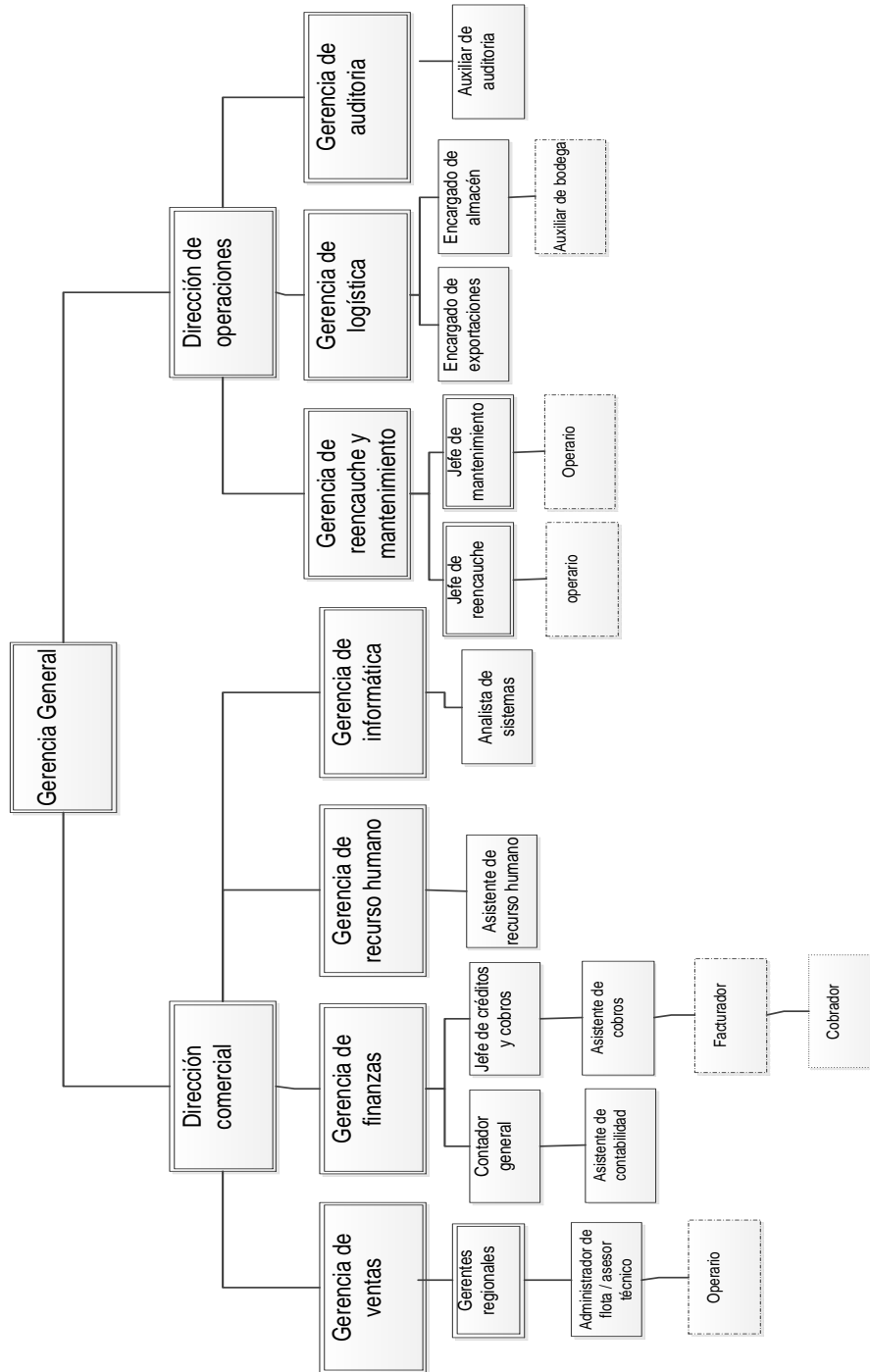
La Gerencia General se entera del estado de las acciones correctivas, preventivas y de mejora a través de informes de resultados y de calidad, realizados con la verificación de calidad del proceso.

Cuando a una acción correctiva el dueño de proceso no le esté dando el seguimiento establecido en este procedimiento, es responsabilidad del departamento de calidad informar al gerente general o director de operaciones, según el proceso que corresponda, quienes deberán tomar las acciones que para facilitar el cierre de las acciones correctivas, preventivas o de mejora.

5.3. Estructura de administración propuesta

Para la propuesta de administración se realizará una modificación en el departamento de reencauche, porque la estructura administrativa de otros departamentos no se modificará en este proyecto, quedando la estructura de la siguiente manera:

Figura 60. Estructura organizacional propuesta



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio.

5.3.1. Mantenimiento de maquinaria

El Departamento de Mantenimiento es importante pues de él depende el correcto funcionamiento de la maquinaria, sin mencionar que también la maximización de la producción depende mucho de este departamento.

Las funciones claves de este departamento son:

El mantenimiento del equipo de la planta, edificios existentes dentro de la planta, construcciones, inspección y lubricación de los equipos, fabricación y distribución de equipos, modificaciones a los equipos, a las construcciones existentes y nuevas instalaciones de equipos y edificios.

Dentro las funciones secundarias se puede mencionar; almacenamiento, protección de la planta, disposición de desperdicios, eliminación de contaminantes y ruidos y la administración de seguros.

No existe una organización de mantenimiento óptima y eficaz que pueda ser usada en todos los casos de manera estandarizada. Por lo tanto, deben considerarse varios factores del mantenimiento para que la organización que se aplique sea la óptima en casos particulares.

- División razonable y de clara autoridad
- Líneas de autoridad cortas
- Cantidad óptima de personas que den informes a un supervisor
- Adecuación de la organización a las personas

La mayor parte del equipo que se utiliza dentro de la línea de reencauche de llantas son herramientas y máquinas que trabajan principalmente con energía eléctrica, pero el medio para funcionar es el hidráulico, esto quiere decir, que es el aire comprimido es la principal fuente de uso y funcionamiento de la maquinaria y herramienta.

El objetivo de este capítulo es presentar un programa de mantenimiento preventivo el cual permita identificar irregularidades en los componentes de los equipos y las herramientas antes que estas fallen y evitar interrupciones en el flujo continuo de la producción.

En la línea de reencauche de llantas la mayor parte de equipos están sujetos a temperaturas y altas presiones esto implica que el mantenimiento de este equipo y la selección del mismo debe ser correcto y no permitir equivocaciones en el mismo.

Las principales razones por las cuales el mantenimiento preventivo no debe permitir error alguno es porque estando el equipo trabajando con altas presiones algún indicio de fuga puede dañar completamente el equipo y en el peor de los casos podría lastimar a los operarios que se desempeñan cerca del área, así mismo, para los equipos que trabajan a altas temperaturas tal como las cámaras de coacción, expuestas a temperaturas y presiones altas dentro de ellas. Un escape de aire produciría un estallido o incendio dentro de la planta contemplando que la mayor parte de la materia prima es a base de componentes inflamables.

Otro punto para el mantenimiento preventivo es que este cuesta dinero, y de no realizarlo de manera adecuada y sin errores será incurrir posteriormente en un mantenimiento correctivo, aumentando los gastos y reduciendo la eficiencia de la producción deteniendo la línea de producción.

5.3.2. Programa de mantenimiento preventivo

El programa de mantenimiento preventivo se muestra a continuación el cual está sujeto a las necesidades planteadas por la empresa tomando en cuenta el tipo de herramienta que utilizan:

Figura 61. Programa de mantenimiento preventivo

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Proceso o área	Equipo o Herramienta	Verificaciones	Frecuencia	Consultoría
Inspección Inicial	Mangueras hidráulicas	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Herramienta hidráulica	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Herramientas de corte	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Herramientas de raspado	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Inshide	Software y funcionamiento	Mensual	Manual del fabricante
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
Raspado	Mangueras hidráulicas	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Herramientas de corte	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Raspadora	Software y funcionamiento	Mensual	n/a
	Compresor	Funcionamiento, amperajes y servicio de lubricación	Mensual	Manual del fabricante
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
Corteo	Mangueras hidráulicas	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Herramienta hidráulica	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Herramientas de corte	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Herramientas de raspado	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
Cementado	Mangueras hidráulicas	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Herramienta hidráulica	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a

Continuación de la figura 61.

Reparaciones	Mangueras hidráulicas	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Herramienta hidráulica	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Herramientas de corte	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
	Otras herramientas	Estado y funcionamiento	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
Rellenado	Mangueras hidráulicas	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Pistola extrusora	Estado, funcionamiento y temperatura	Semanal	n/a
	Extrusora frontal	Estado, funcionamiento y temperatura	Semanal	n/a
	Extrusora	Software y funcionamiento	Mensual	Manual del fabricante
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
Embandado	Mangueras hidráulicas	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Embandadora	Software y funcionamiento	Mensual	Manual del fabricante
	Láser	Software y funcionamiento	Mensual	Manual del fabricante
	Presión de inflado	Estado y funcionamiento	Semanal	n/a
	Cortadora	Estado y funcionamiento	Semanal	n/a
	Rodo	Estado y funcionamiento	Semanal	n/a
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
Cámaras	Cámara	Software y funcionamiento	Mensual	Manual del fabricante
	extractora de aire	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	inyección de vapor	Estado, funcionamiento y temperatura	Semanal	n/a
	Herramienta hidráulica	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Anillos de seguridad	Estado y funcionamiento	Semanal	n/a
	Cobertores	Estado y funcionamiento	Semanal	n/a
	Conexiones	Estado y funcionamiento	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
Inspección Final	Mangueras hidráulicas	Estado y conexiones	Semanal	n/a
	Herramienta hidráulica	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a
	Partes móviles	Lubricación	Semanal	n/a
	Iluminación	Estado e iluminación	Semanal	n/a
	Equipo de acabado	Estado, conexiones y funcionamiento	Semanal	n/a

Fuente: elaboración propia.

El Programa de Mantenimiento Preventivo está sujeto a modificaciones, las cuales pueden ser estipuladas por el gerente y el jefe de mantenimiento, dependiendo de la retroalimentación que se reciba por parte de los operarios, operarios de mantenimiento, esto con la finalidad de mejorar el funcionamiento de la maquinaria y las herramientas y evitar atrasos en el flujo continuo de la operación de la línea de reencauche de llantas y contribuir a la mejora de la productividad de la línea.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Reciclaje de llantas

En todo el mundo la necesidad de transportar ya sea desde materias primas, producto terminado hasta personas de un lugar a otro, ha llevado a ser una sociedad dependiente del transporte el cual necesita de neumáticos para transportar sus productos. Guatemala no es la excepción, en el país cada año se desechan grandes cantidades de neumáticos y no tiene un destino apropiado, muchos de estos neumáticos terminan en vertederos de desechos sólidos no controlados.

Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado, un neumático de camión necesita aproximadamente medio barril de petróleo para ser fabricado lo cual también provoca contaminación ambiental al formar parte de vertederos no controlados.

Existen métodos para conseguir un reciclado coherente de estos productos, en la actualidad en países desarrollados se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. El sistema de tratamiento puede convertir los neumáticos en energía eléctrica.

Uno de los métodos de reusar los neumáticos de camión es el reencauche mismo, el cual se menciona en este proyecto de tesis, existen otros que se resumen a continuación:

- Termólisis

Se trata de un sistema en el que se somete los residuos de neumáticos a un calentamiento en un medio en el que no existe oxígeno, las altas temperaturas y la ausencia de mismo tienen el efecto de destruir los enlaces químicos.

Aparecen entonces cadenas de hidrocarburos, esta es la forma de obtener de nuevo los compuestos originales del neumático, por lo que es el método que consigue la recuperación total de los componentes del neumático, con este procedimiento se pueden recuperar metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales, ya sea de producción de neumáticos u otras actividades.

- Incineración

Proceso por el que se produce la combustión de los materiales orgánicos del neumático a altas temperaturas en hornos con materiales refractarios de alta calidad. Es un proceso costoso y además presenta el inconveniente de la diferente velocidad de combustión, de la combustión de los diferentes componentes y la necesidad de depuración de los residuos por lo que no resulta fácil controlar y además es contaminante. Genera calor que puede ser usado como energía, ya que se trata de un proceso exotérmico.

Con este método, los productos contaminantes que se producen en la combustión son perjudiciales para la salud humana, entre ellos, el monóxido de carbono, xileno hollín, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, óxidos de zinc benceno, fenoles, dióxido de azufre, óxidos de plomo, tolueno, además el hollín contiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos policíclicos, altamente cancerígenos.

El zinc concreto, particularmente tóxico para la fauna acuática. Sume el peligro de que muchos de estos compuestos sean solubles en el agua, por lo que pasan a la cadena trófica y de ahí a los seres humanos.

- Trituración criogénica

Este método necesita unas instalaciones muy complejas, lo que hace que tampoco sean rentables económicamente y el mantenimiento de la maquinaria y del proceso es difícil. La baja calidad de los productos obtenidos y la dificultad material y económica para purificar y separar el caucho y el metal entre si y de los materiales textiles que forman el neumático, provoca que este sistema sea poco recomendable.

- Trituración mecánica

Es un proceso puramente mecánico y por tanto los productos resultantes son de alta calidad limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos proceso y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es casi siempre el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilidad de los residuos de neumáticos.

- Neumáticos convertidos en energía eléctrica

Los residuos de neumáticos una vez preparados, pueden convertirse también en energía eléctrica utilizable en la propia planta de reciclaje o conducirse a otras instalaciones distribuidoras. Los residuos se introducen en una caldera donde se realiza su combustión. El calor liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor de alta temperatura y alta presión que se conduce hasta una turbina.

Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella produce la electricidad, que tendrá que ser transformada posteriormente para su uso directo.

- Usos del reciclado

Los materiales que se obtienen tras el tratamiento de los residuos de los neumáticos, una vez separados los restos aprovechables en la industria, el material resultante puede ser usado como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras, las carreteras que usan estos asfaltos son mejores y más seguras.

Pueden usarse también en alfombras, aislantes de vehículos o losas de goma. Se han usado para materiales de fabricación de tejados, pasos a desnivel, cubiertas, masillas, aislantes de vibración.

Otros usos son los deportivos, en campos de juego, suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta, las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico y compuestos para navegación.

6.2. Manejo de los residuos de caucho

La mayor parte de desechos de caucho que son retirados de la línea de reencauche de llantas, son consecuencia del proceso de raspado, en este se cuenta con un extractor, el cual absorbe todo el material de residuo que se genera del proceso. Este material es almacenado en una bodega de disposición final.

Este residuo es retirado periódicamente por una división de una de las empresas cementeras más importantes de Guatemala y otra parte por una empresa que se dedica a la construcción de pisos de caucho y alfombras habitaciones y decoración de ambientes.

También se tiene contacto con la mayoría de los clientes de la empresa para que los neumáticos retirados de la operación por falta de garantía de funcionamiento y operarios que fallan en la operación misma, para que estos sean retirados por esta empresa cementera la cual utiliza los residuos y los neumáticos fuera de operación para utilizarlos en la generación de energía alterna por medio de la incineración de estos materiales lo cual se explica a continuación:

- Uso de los neumáticos desechados como combustible en una fábrica de cemento en Guatemala.

En general el uso de los neumáticos desechados como combustible en hornos cementeros reduce la producción de óxidos de nitrógeno y dióxidos de azufre, en relación a los carbones normalmente utilizados en la fabricación del cemento, ya que tienen un menor contenido de estos elementos.

El azufre del neumático se incorpora a la cal de calcinación en forma de carbono cálcico, que es una materia prima en la fabricación del cemento. Toda la ceniza se absorbe en la estructura cristalina del *Clinker*, de esta forma, no hay residuos procedentes del neumático en los hornos de cemento.

Un elevado contenido de cenizas provoca un menor flujo de materias primas que pasan por el precalentador del horno, aumentando la temperatura del gas de escape, con lo cual se tiene una mayor pérdida térmica. En este sentido los neumáticos presentan una ventaja frente al carbón.

No se ha descrito ningún efecto adverso sobre la calidad del cemento por el uso de neumáticos desechados como combustible alternativo, tampoco se presentan complicaciones operacionales adicionales a lo tradicional en el proceso.

La única particularidad que eventualmente podría observarse, es que el *Clinker* presenta una tonalidad un poco más oscura de lo habitual, producto de la impregnación de componentes no combustionados presentes en los neumáticos (acero reforzado).

Las pruebas realizadas en hornos de otros países demuestran que los controles existentes sobre las emisiones atmosféricas de los hornos deberían ser suficientes como para permitir el uso de neumáticos como combustible, cumpliendo con las normas sobre emisiones, siempre y cuando el porcentaje de neumáticos no exceda el 30 % del valor calorífico total del combustible utilizado en hornos.

La formación de NOx (óxidos de nitrógeno) es una inevitable consecuencia de la alta temperatura de combustión, es formado principalmente por el aire de combustión, si bien una parte del contenido de nitrógeno en los neumáticos podría teóricamente provocar la formación de NOx combustible, este efecto es superpuesto por otras influencias más importantes, como por ejemplo, el tamaño de la llama. Además esta posibilidad se ve reducida dado los menores contenidos de nitrógeno en el neumático frente al carbón.

El azufre entra al proceso como componente de los combustibles y de las materias primas. El azufre que entra como sulfuro en las materias primas es parcialmente evaporado en las primeras etapas del proceso y emitido directamente a la atmósfera en su mayor parte. El resto del azufre que entra por las materias primas y el total aportado por los combustibles será capturado íntegramente en el *Clinker* y no aparecerá en las emisiones.

En general, los hornos de vía seca trabajando con materias primas no altas en azufre, no presenta problemas significativos de emisiones de óxido de azufre y su generación se ve reducida por el uso de neumáticos desechados al contener estos menores porcentajes que el carbón. La emisión de óxido de azufre es influenciada en mayor grado por sulfuro volátil en la mezcla de crudo que por combustible alternativo.

La combustión en el quemador secundario de neumáticos a menudo produce una emisión mayor de CO². Una elevada tasa de combustión y valores máximos de la tasa de alimentación (neumáticos enteros) puede provocar problemas al ingresar aire falso que haga bajar la temperatura en el precalcinador.

La emisión de CO² se sitúa entre 800 y 900 KG/T de *Clinker*. Casi un 60 % de esta emisión proviene del proceso de calcinación y es por tanto inevitable. El resto, deriva de la combustión de los combustibles. La emisión de CO² en la combustión de los neumáticos representa un porcentaje bajo en relación al aportado por las materias primas. Su formación es inherente al proceso de calcinación y es por lo tanto inevitable.

Cabe señalar, que los cambios de tecnología, mejoró la eficiencia de los procesos de combustión se redujo más del 30 % las emisiones asociadas al CO² en los últimos 25 años.

Por lo general, no es de esperar correlación frente a la incineración de neumáticos, sin embargo, mediciones con métodos sensibles pueden ser necesarias en el marco del proyecto. Pueden evitarse varios problemas desde el principio, si se dedica suficiente atención a perfeccionar la incineración a altas temperaturas y si los neumáticos se utilizan sólo en el quemador primario bajo condiciones de funcionamiento normales.

Las innumerables mediciones realizadas para usar neumáticos desechos permiten concluir que la incineración de neumáticos no repercute en tales emisiones.

El proceso cementero tiene gran capacidad para capturar los metales que entran con los materiales o los combustibles. Los materiales son absorbidos en el *Clinker* o en el polvo recogido en el filtro. Está ampliamente demostrado que el uso de combustibles alternativos como los neumáticos, no conduce a un incremento significativo de los metales en el cemento ni en el polvo del horno y que tampoco se ven afectadas las emisiones cuando limitan las entradas de los volátiles.

Las emisiones de compuestos orgánicos pueden ocurrir en las primeras etapas del proceso, al volatilizarse la materia orgánica presente en las materias primas al entrar en contacto con los gases calientes. En la industria del cemento, estas emisiones no son indicadoras de combustible incompleto (dada la muy alta temperatura, largos tiempos de residencia y condiciones de exceso de oxígeno del proceso).

La cantidad de emisiones de compuestos orgánicos es tan pequeña, que no representa un aumento perceptible de riesgo para la salud pública o el medioambiente. La descarga de gases típica de un horno de cemento contiene menos de una décima parte de los hidrocarburos presentes en los gases de descarga de un automóvil.

Históricamente la emisión de polvo, especialmente de la chimenea del horno, ha sido el impacto ambiental más significativo en la producción de cemento.

Las principales fuentes de partículas son los hornos, los molinos de materias primas, enfriadores de *Clinker* y molinos de cemento. En todos estos procesos, grandes volúmenes de gases fluyen a través de materiales polvorientos y el producto final también es un polvo fino. La naturaleza del polvo recogido en los tres focos principales son materias primas en las emisiones de partículas del horno, partículas finas de *Clinker* en el enfriador y producto final (cemento) en los molinos de cemento. La eficiencia de los modernos electrofiltros y filtros de mangas permiten reducir las emisiones de particulares de los focos principales a niveles muy bajos.

Fuentes secundarias de emisión de partículas son almacenes y sistemas de manejo de los materiales, así como, las calles al interior de la planta. Esta contaminación es reducida dentro de cementos Bío a niveles de mínimo impacto para la calidad del aire, por medio del empleo de aspiradoras móviles que recorren constantemente el interior de la planta.

La incineración de neumáticos desechados no tiene influencia en la emisión de partículas del horno, que sólo depende de la eficiencia de los equipos de desempolvado.

6.3. Medidas de mitigación del proceso de reencauche

A continuación se exponen las medidas recomendadas para mitigar los impactos ambientales negativos generales de una línea de reencauche de llantas, teniendo en cuenta las acciones o actividades impactantes que producen o generan efectos sobre los medios naturales, también se observan las medidas de mitigación asociadas a las actividades o acciones impactantes específicas de la línea de reencauche de llantas.

La totalidad de actividades que realiza el ser humano traen consigo impactos al medioambiente, ya sean estos benéficos o dañinos. El medio ambiente como receptor de toda acción humana tiene sus límites de tolerancia. Si estos son rebasados y no se toman las medidas y acciones correctivas mitigantes, aparecen los problemas ambientales.

La contaminación ambiental es cualquier deterioro de la calidad ambiental, en la cual esté presente o no cualquier riesgo a la salud pública. Se define como cualquier cambio indeseable a las características del aire, del agua, del suelo y alimentos; que afectan nocivamente la sobrevivencia o actividades de los humanos y otros organismos.

La implementación o la operación de una planta para el reencauche traerá consigo algún tipo de impacto ambiental, benéficos y dañinos, pues si bien el reencauche de llantas por si ya es una contribución al medioambiente ya que es una forma de reusar las llantas que pierden su calidad de uso, especialmente en el transporte pesado, también se debe tomar en consideración que la operación de la planta también afecta al medioambiente.

Las medidas de mitigación estarán enfocadas a las actividades que por su naturaleza afectan los ambientes dentro y fuera de la línea de reencauche de llantas.

Por la naturaleza de la planta de reencauche los ambientes que son afectados principalmente es el aire, ya que se desprenden partículas en el ambiente las cuales pueden ser absorbidas por el personal operativo dentro de la línea de producción, también el ambiente es afectado por el ruido que produce la maquinaria para el proceso de reencauche tal como el área de cardeo y área de cámaras, donde se encuentra la maquinaria que produce la mayor parte de ruido del proceso.

Otro de los factores que afectan el medioambiente es el olor que despiden los materiales derivados de petróleo como los pegamentos y los selladores, que se utilizan para la reparación de llantas, también existe la pintura que se utiliza en el área de acabado, con la cual se recubren los neumáticos para darles una mejor apariencia.

El tráfico de camiones aunque no es tan alto produce cierta contaminación en los alrededores de la planta aunque no es significativa en comparación con el tráfico diario de vehículos livianos que transitan por el área ya que la planta de reencauche se encuentra a un costado de una de las vías altamente concurridas dentro de la ciudad capital.

6.4. Recuperación ambiental

Para el plan de recuperación ambiental deberá existir un profesional con conocimiento en el manejo y la administración de recursos naturales y control de la contaminación, quien será responsable de implementar las medidas de mitigación que considere necesarias, así como, el control y monitoreo de las mismas.

Para el plan de recuperación ambiental puede iniciarse con:

- Control de las actividades por un profesional con conocimientos ambientales.
- Uso únicamente de las áreas necesarias para el reencauche de neumáticos.
- Dividir las áreas de trabajo dependiendo la naturaleza de las operaciones.
- Aplicar los monitoreos dentro de la planta de reencauche según el área y la naturaleza de las operaciones.

Uno de los factores a considerar para evitar la contaminación y los daños al medioambiente es el correcto estado y funcionamiento de los equipo de la planta de reencauche de llantas, esto implica que el mantenimiento debe ser los más eficaz posible, como por ejemplo, que los extractores estén funcionando de manera óptima, para que los residuos de caucho sean trasladados a la bodega de disposición final y no tengan que mezclarse ni desviarse a otros ambientes o peor aún fuera de la planta de reencauche de llantas.

6.5. Manejo de desechos sólidos

Los desechos son todos aquellos residuos que se generan después del proceso de reencauche de llantas y que no pueden ser reutilizados, estos pueden causar contaminación al no ser tratados y depositados en un lugar conveniente esto según sea el caso pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos.

En la planta de producción de reencauche de llantas los residuos líquidos y gaseosos son mínimos, la mayor cantidad son residuos de caucho los cuales son puestos a disposición de una empresa cementera que se encarga del correcto traslado y utilización final para generar energía alterna en su planta de cemento.

6.6. Responsabilidad social empresarial

La responsabilidad social empresarial se define como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, generalmente con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y valor añadido.

La responsabilidad social empresarial va más allá del cumplimiento de las leyes, dando por su puesto su estricto cumplimiento. En este sentido, la legislación laboral y las normativas relacionadas con el medioambiente son el punto de partida con la responsabilidad ambiental. El cumplimiento de estas normativas básicas no corresponde con la responsabilidad social, sino con las obligaciones que toda empresa debe cumplir simplemente por el hecho de realizar sus actividades. Sería contradictorio que una empresa alegara actividades de RSE si no ha cumplido o no cumple con la legislación de referencia para su actividad.

Es por tal motivo que la empresa ha iniciado con esta contribución desde hace un poco más de un año, apoyando con actividades que den mejora a los socios y colaboradores a todo nivel de la empresa, participando en actividades de apoyo a las comunidades y al medioambiente.

Tales participaciones han demostrado el compromiso de la empresa con esta contribución, dentro de las actividades en las que se participó es en campañas de construcción de viviendas para familias de escasos recursos del interior de la República de Guatemala, también se ha participado en campañas de reforestación, estas actividades ya se han realizado en dos ocasiones durante el 2013, sembrando más de 1 000 árboles en dos diferentes cuencas de los alrededores de la ciudad capital.

Otras de las actividades son la recolección de víveres para las familias damnificadas en desastres naturales y también en la campaña de canastas de víveres para operarios de las líneas de la planta de reencauche que tienen mayores necesidades, por medio de análisis socioeconómicos.

Las principales responsabilidades éticas de la empresa con los trabajadores y la comunidad son:

- Servir a la sociedad con productos útiles y en condiciones justas.
- Crear riqueza de la manera más eficaz posible.
- Respetar los derechos humanos con condiciones de trabajo dignas que favorecen la seguridad y la salud ocupacional y el desarrollo humano y profesional de los trabajadores.
- Procurar la continuidad de la empresa y si es posible lograr un crecimiento razonable.

- Respetar el medio ambiente evitando en lo posible cualquier tipo de contaminación minimizando la generación de residuos y racionalizando el uso de los recursos naturales y energéticos.
- Cumplir con las leyes y reglamentos.
- Procurar la distribución equitativa de la riqueza generada.
- Seguimiento del cumplimiento de la legislación por parte de la empresa.
- Mantenimiento de la ética empresarial y lucha contra la corrupción.
- Seguimiento de la gestión de los recursos y los residuos.
- Revisión de la eficiencia energética de la empresa.
- Correcto uso del agua.
- Lucha contra el cambio climático.
- Evaluación de riesgos ambientales y sociales.

CONCLUSIONES

1. Se estudiaron y analizaron cada una de las operaciones del proceso de reencauche de llantas por medio de diagramas de operación y diagramas bimanuales.
2. Al cronometrar las actividades de las operaciones se calculó el tiempo normal y posteriormente el tiempo estándar de cada operación del proceso.
3. Con el análisis de la productividad se determinó un aumento de 0,54 unidades producidas por hora y un aumento de 4,17 unidades producidas por operario.
4. Los costos de mano de obra son afectados ya que se pretende aumentar de 24 operarios dentro del proceso a 33 dentro de la línea de producción, aumentando con esto la productividad.
5. Se realizó el análisis de costo beneficio determinando que con una rentabilidad del 12 % solicitada por la empresa la línea de reencauche es rentable y devuelve 2,366 centavos por cada quetzal invertido.
6. Se realizó el análisis del punto de equilibrio operativo determinando que se deben vender 2 102 unidades mensuales para no tener pérdidas en la inversión de la línea de reencauche de llantas.

7. Se realizó un cronograma de actividades para la implementación del nuevo método la cual está dividido en cuatro secciones y se implementará en un total de 8 semanas.

8. Se realizó un programa de mantenimiento preventivo dividido por operaciones o estaciones de trabajo, representado por frecuencias, para disminuir los paros de la línea por reparaciones.

RECOMENDACIONES

1. Este tipo de análisis se deben realizar periódicamente, ya que con la rotación de personal se pueden perder las secuencias de la realización de las distintas tareas o procesos dentro de la línea de reencauche de llantas.
2. Es de utilidad que se cuente con manuales en cada área de trabajo de los distintos procesos para poderlos consultar en cualquier momento y recibir una retroalimentación constante.
3. El análisis de las operaciones más que una acción de carácter puntual, debe ser un proceso de mejora continua, de modo que las disposiciones en este trabajo pueden utilizarse como punto de referencia para aplicar estos principios en otras líneas de trabajo o en futuros trabajos dentro de la misma línea de producción.
4. Es aconsejable el desarrollo de campañas de capacitación para el personal de las áreas del proceso de producción como en seguridad industrial.
5. Los estudios posteriores que se realicen para la mejora continua de este trabajo sean realizados por el jefe de reencauche con supervisión del gerente de reencauche.

6. Es importante cuidar el manejo de materias primas e inventario de las mismas por parte de bodega, para que el abastecimiento esté asegurado y no tener paros no programados dentro del proceso de reencauche.

7. El nuevo método cubre muchos aspectos en la mejora de la productividad, pero no asegura la calidad del producto final, ya que este solamente cubre una parte en la línea de trabajo y no todo el trabajo, la calidad del producto depende de otros factores que no se tomaron en cuenta en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 4a ed. México: McGraw–Hill, 2001. 404 p.
2. Código de Trabajo, Decreto Número 1441. Guatemala, 2010. 1 221 p.
3. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y estudio del trabajo*. 2a ed. México: McGraw–Hill, 2005. 450 p.
4. Inga. Msc. GUERRERO DE LÓPEZ, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 100 p.
5. MEYERS, FRED E. *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura Ágil*. 2a ed. México: Pearson, 2000. 329 p.
6. MONZÓN, RODOLFO. *Análisis de operaciones para el mejoramiento del proceso en la línea de producción de aceite vegetal (900ml) en Olmeca S.A. aplicando el estudio de tiempos y movimientos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 123 p.

7. MUÑOZ, DIEGO ALEJANDRO. *Elaboración de un estudio de tiempos y movimientos como herramienta de optimización en líneas de ensamble de camisas en una planta de confección*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006. 147 p.
8. NIVEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a ed. México: Alfa Omega, 2004. 745 p.
9. SAPAG CHAIN, Nassir; SAPAG CHAIN, Reinaldo. *Preparación y evaluación de proyectos*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2000. 385 p.
10. ROJAS CANCINOS, OMAR ALEJANDRO. *Estandarización de Tiempos, Estudio de costos y diseño de un programa de mantenimiento preventivo en el área de impresión litográfica, comercializadora de calidad S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 185 p.
11. SCHROEDER, Roger. *Administración de operaciones*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1992. 845 p.