

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DE MÉTODOS EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE  
LLANTAS DE CAMIÓN EN UNA INDUSTRIA DE CAUCHO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

BRENDA YECELIA HERRERA CASTILLO  
ASESORADA POR ING. ERICK ADOLFO JIMÉNEZ VARGAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Ing. Erwin Rolando Borrayo Gómez
SECRETARIA	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **MEJORA DE MÉTODOS EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE LLANTAS DE CAMIÓN EN UNA INDUSTRIA DE CAUCHO.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Mecánica Industrial, con fecha 6 de junio de 2002.

---

Brenda Yecelia Herrera Castillo



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>IX</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIII</b>
<b>1. GENERALIDADES DE LAS LLANTAS DE CAMIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Características	1
1.1.1. Construcción convencional	1
1.1.2. Construcción radial	3
1.2. Partes principales	4
1.3. Proceso de manufactura	8
1.3.1. Banbury	8
1.3.2. Calandra	9
1.3.3. Corte diagonal	9
1.3.4. Fabricación de pestañas	10
1.3.5. Tubera	10
1.3.6. Ensamble de llantas	10
1.3.7. Vulcanización	11
1.3.8. Inspección	11
1.4. Nomenclatura	12
1.4.1. Capacidad de carga	12
1.4.2. Ancho de sección	12
1.4.3. Diámetro del <i>rim</i> (DR)	12

<b>2. EVALUACIÓN DEL MÉTODO ACTUAL UTILIZADO</b>	<b>15</b>
2.1. Descripción del método de producción actual	15
2.1.1. División de la operación en elementos	17
2.1.2. Estudio de tiempos y movimientos	27
2.1.3. Tiempo estándar	35
2.1.3.1. Tiempo promedio	35
2.1.3.2. Factor de actuación de la operación	36
2.1.3.3. Aplicaciones de márgenes de tolerancia	37
2.1.3.4. Cálculo del tiempo estándar actual	38
2.1.4. Diagrama del proceso hombre-máquina	39
2.1.5. Diagrama bimanual	43
2.2. Maquinaria utilizada	50
2.2.1. Condiciones del equipo de trabajo	51
<b>3. MÉTODO DE PRODUCCIÓN MEJORADO</b>	<b>53</b>
3.1. Procedimiento básico	53
3.1.1. Estandarización de la maquinaria	54
3.1.2. Selección del operario	55
3.1.3. Equipo utilizado para el estudio de tiempos	56
3.1.4. Número de ciclos a estudiar	57
3.2. Descripción del método de producción propuesto	59
3.2.1. Cálculo del tiempo estándar mejorado	67
3.2.2. Tiempos de las operaciones modificadas	72
3.2.3. Diagrama bimanual	75
3.2.4. Cambios a la maquinaria utilizada	80
3.3. Comparación del método actual con el método mejorado	81
3.4. Inversión y beneficios del proyecto	82
3.4.1. Cálculo del costo por 100 libras	84
3.4.2. Cálculo de las libras por hora-hombre ( <i>output</i> )	86



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Construcción de un camión convencional	2
2. Construcción de un camión radial	3
3. Corte transversal de una llanta	7
4. Diagrama hombre máquina actual	40
5. Diagrama bimanual actual	44
6. Máquina U-2	52
7. Diagrama hombre máquina mejorado	70
8. Diagrama bimanual mejorado	79
9. Libras por hora hombre trabajadas	87
10. Eficiencia en la construcción de llantas de camión	102

### TABLAS

I. Elementos de la operación	21
II. Estudio de tiempos y movimientos actual	28
III. Cálculo del margen de tolerancia actual del operador	37
IV. Cálculo del tiempo estándar actual	39
V. Símbolos del diagrama bimanual	43
VI. Guía para determinar el número de ciclos a observar	59
VII. Estudio de tiempos y movimientos mejorado	62
VIII. Cálculo del margen de tolerancia mejorado del operador	68
IX. Cálculo del tiempo estándar mejorado	69

X.	Comparación de resultados del diagrama hombre máquina actual y mejorado	72
XI.	Comparación de ciclos automáticos	73
XII.	Comparación de tiempos del ciclo actual con el mejorado	74
XIII.	Frecuencias de la máquina	80
XIV.	Inversión en máquina U-2	83
XV.	Cálculo del costo por 100 libras de la línea de llantas de camión	85
XVI.	Cálculo de las libras por hora hombre trabajadas	86
XVII.	Registro de eficiencias	101
XVIII.	Cronograma para la realización de la vuelta arriba automática	108
XIX.	Cronograma para la colocación automática del rodamiento	109
XX.	Cronograma para la colocación de una torreta dispensadora	110
XXI.	Registro de tiempos para la operación de ensamble de llantas de camión	119

## GLOSARIO

- Business team*** Es un centro operacional que genera sus propios negocios, teniendo un gerente como coordinador, con el soporte de las diversas áreas de trabajo necesarias para que los objetivos sean atendidos.
- Limit-switch*** Es un interruptor de fin de carrera, su función es permitir el ajuste o colocación de los *stitchers* a la posición indicada por el operador dependiendo del tipo de llanta que se construya.
- OBT** Entrenamiento basado en objetivos (*Objective Based Training*), programa corporativo de capacitación de operarios en su puesto de trabajo.
- Operarios** Se considera como tal a aquel trabajador que realiza labores rutinarias y programadas que tienen relación directa con el proceso de transformación de materias primas, ejerciendo un grado de juicio sencillo bajo las órdenes de un jefe de área.
- Output** Producto resultante en un proceso de producción que en este caso son las libras producidas por la cantidad de horas hombre trabajadas.

<b>Porta pestañas</b>	Es una pieza que contiene un soporte o un aro para colocar en ella las pestañas de las llantas, dicho aro debe tener el mismo diámetro de la pestaña utilizada por lo que se debe cambiar dependiendo del <i>rim</i> de la llanta.
<b>Rack</b>	Es una estructura de metal que tiene barras en donde se apilan las llantas para transportarlas al área de vulcanización.
<b>Scrap</b>	Es un término utilizado para todo aquel material que por diferentes razones no esté dentro de especificaciones y no haya posibilidad de recuperación.
<b>Software</b>	Conjuntos de programas que posee un computador mediante los cuales se pueden ejecutar comandos específicos.
<b>Stitchers</b>	Discos en forma de plato cuya función principal es planchar las uniones de los componentes de la llanta. Estos discos giran a cierta velocidad y presión especificada con el objeto de prevenir que al estar la llanta en funcionamiento se obtengan defectos como por ejemplo: pegas o uniones abiertas o soplos en las llantas, etc.
<b>Texine</b>	Es un fluido ligero e incoloro, obtenido de la destilación fraccionada del petróleo, utilizado como disolvente de gomas, grasas y resinas.

## **RESUMEN**

Durante los últimos años, el sector industrial ha experimentado grandes cambios debido a la libre competencia y a las exigencias del consumidor, por lo que se hace cada vez más difícil competir tanto por la calidad como por el precio. Es por ello que la industria de caucho de Guatemala con el fin de alcanzar sus expectativas de crecimiento, aumentar la eficiencia en las áreas de trabajo y obtener más estabilidad en el mercado, se ha propuesto realizar una mejora de métodos en el proceso de ensamble de llantas de camión.

La mejora que se propone en el método de trabajo actual está basada en un análisis visual y en una comparación con otras plantas más productivas en esta línea de llantas. Dicha mejora consiste en una serie de modificaciones en cuanto a maquinaria, materiales y al proceso de producción.

Con este proyecto se pretenden reducir las causas que impiden maximizar la producción de llantas de camión, a través de la utilización eficiente de los recursos disponibles, del incremento de la calidad de los materiales y la eliminación de movimientos innecesarios dentro de la operación, de manera que el proceso sea más fácil y se realice con menos esfuerzo.

Debido a que siempre existirán nuevas oportunidades para mejorar los procesos, al final se presenta una serie de propuestas a realizar a largo plazo que permitirán obtener mayores beneficios y promoverán la mejora continua dentro de la empresa para que surjan nuevos proyectos de mejora en las demás líneas de producción.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un modelo de método de trabajo para incrementar la productividad de llantas de camión.

### **Específicos**

1. Realizar un análisis del método de producción actual utilizado en el ensamble de llantas de camión para determinar las mejoras y cambios a generar.
2. Establecer las condiciones actuales del equipo y materiales utilizados.
3. Evaluar la capacidad de la maquinaria para tratar de operarla más eficientemente.
4. Eliminar los movimientos innecesarios y ordenar los movimientos útiles de la operación.
5. Determinar nuevo tiempo estándar de producción para controlar la eficiencia y establecer metas de trabajo.
6. Aplicar las herramientas necesarias para disminuir la resistencia al cambio.
7. Implantar el nuevo método de trabajo.

## INTRODUCCIÓN

Debido a que en la actualidad existe un acelerado proceso de cambio y competitividad global, los mercados nacionales e internacionales tienen que adaptarse a las exigencias del consumidor por lo que se hace cada vez más difícil competir tanto por la calidad como por el precio. Es por ello que la industria de caucho de Guatemala con el fin de alcanzar sus expectativas de crecimiento, aumentar la eficiencia en las áreas de trabajo y obtener más estabilidad en el mercado, se ha propuesto realizar una mejora de métodos en el proceso de ensamble de llantas de camión.

Para poder tener una mejor visualización del área en estudio se presenta información en forma general de las demás etapas que integran el proceso de fabricación de llantas de manera que se pueda determinar con claridad que tan factible podría ser una mejora de métodos en dicha línea de neumáticos.

En este proyecto se pretende reducir las causas que impiden maximizar la producción de llantas de camión, a través de la utilización eficiente de los recursos disponibles, de la eliminación de movimientos innecesarios dentro de la operación, de la reducción de desperdicios de materiales etc., procurando que el proceso sea más fácil y se realice con menos esfuerzo.

En todos los procesos por muy complicados o sencillos que estos sean siempre se seguirán encontrando nuevas oportunidades de mejora, es por ello que se presenta una serie de propuestas a realizar a largo plazo que permitirán obtener aun mayores beneficios y promoverán la mejora continua.

El diseño de este plan de mejoras no implica determinar solo teóricamente los parámetros que ayudarán a la conclusión del mismo, sino que también se han tomado en cuenta los aspectos técnicos, económicos y administrativos para lograrlo, así como el esfuerzo común y sugerencias de los trabajadores.

# **1. GENERALIDADES DE LAS LLANTAS DE CAMIÓN**

## **1.1. Características**

Existen dos tipos básicos de neumáticos: convencional y radial cada uno con diferentes características, actualmente en esta empresa de neumáticos únicamente se está trabajando con construcción convencional para lo que son llantas de camión, por lo que a continuación se detallan ambos tipos para poder apreciar sus diferencias.

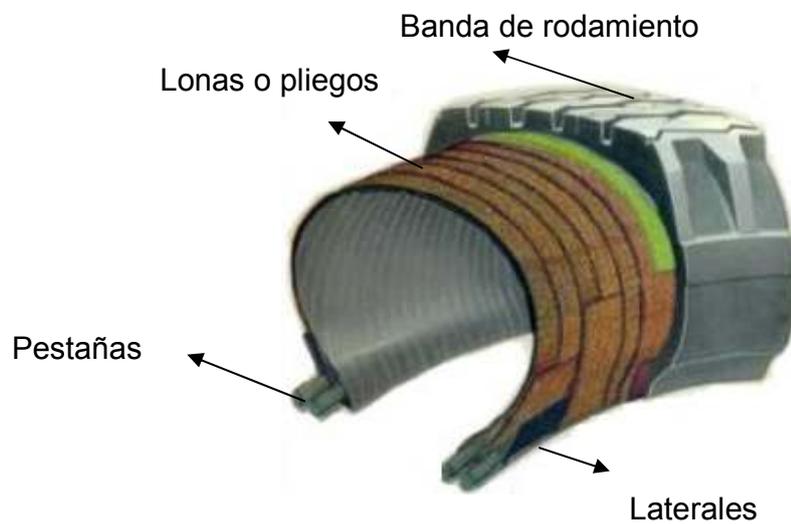
### **1.1.1. Construcción convencional**

En este tipo de construcción, los cordones de la carcasa se extienden diagonalmente de pestaña a pestaña del neumático, en un ángulo que puede ir de 25 a 40 grados en relación a la línea central del neumático. Cada lona o pliego sucesivo corre en relación opuesta a su antecesor, lo que resulta en un juego de líneas cruzadas y tienen las siguientes características.

- La carcasa construida con cuerdas de nylon que transmite la fuerza propulsora al piso, evita la pérdida de presión, soporta la carga y da condiciones de flexibilidad y comodidad.
- Rodamiento especialmente diseñado para trabajos pesados, resistente a las fuerzas originadas por alta velocidad como: desgastes, curvas, frenadas, etc.
- Proporciona excelente duración y gran resistencia a los impactos.

- Diseño con barras laterales y surcos longitudinales de gran profundidad.
- Drena agua para mayor área de contacto con el piso que proporciona mayor uniformidad de carga por centímetro cuadrado.

**Figura 1. Construcción convencional**



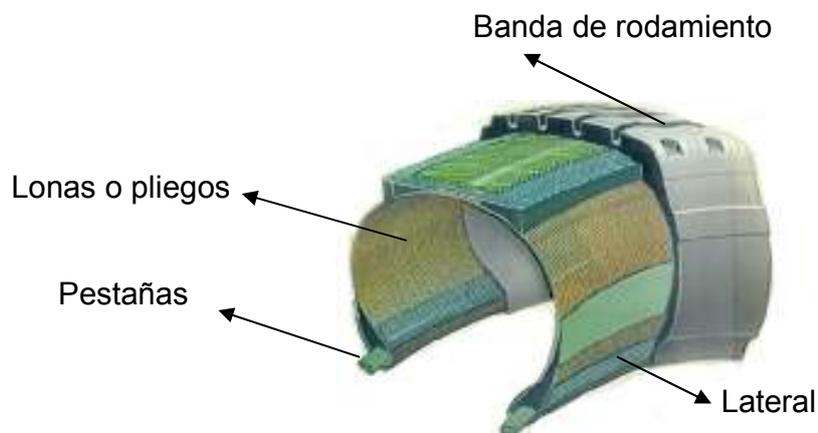
Fuente: <http://www.mastermedia.com.pe>

### 1.1.2. Construcción radial

En esta construcción, los cordones de la carcasa se extienden de pestaña a pestaña en un ángulo de 90 grados en relación a la línea central del neumático. Directamente sobre las lonas radiales y debajo de la banda de rodamiento, se encuentran los cinturones que corresponden a varias lonas de cordones que están colocados circunferencialmente alrededor de la carcasa del neumático y tienen las siguientes características.

- Banda de rodamiento gruesa y resistente
- Excelente kilometraje
- Carcasa reforzada
- Escultura con sentido de giro
- Menos ruido
- Excelente resistencia a las agresiones y a los caminos mixtos
- Rendimiento elevado debido al desgaste en forma armoniosa
- Escultura concebida para reducir el nivel acústico del pavimento

**Figura 2. Construcción radial**



Fuente: <http://www.mastermedia.com.pe>

## 1.2. Partes principales

A continuación se dan a conocer las partes más importantes de un neumático.

- a. Banda de rodamiento.** La banda de rodamiento es el componente que resiste el desgaste provocado por el contacto con el suelo. Debe ser resistente al desgaste, tener tracción, ser silenciosa y tener una baja generación de calor. Es normalmente producida con compuestos de hule sintético, derivados del petróleo (el hule natural es utilizado generalmente en los neumáticos grandes). Así mismo, está compuesta de los derivados del petróleo como negro de humo, aceites, ingredientes de vulcanización, pigmentos y otros productos químicos. El compuesto en el hule, la forma del diseño en la banda de rodamiento y el número de surcos son importantes para determinar el desgaste, la tracción y la temperatura durante el funcionamiento del neumático.
- b. Ranuras o surcos.** Son los canales circunferenciales entre las nervaduras de la banda de rodamiento, esenciales para la tracción, el control direccional y las propiedades de enfriamiento. Son indicadores de desgaste de rodado en los neumáticos cuando se encuentran protuberancias transversales en el fondo de la ranura con altura de 1.6 mm. y en varias posiciones equidistantes en la circunferencia del neumático. Sirven para demostrar el momento en que hay que retirar el neumático por razones de seguridad o indica el momento óptimo de reencaucharlo.

- c. **Hombros.** Son los responsables de ayudar al neumático en la toma de curvas. El tipo de hombro afecta el nivel de generación de calor. Por ello es importante que el diseñador de bandas desarrolle un modelo que permita tener hombros capaces de cumplir con dichas demandas y además contar con el máximo de hule sobre el camino.
  
- d. **Carcasa.** La carcasa es la responsable de brindarle el soporte y la capacidad de carga a un neumático. Adicionalmente tiene otros elementos importantes que brindarán estabilidad y comodidad al conducir.
  
- e. **Breaker o cinturones estabilizadores.** Son responsables de estabilizar el área de la banda de rodamiento. Esto se logra cuando la mantiene plana en contacto permanente con el camino. Otra de sus funciones es proteger el conjunto de lonas contra los maltratos del camino como por ejemplo golpes, pinchazos, etc. y por último, evitar la deformación del neumático cuando está rodando y proporcionar mayor resistencia de carga.
  
- f. **Lonas o pliegos.** Son capas de tejido que se extienden de pestaña a pestaña, en donde son amarradas. Es el componente que forma el cuerpo estructural (carcasa) del neumático. Son directamente responsables de la capacidad de carga; tienen como función servir de amortiguadores gracias a su flexibilidad en el área de los laterales. Adicionalmente son responsables de transmitir las fuerzas motoras del vehículo a la banda de rodamiento.
  
- g. **Liner.** Es un forro de hule impermeable del aire y su función básica es contener el aire a la presión que se introdujo dentro del neumático, evitando que existan fugas y haciendo al neumático hermético.

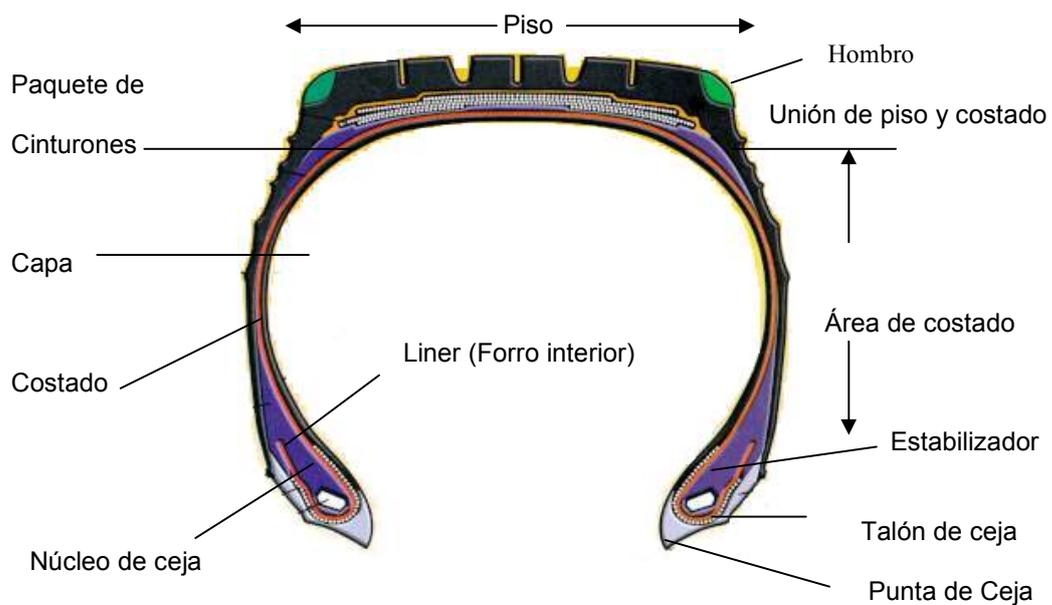
- h. Laterales o costados.** Son bandas de hule que se colocan en el área de los laterales y están diseñados con compuestos especiales capaces de resistir los maltratos del camino (golpes con las banquetas); además, deben ser capaces de soportar el medio ambiente (lluvia, sol, viento, ozono, etc.)

En los laterales se imprimen la marca, la medida, y cualquier decoración que el fabricante quiera poner.

- i. Área de pestaña o talón.** El área de talón en un neumático es la responsable del alcance entre *rim* y el neumático, la fijación del neumático al *rim*, y es el primer componente transmisor de las fuerzas de cambio de dirección, movilidad y frenado.
- j. Relleno.** La tira de relleno tiene como función hacer más rígida el área de la pestaña y lograr con esto una transición entre lo rígido del talón y lo flexible de los laterales. Cuando los neumáticos son de alto rendimiento, el relleno es más alto y grueso; al ser rígida la parte del área del costado, el neumático es estable en curvas, pues vuelve más rápido a su posición normal.
- k. Chafer.** Son tiras estrechas de material colocadas alrededor de la parte externa del talón para proteger los cordones de la lona contra desgastes y cortes hechos por el *rim*. Ayuda a evitar la penetración de humedad y suciedad dentro del neumático.

- I. **Pestañas o talón.** La pestaña o núcleo de talón está formado por un agrupamiento de alambre no extendible, de características especiales. Los alambres están bañados en cobre para una buena adhesión con el hule. Las pestañas anclan los pliegos y aseguran la estructura de la rueda. El contorno y la dimensión de la pestaña se acomodan al talón del *rim* y evitan deslizamiento longitudinal.

**Figura 3. Corte transversal de una llanta**



Fuente: <http://www.mastermedia.com.pe>

### **1.3. Proceso de manufactura**

La fábrica utiliza una gran parte de la producción de hule natural cultivado en Guatemala y diversos productos químicos que no se producen en el área, los cuales deben de ser importados para cumplir con las especificaciones de la empresa. En esta planta se producen llantas para automóvil, para camión liviano, camión pesado, en los tipos convencional y radial y agrícolas. Se fabrican más de 100 medidas básicas, con aproximadamente 200 variantes en más de 20 diseños diferentes.

A continuación se describe en forma secuencial toda la maquinaria que se utiliza para el proceso de construcción de un neumático.

#### **1.3.1. Banbury**

El banbury es una máquina mezcladora de cámara cerrada, donde por medio de la fricción se incorporan al hule (natural o sintético) todas las sustancias necesarias para formar un compuesto como acelerantes, negro de humo, aceites, azufres y pigmentos.

Las láminas de hule que salen del banbury son enviadas a los molinos calentadores. Ahí se trabaja el compuesto a una temperatura de aproximadamente 50 grados centígrados y se prepara para alimentar a las siguientes máquinas en el proceso.

Estos equipos tienen la función de hacer las mezclas de hule procedentes del banbury más suaves y trabajables pasando por las etapas de precalentado y homogeneizado. Consta de dos rodillos metálicos que giran a diferentes velocidades y suministran hule para recubrir los tejidos y el alambre de las pestañas y para producir las extrusiones de la tubera utilizadas en bandas de rodamiento y caras laterales de las llantas.

### **1.3.2. Calandra**

Los rollos de cuerda textil pasan por la calandra, donde se ahula por ambos lados. El ahulado sirve como aislante y fija el tejido de manera que las cuerdas mantengan su paralelismo y uniformidad de esparcimiento entre ellas esto se hace para que facilite la adhesión con los demás componentes. Estos rollos se sujetan en una pequeña bobina y pasan a través de un sistema especial de tubulado que coloca un forro de hule sobre cada cuerda de manera que se pegue a sus compañeras, pero quede aislada a ellas. Las cuerdas se cortan a 90° y en largos predeterminados, de acuerdo con la función que desempeñan en el neumático y se vuelven a unir los tramos, formando un rollo cuyos cantos son los extremos por donde se corto la cuerda originalmente.

### **1.3.3. Corte diagonal**

Las piezas de cuerdas impregnadas de compuesto de hule, son cortadas en forma diagonal, por medio de cortadoras automáticas. Donde se forman las capas con que se construyen las armazones de las llantas convencionales.

#### **1.3.4. Fabricación de pestañas**

Las pestañas son alambre de acero recubiertos de compuestos de hule, los cuales se enrollan hasta formar un aro con un determinado número de vueltas. Éstas forman los resistentes anillos interiores de la llanta que la fijan a la rueda del vehículo. El contorno y las dimensiones de la pestaña se acomodan al *rim* de la llanta y evitan el deslizamiento longitudinal.

#### **1.3.5. Tubera**

El rodamiento de la llanta es extruído en la tubera en forma continua a través de un dado que le da la forma deseada. El rodamiento es fabricado de compuestos especiales de hule de alta resistencia a efecto de lograr muchos kilómetros de uso, flexibilidad y tracción. La finalidad de la tubera es producir material con el perfil adecuado al uso que se le va a dar y básicamente está compuesta por un cilindro, un tornillo sin fin extrusor y un dado.

#### **1.3.6. Ensamble de llantas**

La totalidad de los elementos que necesita la llanta, son ensamblados por el operario en la máquina de construcción. Estos componentes son colocados sobre el tambor de construcción de llantas, hasta formar la carcasa o cuerpo de la llanta.

Sobre esta resistente carcasa se coloca la banda de rodamiento, que será la parte de la llanta que estará en contacto directo con la superficie de caminos y carreteras.

Cuando la llanta es retirada del tambor de construcción y lubricada tiene la forma de un barril de hule y es conocida como llanta verde, es decir, una llanta que todavía no ha sido vulcanizada.

### **1.3.7. Vulcanización**

La vulcanización es un efecto químico con el que se forman enlaces entre las cadenas de hule y el azufre, pero es necesaria alta presión y temperatura. En esta etapa el hule pasa de un estado plástico a un estado elástico. Las prensas vulcanizan las llantas y le graban el dibujo o labor a la banda de rodamiento.

### **1.3.8. Inspección**

Durante todo el proceso se mantiene un permanente control de calidad, el cual permite detectar pronto algún problema en la fabricación. Al haber sido vulcanizado el neumático empieza una segunda etapa de control cuyo objetivo es garantizar que todo neumático que llega a manos del consumidor llene los requisitos de calidad.

## **1.4. Nomenclatura**

A continuación se presentan algunas definiciones de los elementos que se utilizan para identificar las llantas de camión y algunos ejemplos de cómo podrían estar clasificadas las medidas de estos neumáticos.

#### **1.4.1. Capacidad de carga (*Ply rating*)**

Se emplea para identificar la carga máxima que soporta la llanta, tomando como base la medida de la misma. Es un índice de resistencia de la llanta y no representa el número de capas reales, sino más bien la equivalencia en capas del tejido para soportar la misma carga. La capacidad de carga del neumático puede ser indicada en los costados con la abreviatura (P.R.)

#### **1.4.2. Ancho de sección**

Es el ancho total, menos cualquier inscripción o marcaje; se mide de costado a costado, en un neumático montado y calibrado en el *rim* correcto y a presión correcta.

#### **1.4.3. Diámetro del *rim* (DR)**

Es la dimensión básica en la nomenclatura del neumático y se relaciona con todo el proyecto mecánico del vehículo, seguridad de frenado, posición del centro de gravedad etc. Se mide entre las bases de apoyo de las cejas sobre la base del *rim* y es similar al diámetro de pestañas del neumático.

Ejemplos del sistema de nomenclatura

Llantas de camión convencional

10.00-20 DS 16PR

10.0	Ancho de sección en pulgadas.
-	Tipo de construcción convencional.
20	Diámetro del rim en pulgadas.
DS	Familia del neumático.
16PR	Indicativo de capacidad de carga.

9.00-20 14PR HI MILER CT175

9.00	Ancho de sección en pulgadas.
-	Tipo de construcción convencional.
20	Diámetro del <i>rim</i> en pulgadas.
14PR	Indicativo de capacidad de carga.
HI MILER CT	Familia del neumático.
175	Diseño o dibujo del neumático.

Llantas de camión radial

9.00R20 F G291

9.00	Ancho de sección en pulgadas.
R	Tipo de construcción radial.
20	Diámetro del <i>rim</i> en pulgadas.
F	Indicativo de capacidad de carga.
G	Familia del neumático.
291	Diseño o dibujo del neumático.

285/75R24.5 H G362

285	Ancho de sección en pulgadas.
75	Serie o relación aspecto del neumático.
R	Tipo de construcción radial.
24.5	Diámetro del <i>rim</i> en pulgadas.
H	Indicativo de capacidad de carga.
G	Familia del neumático.
362	Diseño o dibujo del neumático.

## 2. EVALUACIÓN DEL MÉTODO ACTUAL UTILIZADO

### 2.1. Descripción del método de producción actual

En el proceso de ensamble de llantas de camión se utiliza una maquinaria especial llamada *Universal Tire Machine 2*, conocida como U2 es allí en donde un abastecedor reúne todos los materiales requeridos para este tipo de llantas de manera que el operador construya lo que se conoce como carcasa o cuerpo de la llanta los materiales en mención son los siguientes

- Laterales
- *Chafer*
- Pestañas
- Lonas
- Rodamientos

Luego de esto el operador de la maquinaria empieza a ensamblar los materiales según el proceso (en la secuencia adecuada y previamente establecida). La máquina está programada de tal forma que al encenderla y colocar en la pantalla las medidas de la llanta ésta ejecuta en forma secuencial los ciclos automáticos que se requieren, mientras tanto, el operador prepara los componentes a utilizar en la siguiente operación. A continuación se mencionan algunos aspectos que contribuyen a la baja productividad en este proceso.

- a. Debido a la capacidad del motor los ciclos automáticos sólo tienen una velocidad, es decir, que por ejemplo en el ciclo de planchado de la lona, a la misma velocidad a la que entran los planchadores a asentarla a esa misma velocidad se retiran aunque ya no estén en contacto con la lona, lo cual provoca que el operador tenga tiempo improductivo al esperar que el ciclo automático termine para poder iniciar la siguiente operación.
- b. El operador coloca la primera lona en el tambor colapsado y éste empieza a expandirse y a girar al mismo tiempo lo cual provoca dificultad y demora para centrar la lona en el tambor.
- c. Cuando el porta pestañas entra a colocar las mismas, las coloca sin rotación y hace que el tambor se detenga y hasta que son fijadas se retira ocasionando que el proceso sea lento y el operador esté en tiempo de ocio.
- d. El rodamiento es colocado por el operador alrededor de la carcasa pero debido a la poca adhesión que tiene el mismo requiere un esfuerzo adicional del operador para rodillarlo manualmente y que no se despegue.
- e. Las lonas al realizarse el paso de la vuelta arriba muestran poca flexibilidad y se obtiene pérdida de tiempo porque el operador tiene que volver a repetir la operación y aplicarle lubricante hasta que quede bien doblada.
- f. El operador debe aplicar cera a la superficie de la lona para poder deslizar con facilidad la siguiente lona pero la fórmula de la cera es demasiado sólida y el operador pierde tiempo al frotar demasiadas veces la barra para obtener la cantidad requerida.

### **2.1.1. División de la operación en elementos**

Un elemento es una parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada compuesta de uno o más movimientos fundamentales del operario y de los movimientos de una máquina o fases de un proceso seleccionado para fines de observación y cronometraje. Un elemento puede también definirse como uno o más movimientos regularmente combinados en la misma secuencia para conseguir un resultado específico.

Por la naturaleza de los elementos en el ciclo de trabajo, se pueden clasificar en varios tipos.

- En relación con el ciclo se clasifican los elementos en
  - a) Elementos regulares o repetitivos: son los que aparecen más de una vez en cada ciclo de trabajo. Ejemplo: tomar y colocar materiales en la máquina.
  - b) Elementos causales o irregulares: son los que no aparecen en cada ciclo de trabajo, sino a intervalos tanto regulares como irregulares. Ejemplo: ir a colocar rodamiento en la bandeja alimentadora, cortar sobrantes de las puntas del lateral, etc.

- En relación al operario se clasifican los elementos en

Elementos manuales son los que realiza el operario y pueden ser

- a. Manuales sin máquina. Con independencia de toda máquina. Se denominan tiempos libres, porque su duración depende de la actividad de operario. Ej. colocación de pestañas, *chafer*, etc.
- b. Manuales con máquina
  - Con máquina parada, como doblar el extremo de la lona.
  - Con máquina en marcha, son los que efectúa el operario mientras trabaja la máquina automáticamente. Aunque no interviene en la duración del ciclo, interesa considerarlos porque forman parte de la saturación del operario. Ej. preparación de materiales para la siguiente operación.

Elementos de la máquina

Son los ciclos automáticos que realiza la máquina y por tanto, sin manipulación del operario, es decir, no es necesaria la vigilancia del operario.

- En relación con el tiempo se clasifican en
- a. Elementos constantes: son aquellos cuyo tiempo de ejecución es siempre igual para condiciones específicas.
  - b. Los elementos variables: son los elementos cuyo tiempo cambia para permitir variaciones en el trabajo debido a límites en dimensión del producto y el equipo.

El tiempo estándar para una operación se aplica solamente al método particular y a las condiciones presentes cuando fue estudiada la operación. Por lo tanto es necesario hacer una detallada y completa descripción del método estudiado. Sin este detalle no será posible verificar si el método utilizado, un tiempo después, es el mismo que se utilizó originalmente cuando se estudió la operación. La división de los elementos es deseable por las siguientes razones.

- Una de las mejores maneras de describir una operación es dividirla en elementos definidos y medibles. Esto suministra un récord del trabajo hecho en la medición del tiempo.
- Los elementos registrados en el orden de ejecución, indican los movimientos necesarios para el operario y son una gran ayuda para enseñar el método apropiado.
- La división de los elementos capacita al analista para separar el trabajo necesario, de las demoras y del desperdicio.
- Si más tarde se mejora el trabajo o se redistribuye dentro de la operación, las partes que necesiten ser removidas o estudiadas son fácilmente identificadas mediante la división de elementos.
- Permite la comparación de métodos alternos y da las bases para análisis posteriores.
- Permite la construcción de estándares para efectuar simulaciones con el propósito de estimar la productividad y los efectos del costo en cambios propuestos en la construcción y en el método.

- Mediante el establecimiento de puntos consistentes de iniciación y terminación, la división de elementos puede utilizarse para construir datos para el estándar.

La identificación de los puntos de iniciación y terminación puede hacerse visualmente, por sonido o por definición en el caso de movimiento continuo. Una luz indicadora, la iniciación o parada de un movimiento o de una rotación y el toque de superficies son ejemplos de puntos de referencia de elementos, basados en la observación visual. El sonido es también útil para determinar la iniciación y terminación de un elemento.

**Tabla I. Elementos de la operación**

1/6

<p style="text-align: center;"><b>Industria de neumáticos</b></p> <p>Operación: construcción de llanta <i>rim</i> 20, de 2 lonas de 3 pliegos con <i>breaker</i>, <i>chafer</i>, lateral y pestaña doble.</p> <p>Maquinaria utilizada: máquina de construcción U-2</p> <p>Fecha: septiembre de 2003.</p> <p>Analista: Brenda Herrera.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. El operador colocado frente al porta pestañas, toma dos pestañas de la misma, gira 90 grados, camina hacia el frente de la máquina y las introduce dentro del tambor cerrado en el aro porta pestañas.</li></ol> <p><b>Primera lona</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>2. Gira 180 grados y camina hacia el carro de lonas, saca con ambas manos la lona, gira 180 grados y camina hacia la máquina y la alista para introducirla en el tambor.</li><li>3. Introduce la primera lona en el tambor cerrado.</li><li>4. Presiona con el pie el pedal para que el tambor se expanda y gire simultáneamente, luego centra la lona.</li><li>5. Con una mano toma la almohadilla del bote de <i>texine</i>, humedece las almohadillas y aplica <i>texine</i> a la pestaña que está en el porta pestañas izquierdo. Alcanza con la mano la brocha de un bote, la humedece con cemento, presiona el pedal y hace girar el tambor en su contra con velocidad, aplica el pegamento en los laterales del tambor, gira 180 grados camina y deja la brocha en su lugar, gira 90 grados, toma la paleta y marca sobre la lona.</li></ol> <p><b>Primer ciclo automático</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>6. Presiona el pedal, bajan las zapatas que se posicionan sobre los extremos del tambor, doblando la orilla de la primera lona hacia adentro, se retiran las zapatas.</li></ol>

**Tabla I. (Continuación)**

**Segundo ciclo automático**

7. Presiona el pedal y entran los aros aplicadores de las pestañas, las dejan y luego se planchan las pestañas y para el tambor.
  - a) Mientras tanto el operador toma las almohadillas y lubrica las pestañas.
  - b) Alcanza con las manos las almohadillas del bote de cemento y aplica con ambas manos a los extremos de las lonas.
8. Coloca la pestaña externa y se acerca al lado izquierdo de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia fuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.
9. Se acerca al lado derecho de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia fuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.

**Tercer ciclo automático**

10. Presiona pedal, los *stitchers* bajan y asientan los extremos de la vuelta arriba de la primera lona; los *stitchers* se retiran y el tambor se detiene.

Mientras tanto el operador hace lo siguiente  
Toma la barra de cera y empasta la superficie del lado derecho de la primera lona y la deja en su sitio luego introduce la segunda lona en el aplicador.

**Segunda lona**

11. Toma con una mano el aplicador de lonas y lo acerca al tambor.
12. Con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos introduce parte de la segunda lona en el tambor.
13. Presiona el pedal para que gire el tambor y con el aplicador introduce con aire la segunda lona en el tambor; la centra y deja el aplicador en su sitio.
14. Toma la paleta introduciéndola debajo de la segunda lona para centrado.

**Tabla I. (Continuación)**

**Cuarto ciclo automático**

15. Presiona el pedal para que bajen los rodillos al centro de la lona y rodillen la superficie de la lona de adentro hacia afuera hasta los extremos del tambor, los rodillos se retiran y se dirigen al centro, entrando los *stitchers*, asientan y doblan los extremos de la lona hacia adentro se retiran y para la máquina.

Durante el ciclo automático deben realizarse las siguientes operaciones

- a. Colocar las pestañas en el porta pestañas interno.
- b. Tomar las almohadillas mojadas con *texine*, acercarlas al tambor humedecer el extremo derecho e izquierdo de la segunda lona en la parte interior y en la parte externa; dejar las almohadillas en su sitio.

**Quinto ciclo automático**

16. Entran los aros aplicadores de pestañas, dejan las pestañas y se retiran a su posición, entran los *stitchers* y asientan las pestañas, se retiran y el tambor se detiene.

17. Se acerca al lado izquierdo de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia afuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.

18. Se acerca al lado derecho de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia afuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.

**Sexto ciclo automático**

19. Presiona pedal, los *stitchers* bajan y asientan los extremos de la segunda lona doblados sobre las pestañas; los *stitchers* se retiran y el tambor se detiene.

Durante el ciclo automático deben realizarse las siguientes operaciones

Tomar la barra de cera, empastar la superficie de la segunda lona y dejar la barra en su sitio.

**Tercera lona**

20. Gira 180 grados y camina hacia el carro de lonas, saca con ambas manos la lona, gira 180 grados y camina hacia la máquina, y la alista para introducirla en el tambor.

21. Toma con una mano el aplicador de lonas y lo acerca al tambor.
22. Con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos introduce parte de la tercera lona en el tambor.
23. Presiona el pedal para que gire el tambor y con el aplicador introduce con aire la tercera lona en el tambor; la centra y deja el aplicador en su sitio.
24. Toma la paleta introduciéndola debajo de la primera lona para centrado.

**Séptimo ciclo automático**

25. Presiona el pedal, los rodillos bajan al centro de la lona y rodillan la superficie de la lona de adentro hacia afuera, hasta los extremos del tambor los rodillos se retiran y se dirigen al centro; entran los *stitchers* asientan y doblan los extremos de la lona hacia adentro; los *stitchers* se retiran, la bandeja con el rodamiento se acerca y el tambor se detiene.  
Durante el ciclo el operador debe hacer lo siguiente  
Alcanzar con las manos dos almohadillas del bote de *texine*, humedecerlas, presionar el pedal y hacer girar el tambor en su contra con velocidad y aplicar las almohadillas con ambas manos simultáneamente sobre la lona y las pestañas que están en los porta pestañas.

**Colocación de *chafers***

26. El operador gira 135 grados y toma *chafers* que están colocados en la torreta, los corta y se lleva uno en la mano, gira 135 grados y camina hasta colocarse frente al tambor.
27. Coloca la punta del *chafer* sobre el costado del tambor, con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos coloca el *chafer* alrededor de la llanta; une los dos extremos del *chafer*, verifica visualmente que quede bien aplicado y con las manos asienta la parte baja del *chafer* hacia adentro.
28. Toma el otro *chafer* de la torreta, coloca la punta del *chafer* sobre el costado del tambor, con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos coloca el *chafer* alrededor de la llanta. Une los dos extremos del *chafer*; verifica visualmente que quede bien aplicado, y con las manos asienta la parte baja del *chafer* hacia adentro.

**Rodamiento**

29. Hala el extremo del rodamiento para pasarlo de la bandeja al tambor y pegarlo en la carcasa de la llanta.
30. Presiona el pedal con el pie y con las manos guía el rodamiento hasta que de la vuelta completa; verifica que quede bien aplicado alrededor de la carcasa de la llanta.
31. Con la mano hace la unión de los dos extremos del rodamiento.
32. Gira 90 grados toma el rodillo planchador que está colocado en el *rack* de utensilios, vuelve a girar 90 grados presiona pedal, para hacer girar el tambor en sentido contrario al operador. Con ambas manos el operador presiona el rodillo sobre el rodamiento, quita el pie del pedal y para el tambor regresando el rodillo al *rack* de utensilios.

*Octavo ciclo automático*

33. Presiona pedal, los rodillos bajan y asientan contra el centro del rodamiento y rodillan de adentro hacia fuera; bajan los *stitchers*, asientan las tiras de *chafer* de cada lado y las dobla bien hacia adentro sobre las pestañas, los *stitchers* se retiran y el tambor se detiene.

*Colocación de los laterales*

34. El operador gira 135 grados y toma las puntas del lateral que están colocadas en la torreta, las corta, una se la coloca sobre el hombro y la otra la lleva en una mano, gira 135 grados y camina hasta colocarse frente al tambor.
35. Coloca la punta del lateral sobre el costado derecho del tambor, con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos coloca el lateral alrededor de la llanta, con la tijera corta el sobrante, une los dos extremos del lateral y verifica que éste quede bien aplicado.
36. Coloca la punta del otro lateral sobre el costado izquierdo del tambor, con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos coloca el lateral alrededor de la llanta, con la tijera corta el sobrante, une los dos extremos del lateral y verifica que éste quede bien aplicado.

**Tabla I. (Continuación)**

6/6

*Noveno ciclo automático*

37. Presiona el pedal, los rodillos entran y rodillan la superficie de la llanta de afuera hacia adentro, los rodillos se juntan en el centro y se retiran, los *stitchers* entran, asientan los laterales y se retiran.

Tiempo interno

El operador gira 90 grados, toma la manguera y la acerca a un extremo de la llanta aplicando *texine* entre la llanta y el tambor.

**Retiro de la llanta del tambor**

38. Presiona el pedal para que gire el tambor y con la manguera aplica *texine* entre la llanta y el tambor, gira 90 grados y coloca la manguera en su lugar.

39. Presiona el pedal para que el tambor colapse.

40. Saca la llanta del tambor y la baja hasta el suelo.

41. Mueve la llanta a un lado de la máquina, para que el ayudante la coloque en el *rack* de llantas.

### **2.1.2. Estudio de tiempos y movimientos**

El estudio de tiempos y movimientos es el sistema más preciso que se conoce para medir el cumplimiento de un trabajo. Aunque no es perfecto, si el estudio es aplicado conscientemente por personas bien calificadas producirá resultados justos para los trabajadores y la empresa.

El propósito del estudio es establecer estándares de trabajo, justos y equitativos. El resultado es la determinación del tiempo estándar para un trabajo dado.

El estudio del movimiento es el grado refinado del mejoramiento de métodos, el cual es parte integral del estudio de tiempos. Los resultados del mayor esfuerzo del mejoramiento de métodos deberían haberse obtenido antes de que hubiera comenzado el estudio de tiempos. Los restantes elementos de trabajo son considerados con respecto al tiempo y al orden en que se ejecutan tomando el tiempo total requerido, como la base para determinar el tiempo que requiere un operario calificado, trabajando a un nivel normal, de acuerdo con el método especificado, para hacer la operación.

**Tabla II. Estudio de tiempos y movimientos actual**

<b>ESTUDIO DE TIEMPOS ACTUAL</b>			
Área: <u>construcción</u>		Fecha: <u>septiembre de 2003</u>	
Operación: <u>ensamble de llanta</u>		Máquina: <u>U-2</u>	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LLANTA</b>			
Tamaño: <u>10.00-20</u>		num. de pliegos: <u>2</u>	
Capacidad de carga: <u>14</u>		num. de pestañas: <u>2</u>	
Diseño: HMS&G		num. de lonas: <u>3</u>	
DESGLOSE DE LOS ELEMENTOS	Tiempo (cent./min)	Frecuencia	Tiempo (min)
1 El operador colocado frente al porta pestañas, toma cuatro pestañas del mismo, gira 90 grados, camina hacia el frente de la máquina y la introduce dentro del tambor cerrado en aro porta pestañas.  Primera lona	27	1/1	0.27
2 Gira 180 grados y camina hacia el carro de lonas, saca con ambas manos la lona, gira 180 grados y camina hacia la máquina y la alista para introducirla en el tambor.	15	1/1	0.15
3 Introduce la primera lona en el tambor cerrado.	14	1/1	0.14
4 Presiona con el pie el pedal para que el tambor se expanda y gire simultáneamente, luego centra la lona.	15	1/1	0.15
5 Con una mano toma la almohadilla del bote de <i>texine</i> , humedece las almohadillas y aplica <i>texine</i> a la pestaña que está en el porta pestañas izquierdo. Alcanza con la mano la brocha de un bote, humedece la brocha, presiona el pedal y hace girar el tambor en su contra con velocidad, aplica el cemento en los laterales del tambor, gira 180 grados camina y deja la brocha en su lugar, gira 90 grados.  Primer ciclo automático	39	1/1	0.39
6 Presiona el pedal, bajan zapatas que se posicionan sobre los extremos del tambor, doblando la orilla de la 1era. lona hacia adentro, se retiran las zapatas y se detiene el	21	1/1	0.21

**Tabla II. (Continuación)**

	DESGLOSE DE LOS ELEMENTOS	Tiempo (cent./min)	Frecuencia	Tiempo (min)
	Segundo ciclo automático			
7	Presiona el pedal, gira el tambor y entran los aros aplicadores de las pestañas, las dejan y luego se planchan las pestañas y se detiene el tambor. Mientras tanto el operador toma las almohadillas y lubrica las pestañas. Alcanza con las manos las almohadillas del bote de cemento y aplica con ambas manos a los extremos de las lonas.	26	1/1	0.26
8	Coloca la pestaña externa y se acerca al lado izquierdo de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia fuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.	37	1/1	0.37
9	Se acerca al lado derecho de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia fuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.	38	1/1	0.38
	Tercer ciclo automático			
10	Presiona el pedal, los <i>stitchers</i> bajan y asientan los extremos de la vuelta arriba de la primera lona; los <i>stitchers</i> se retiran y el tambor se detiene. Mientras tanto el operador hace lo siguiente:  toma la barra de cera y empasta la superficie del lado derecho de la primera lona y la deja en su sitio luego introduce la segunda lona en el aplicador.	17	1/1	0.17
	Segunda lona			
11	Toma con una mano el aplicador de lonas y lo acerca al tambor.	10	1/1	0.10
12	Con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos introduce parte de la segunda lona en el tambor.	16	1/1	0.16

**Tabla II. (Continuación)**

3/7

	DESGLOSE DE LOS ELEMENTOS	Tiempo (cent./min)	Frecuencia	Tiempo (min)
13	Presiona el pedal para que gire el tambor y con el aplicador introduce con aire la segunda lona en el tambor; la centra y deja el aplicador en su sitio.	17	1/1	0.17
14	Toma la paleta introduciéndola debajo de la segunda lona para centrado.	17	1/1	0.17
	Cuarto ciclo automático			
15	Presiona el pedal para que bajen los rodillos al centro de la lona y rodillen la superficie de la lona de adentro hacia fuera hasta los extremos del tambor, los rodillos se retiran y se dirigen al centro, entrando los <i>stitchers</i> , asientan y doblan los extremos de la lona hacia dentro se retiran y se detiene la máquina.  Durante el ciclo automático deben realizarse las siguientes operaciones: colocar las pestañas en el porta pestañas interno. Tomar las almohadillas mojadas con <i>texine</i> acercarlas al tambor, humedecer los extremos derecho e izquierdo de la segunda lona en la parte interior y en la parte externa; dejar la almohadilla en su sitio.	50	1/1	0.50
	Quinto ciclo automático			
16	Entran los aros aplicadores de las pestañas, dejan las pestañas se retiran a su posición, entran los <i>stitchers</i> y asientan las pestañas, se retiran y el tambor se detiene.	22	1/1	0.22
17	Se acerca al lado izquierdo de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia fuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.	37	1/1	0.37

**Tabla II. (Continuación)**

	DESGLOSE DE LOS ELEMENTOS	Tiempo (cent./min)	Frecuencia	Tiempo (min)
18	Se acerca al lado derecho de la lona; con el pie va presionando el pedal para que el tambor gire y con las manos dobla hacia fuera sobre la pestaña el extremo de la lona; verifica visualmente que quede bien doblada.	38	1/1	0.38
	Sexto ciclo automático			
19	Presiona el pedal, los <i>stitchers</i> bajan y asientan los extremos de la segunda lona doblados sobre las pestañas; los <i>stitchers</i> se retiran y el tambor se detiene. Durante el ciclo automático deben realizarse las siguientes operaciones: tomar barra de cera, empastar superficie de la segunda lona y dejar cera en su sitio.	17	1/1	0.17
	Tercera lona			
20	Gira 180 grados y camina hacia el carro de lonas, saca con ambas manos la lona, gira 180 grados y camina hacia la máquina, la alista para introducirla en el tambor.	15	1/1	0.15
21	Toma con una mano el aplicador de lonas y lo acerca al tambor.	10	1/1	0.10
22	Con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos introduce parte de la tercera lona en el tambor.	16	1/1	0.16
23	Presiona el pedal para que gire el tambor y con el aplicador introduce con aire la segunda lona en el tambor; la centra y deja el aplicador en su sitio.	19	1/1	0.19
24	Toma la paleta introduciéndola debajo de la tercera lona para centrado.	17	1/1	0.17
	Séptimo ciclo automático			
25	Presiona el pedal, los rodillos bajan al centro de la lona y rodillan la superficie de la lona de adentro hacia fuera, hasta los extremos del tambor los rodillos se retiran y se dirigen al centro; entran los <i>stitchers</i> asientan y doblan los extremos de la lona hacia dentro; los <i>stitchers</i> se retiran, la bandeja con el rodamiento se acerca y el tambor se detiene.	60	1/1	0.60

**Tabla II. (Continuación)**

	DESGLOSE DE LOS ELEMENTOS	Tiempo (cent./min)	Frecuencia	Tiempo (min)
	<p>Durante el ciclo el operador debe hacer lo siguiente:                      alcanzar con las manos dos almohadillas del bote de <i>texine</i>, humedecer las almohadillas de <i>texine</i>, presiona el pedal y hacer girar el tambor en contra del operador, con velocidad para aplicar las almohadillas con ambas manos simultáneamente sobre la lona y las pestañas que están en los porta pestañas.</p> <p>Colocación de los <i>chafers</i></p>			
26	El operador gira 135 grados y toma los <i>chafers</i> que están colocados en la torreta, los corta y uno se lo coloca sobre el hombro y el otro lo lleva en una mano, gira 135 grados y camina hasta colocarse frente al tambor.	23	1/1	0.23
27	Coloca la punta del <i>chafer</i> sobre el costado del tambor, con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta; une los dos extremos del <i>chafer</i> , verifica visualmente que quede bien aplicado y con las manos asienta la parte baja del <i>chafer</i> hacia adentro.	20	1/1	0.20
28	Toma el <i>chafer</i> que tiene colocado sobre su hombro, coloca la punta del <i>chafer</i> sobre el costado del tambor, con el pie va presionando el pedal que hace girar el tambor y con las manos coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta. Une los dos extremos del <i>chafer</i> ; verifica visualmente que quede bien aplicado, y con las manos asienta la parte baja del <i>chafer</i> hacia dentro.	20	1/1	0.20
	Rodamiento			
29	Hala el extremo del rodamiento para pasarlo de la bandeja al tambor y pegarlo en la carcasa de la llanta.	11	1/1	0.11
30	Presiona el pedal con el pie y con las manos guía el rodamiento hasta que de la vuelta completa; verifica que quede bien aplicado	10	1/1	0.10

**Tabla II. (Continuación)**

6/7

	DESGLOSE DE ELEMENTOS	Tiempo (Cent/min)	Frec	Tiempo (Min)
31	Con la mano hace la unión de los dos extremos del rodamiento.	16	1/1	0.16
32	Gira 90 grados toma el rodillo planchador que está colocado en el <i>rack</i> de utensilios, vuelve a girar 90 grados presiona el pedal, para hacer girar el tambor en sentido contrario al operador. Con ambas manos el operador presiona rodillo sobre el rodamiento, quita el pie del pedal y para el tambor regresando el rodillo al <i>rack</i> de utensilios.	14	1/1	0.14
	Octavo ciclo automático			
33	Presiona el pedal, los rodillos bajan se asientan contra el centro del rodamiento y rodillan de adentro hacia fuera; bajan los <i>stitchers</i> , asientan las tiras de <i>chafer</i> de cada lado y las dobla bien hacia dentro sobre las pestañas, los <i>stitchers</i> se retiran y el tambor se	52	1/1	0.52
	Colocación de laterales			
34	El operador gira 135 grados y toma las puntas del lateral que están colocadas en la torreta, las corta, uno se lo coloca sobre el hombro y el otro lo lleva en una mano, gira 135 grados y camina hasta colocarse frente al tambor.	23	1/1	0.23
35	Coloca la punta del lateral sobre el costado derecho del tambor, con el pie va presionando el pedal que hace girar y con las manos coloca el lateral alrededor de la llanta, con tijera corta sobrante, une los dos extremos del lateral y verifica que éste quede bien aplicado.	22	1/1	0.22

**Tabla II. (Continuación)**

7/7

DESGLOSE DE ELEMENTOS	Tiempo (Cent/min)	Frec	Tiempo (Min)
Noveno ciclo automático			
37 Presiona el pedal, los rodillos entran y rodillan la superficie de la llanta de afuera hacia dentro, los rodillos se juntan en el centro y se retiran, los <i>stitchers</i> entran, asientan los laterales y se retiran. Tiempo interno El operador gira 90 grados toma la manguera y la acerca a un extremo de la llanta aplicando <i>texine</i> entre la llanta y el tambor.	31	1/1	0.31
Retiro de la llanta del tambor			
38 Presiona el pedal para que gire el tambor y con la manguera aplica <i>texine</i> entre la llanta y el tambor, gira 90 grados y coloca la manguera en su lugar.	10	1/1	0.10
39 Presiona el pedal para que el tambor colapse.	4	1/1	0.04
40 Saca la llanta del tambor y la baja hasta el suelo.	9	1/1	0.09
41 Mueve la llanta a un lado de la máquina, para que el ayudante la coloque en el <i>rack</i> de llantas.	8	1/1	0.08
TOTAL	<u>883</u>		<u>8.83</u>

### **2.1.3. Tiempo estándar**

El tiempo estándar es el tiempo requerido para que un operador tipo promedio, plenamente calificado y adiestrado, lleve a cabo una operación dada trabajando a un ritmo normal.

Los tiempos estándar son utilizados para la realización de los diagramas de flujo de operaciones, diagrama hombre-máquina, diagramas de proceso para grupo, también pueden ser utilizados por la administración para planificar, hacer programas de producción, para tomar políticas de pago, etc.

#### **2.1.3.1. Tiempo promedio**

El tiempo promedio (TP) comúnmente llamado tiempo elemental medio transcurrido, es la relación de la suma de los tiempos observados y el número de observaciones o expresado de forma algebraica:

$$TP = (\sum T_o) / N$$

donde:

TP= Tiempo promedio

To= Tiempo observado

N = Número de observaciones o ciclos

Cálculo de tiempo promedio (TP)

En la tabla II está el tiempo promedio por cada elemento de la operación y la sumatoria. De dicha tabla se extrae la siguiente información

$$TP = 9.05 \text{ minutos}$$

### **2.1.3.2. Factor de actuación del operario**

El factor de actuación o la calificación de la actuación es de mucha importancia en el procedimiento de medición del trabajo. Quizás el paso más sujeto a crítica, puesto que se basa totalmente en la experiencia, adiestramiento y buen juicio del analista. Existe una cosa común en la calificación de la actuación entre los analistas y es que ésta se debe hacer en el transcurso de la observación de los tiempos.

A medida que el operador avance de un elemento a otro, el analista evalúa cuidadosamente la velocidad, la destreza, el ritmo, el empeño y todos los demás factores que influyen en el rendimiento del trabajo.

Cálculo del factor de la actuación

El método utilizado es de calificación por velocidad, donde se le califica al operario directamente en la estación de trabajo y sólo a los elementos de esfuerzo ejecutados manualmente y todos los elementos controlados por máquina se califican con 100%.

Tomando en cuenta que existen muchas variaciones en las especificaciones del material y que hace falta consistencia en el operador se calculó la calificación del proceso en un 95% de manera global.

$$Fa = 95 \%$$

### 2.1.3.3. Aplicación de los márgenes de tolerancia

Debido a que no es posible que un operador desarrolle sus actividades a un ritmo constante e ininterrumpidamente en cada minuto de trabajo del día por livianas que éstas sean, hay tres clases de interrupciones o retrasos que se presentan ocasionalmente que hay que compensar con tiempo adicional, estas son.

- a. Personales: estas interrupciones comprenden las necesarias para la comodidad del trabajador, como ir a tomar agua, ir al servicio sanitario, etc.
- b. Por fatiga: como se sabe, afecta al trabajador más fuerte aun cuando efectúe el trabajo más ligero y como no existe una metodología exacta y confiable para medir cuantitativamente la fatiga los conocedores y estudiosos del tema reconocen que una de las mejores formas de determinar este tipo de retraso es a través del estudio del muestreo de trabajo y la experiencia del analista.
- c. Retrasos inevitables: este tipo de demoras comprende interrupciones del supervisor, ligeros tropiezos con las herramientas de trabajo, variación de los materiales, etc.

A continuación se muestra el cálculo de la tolerancia del operador por la experiencia y conocimiento de las operaciones.

**Tabla III. Cálculo del margen de tolerancia actual del operador**

	RETRASOS			
	Personales	Por fatiga	Inevitables	Total
Operador	5%	6%	5%	16%

#### 2.1.3.4. Cálculo del tiempo estándar actual

El tiempo estándar para una operación o una serie de elementos de una operación se puede expresar en forma matemática de la siguiente forma.

$$TS = TP * Fa (Tol + 1)$$

$$TS = 9.05 * 0.95 (0.16 + 1)$$

$$TS = 9.97 \text{ minutos}$$

TS= Tiempo estándar

TP= Tiempo promedio

Fa= Factor de actuación

Tol= Tiempo de margen de tolerancias

Cálculo del número de llantas por turno

Las llantas por turno entonces se calculan tomando en cuenta que hay 480 minutos disponibles de cada turno de trabajo menos 30 minutos de tiempo de comida lo cual da 450 minutos de tiempo efectivo de trabajo.

$$\text{Llantas por turno} = TE/TS$$

$$\text{Llantas por turno} = \frac{450}{9.97} = 45$$

donde

TE = tiempo efectivo de trabajo

TS = tiempo estándar

**Tabla IV. Cálculo del tiempo estándar actual**

<b>RESUMEN DE TIEMPOS</b>	<b>MINUTOS</b>
Tiempo neto de construcción	9.05
Retrasos inevitables 5%	0.45
Fatiga 6%	0.54
Tiempo personal 5%	0.45
Suma	10.50
Multiplicado por el factor de actuación 95% da el TS.	9.97
Total de llantas por turno	45

#### **2.1.4. Diagrama de proceso hombre-máquina**

Este diagrama se define como una representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, y que permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los hombres y el utilizado por las máquinas. Con base en este conocimiento se puede determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas con el fin de aprovecharlos al máximo, y encontrar el balance entre sus actividades.

**Figura 4. Diagrama del proceso hombre-máquina actual**

DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA ACTUAL			
Operación: <u>Ensamble de una llanta de camión</u>		Fecha: <u>septiembre de 2003</u>	
Máquina: <u>Universal tire machine 2</u>		Analista: <u>Brenda Herrera</u>	
Departamento: <u>construcción</u>			
ELEMENTOS	Operador	ELEMENTOS	Máquina
Introduce la pestaña en el aro interno.	0.27	Tiempo improductivo.	0.56
Introduce la primera lona en el tambor, acciona el pedal.	0.29		
Centra la lona	0.09	El tambor se expande y gira a la vez.	0.15
Tiempo improductivo.	0.06		
Acciona el pedal y aplica cemento en los laterales del tambor, marca sobre la lona y acciona el pedal.	0.39	El tambor gira en dirección contraria.	0.39
Tiempo improductivo.	0.21	Primer ciclo automático: dobla la lona hacia adentro.	0.21
Acciona el pedal, después lubrica las pestañas y aplica cemento a los extremos de las lonas.	0.16	Segundo ciclo automático: coloca las pestañas.	0.26
Tiempo improductivo.	0.1		
Coloca la pestaña externa y realiza la vuelta arriba en ambos lados de la lona y verifica que quede bien doblada.	0.75	Tiempo improductivo.	0.75
Presiona el pedal y empasta la superficie con una barra de cera luego introduce la segunda lona en el aplicador.	0.12	Tercer ciclo automático: asienta los extremos de la vuelta arriba.	0.17
Tiempo improductivo.	0.05		
Introduce la segunda lona al tambor con el aplicador.	0.6	Tiempo improductivo.	0.6

Figura 4. (Continuación)

ELEMENTOS	Operador	ELEMENTOS	Máquina
Presiona el pedal marca el centro y coloca la pestaña en el porta pestañas interno, humede los extremos de la lona con <i>texine</i> .	0.28		Cuarto ciclo automático: rodilla la lona y dobla extremos de la misma hacia adentro. 0.5
Tiempo improductivo.	0.22		
	0.22		Quinto ciclo automático: coloca las pestañas. 0.22
Realiza la vuelta arriba de la segunda lona en ambos lados de la llanta.	0.75		Tiempo improductivo. 0.75
Empasta la superficie de la segunda lona	0.08		Sexto ciclo automático: asientan los extremos de la vuelta arriba. 0.17
Tiempo improductivo.	0.09		
Introduce la tercera lona al tambor la coloca y la centra.	0.77		Tiempo improductivo. 0.77
Aplica <i>texine</i> a la lona y a las pestañas.	0.15		Séptimo ciclo automático: rodilla la lona y dobla los extremos de la misma hacia adentro 0.6
Tiempo improductivo.	0.5		
Corta los <i>chafers</i> y los coloca en ambos lados	0.63		
Coloca el rodamiento y lo presiona con un rodillo.	0.51		Tiempo improductivo. 1.14
Tiempo improductivo.	0.52		
	0.52		Octavo ciclo automático: rodilla de adentro hacia afuera el rodamiento 0.52
Corta laterales y los coloca en ambos lados.	0.67		Tiempo improductivo. 0.67
Aplica <i>texine</i> entre la llanta y el tambor	0.12		Noveno ciclo automático: rodilla la superficie de la lona de afuera hacia adentro y asientan los laterales. 0.31
Tiempo improductivo.	0.2		
Presiona el pedal para que gire el tambor y la llanta se despegue.	0.1		Tiempo improductivo. 0.1

**Figura 4. (Continuación)**

3/3

ELEMENTOS		Operador	ELEMENTOS		Máquina
Tiempo improductivo.		0	El tambor colapsa.		0
Retira la llanta del tambor y la coloca a un lado de la máquina.		0.17	Tiempo improductivo.		0.17
Total en minutos		9.05	Total en minutos		9.05

RESUMEN					
Descripción	Tiempo productivo		Tiempo improductivo		Total
	min	%	min	%	
Operador	6.09	67.29%	2.96	32.71%	9.05
Máquina	3.54	39.12%	5.51	60.88%	9.05



Tiempo productivo



Tiempo improductivo

### 2.1.5. Diagrama bimanual

Este diagrama muestra todos los movimientos realizados por la mano izquierda y por la mano derecha, indicando la relación entre ellas.

El diagrama bimanual sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas y en ese caso se registra un solo ciclo completo de trabajo. Para representar las actividades que se realizan se utilizan los siguiente símbolos.

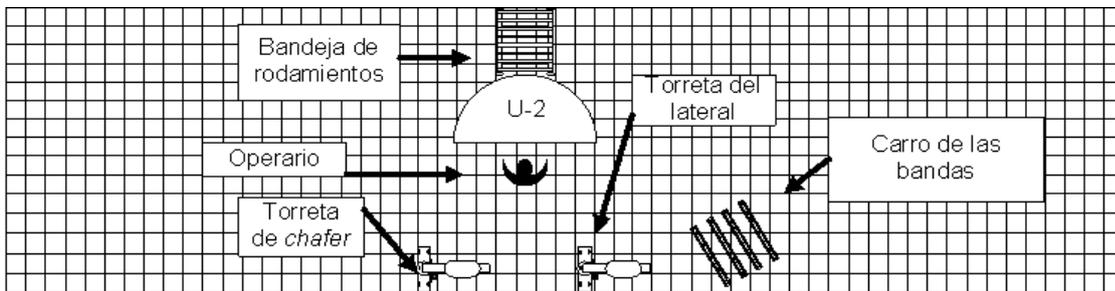
**Tabla V. Símbolos del diagrama bimanual**

<b>Actividad</b>	<b>Definición</b>	<b>Símbolo</b>
<b>Operación</b>	Se emplea para los actos de asir, sujetar, utilizar, soltar, etc., una herramienta-pieza o material.	
<b>Transporte</b>	Se emplea para representar el movimiento de la mano hasta el trabajo, herramienta o material o desde uno de ellos.	
<b>Espera</b>	Se emplea para indicar el tiempo en que la mano no trabaja (aunque quisa trabaje la otra).	
<b>Sostener</b>	Se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando.	

Figura 5. Diagrama bimanual actual

DIAGRAMA BIMANUAL

Operación: ensamble de una llanta de camión      Método: actual  
 Maquina: U2      Fecha: septiembre de 2003  
 Dibujado por: Brenda Herrera



	MANO IZQUIERDA				MANO DERECHA			
	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Operación	Transporte	Sostiene	Demora
Toma dos pestañas	●	→	△	D	○	→	▲	D
Hasta porta pestañas	○	→	△	D	○	→	△	●
Introduce las pestañas en el aro porta pestañas izquierdo	●	→	△	D	●	→	△	D
Sostiene la pestaña	○	→	▲	D	●	→	△	D
Espera	○	→	△	●	○	→	△	D
Introduce la pestaña en el aro porta pestañas derecho	●	→	△	D	●	→	△	D
Toma la primera lona	●	→	△	D	●	→	△	D
La introduce en el tambor	●	→	△	D	●	→	△	D
Espera	○	→	△	●	●	→	△	D
Espera	○	→	△	●	●	→	△	D
Espera	○	→	△	●	●	→	△	D

Separa ligeramente las pestañas.
Espera
Introduce las pestañas en el aro porta pestañas izquierdo.
Toma otra pestaña
Hasta portapestañas
Introduce pestaña en el aro porta pestañas derecho
Toma la primera lona
La introduce en el tambor
Toma la paleta
Centra la lona en el tambor
Toma la almohadilla 1

Figura 5. (Continuación)

MANO IZQUIERDA									MANO DERECHA	
	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Operación	Transporte	Sostiene	Demora		
Espera	○	⇨	△	■	●	⇨	△	D	Aplica texine al porta pestañas izquierdo	
Espera	○	⇨	△	■	●	⇨	△	D	Toma la almohadilla 2	
Espera	○	⇨	△	■	●	⇨	△	D	Aplica texine al portapestañas derecho	
Toma la brocha 1	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la brocha 2	
Aplica el cemento al lateral izquierdo del tambor	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Aplica el cemento al lateral derecho	
Toma la almohadilla 1	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la almohadilla 2	
Aplica texine al extremo derecho de la lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Aplica texine al extremo izquierdo de la lona	
Dobla el extremo izquierdo de la lona hacia fuera	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Dobla el extremo izquierdo de la lona hacia fuera	
Dobla el extremo derecho de la lona hacia fuera	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Dobla el extremo derecho de la lona hacia fuera	
Toma la barra de cera	●	⇨	△	D	○	⇨	△	■	Espera	
Empasta la superficie derecha de la primera lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Empasta la superficie derecha de la primera lona	
Toma la segunda lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la segunda lona	
Hasta aplicador de lonas	○	■	⇨	△	D	○	■	⇨	△	Hasta aplicador de lonas
Introduce la parte de la segunda lona en el tambor	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Introduce la parte de la segunda lona en el tambor	
Espera	○	⇨	△	■	○	⇨	▲	D	Sostiene el aplicador para que introduzca la lona	

Figura 5. (Continuación)

MANO IZQUIERDA									MANO DERECHA
	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	
Espera	○	⇨	△	●	●	⇨	△	□	Deja el aplicador en su sitio
Coloca una pestaña en el portapestañas externo	●	⇨	△	□	●	⇨	△	□	Coloca una pestaña en el portapestañas externo
Toma la almohadilla 1	●	⇨	△	□	●	⇨	△	□	Toma la almohadilla 2
Aplica texine del centro hacia fuera de la 2da. lona	●	⇨	△	□	●	⇨	△	□	Aplica texine del centro hacia fuera de la 2da. lona
Dobla el extremo izquierdo de la 2da. lona hacia fuera	●	⇨	△	□	●	⇨	△	□	Dobla el extremo izquierdo de la 2da. lona hacia fuera
Dobla el extremo derecho de la 2da, lona hacia fuera	●	⇨	△	□	●	⇨	△	□	Dobla el extremo derecho de la 2da, lona hacia fuera
Toma la barra de cera	●	⇨	△	□	○	⇨	△	●	Espera
Empasta la superficie de la 2da. lona.	●	⇨	△	□	●	⇨	△	□	Empasta la superficie de la 2da. lona.
Toma la tercera lona	●	⇨	△	□	○	⇨	△	●	Espera
Hasta aplicador de lonas	○	⇨	△	□	○	⇨	△	□	Hasta aplicador de lonas
Introduce la parte de la 3ra. lona en el tambor	●	⇨	△	□	●	⇨	△	□	Introduce la parte de la 3ra. lona en el tambor
Espera	○	⇨	△	●	○	⇨	△	▲	Sostiene el aplicador para que introduzca la 3ra. lona
Espera	○	⇨	△	●	●	⇨	△	□	Deja el aplicador en su sitio
Espera	○	⇨	△	●	●	⇨	△	□	Toma la paleta
Espera	○	⇨	△	●	●	⇨	△	□	Centra la lona en el tambor

Figura 5. (Continuación)

MANO IZQUIERDA									MANO DERECHA
	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	
Toma la almohadilla 1	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la almohadilla 2
Aplica texine del centro hacia fuera de la 3ra. lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Aplica texine del centro hacia fuera de la 3ra. lona
Espera	○	⇨	△	■	●	⇨	△	D	Toma las tijeras
Espera	○	⇨	△	■	○	⇨	△	D	Hasta rollos de <i>chafer</i>
Sostiene 2 tiras de <i>chafer</i>	○	⇨	▲	D	●	⇨	△	D	Corta 2 tiras de <i>chafer</i> y deja tijera en su lugar
Toma una tira y se la coloca en el hombro derecho.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	La otra tira la lleva en la mano hacia el costado derecho del tambor
Coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta lado derecho.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta lado derecho.
Une los dos extremos del <i>chafer</i>	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Une los dos extremos del <i>chafer</i>
Toma el <i>chafer</i> del hombro derecho	●	⇨	△	D	○	⇨	△	■	Espera
Coloca el <i>chafer</i> en el costado izquierdo del tambor	●	⇨	△	D	○	⇨	△	■	Espera
Coloca el <i>chafer</i> alrededor del llanta lado izquierdo	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta izquierdo
Une los dos extremos del <i>chafer</i>	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Une los dos extremos del <i>chafer</i>
Hala el extremo de rodamiento hacia tambor	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Hala el extremo del rodamiento hacia el tambor
Pega el extremo de rodamiento al tambor	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Pega el extremo de rodamiento al tambor
Guía el rodamiento hasta que de la vuelta completa	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Guía el rodamiento hasta que de la vuelta completa.

Figura 5. (Continuación)

MANO IZQUIERDA	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	MANO DERECHA
Hace la unión de los extremos del rodamiento	●	→	△	D	●	→	△	D	Hace la unión de los extremos del rodamiento
Espera	○	→	△	●	●	→	△	D	Toma el rodillo del planchador
Espera	○	→	△	●	●	→	△	D	Hacia el tambor
Presiona el rodillo sobre el rodamiento	●	→	△	D	●	→	△	D	Presiona el rodillo sobre el rodamiento
Regresa el rodillo a su lugar	●	→	△	D	○	→	△	●	Espera
Toma la punta de lateral 1	●	→	△	D	●	→	△	D	Toma la punta del lateral 2
Se coloca un lateral en el hombro derecho	●	→	△	D	●	→	△	D	Toma en el otro lateral.
Espera	○	→	△	●	●	→	△	D	Lleva lateral en el costado derecho del tambor
Coloca el lateral alrededor de la llanta	●	→	△	D	●	→	△	D	Coloca el lateral alrededor de la llanta
Une los dos extremos del lateral	●	→	△	D	●	→	△	D	Une los dos extremos del lateral
Toma el lateral del hombro	●	→	△	D	○	→	△	●	Espera
LLeva el lateral al costado izquierdo de la llanta	●	→	△	D	○	→	△	●	Espera
Coloca el lateral alrededor de la llanta	●	→	△	D	●	→	△	D	Coloca el lateral alrededor de la llanta
Une los dos extremos del lateral	●	→	△	D	●	→	△	D	Une los dos extremos del lateral
Espera	○	→	△	●	●	→	△	D	Toma la manguera y la acerca al tambor



## 2.2. Maquinaria utilizada

El equipo que se utiliza para el ensamble de llantas como ya se mencionó es una máquina constructora U2 (*Universal Tire Machine 2*) diseño GIC-*Luxmold* con las siguientes características

- Pantalla y teclado digital
- Codificadores diferenciales para posicionamiento
- Posicionamiento axial y radial de *stitchers*
- Controles automáticos
- Aplicador de lonas
- Zapatas para doblado de lona
- Aplicador de rodamiento
- Planchadores

Pantalla y teclado digital: esta máquina tiene un teclado digital en donde el operador ingresa las especificaciones de las diferentes medidas de llantas que se construyan y en la pantalla aparece toda la información que se requiere.

Codificadores diferenciales: son dispositivos electrónicos que generan pulso y son leídos por una tarjeta electrónica.

Posicionamiento axial y radial de *stitchers*: es una información que lee la codificación y la traduce a una posición en centímetros del centro e indica en donde se ubican los *stitchers* respecto de esta posición.

Los *stitchers* radiales sirven para planchar la lona sobre el tambor y los axiales sirven para planchar la lona en los extremos o perfil del tambor.

Controles automáticos: es un *SLC (Serial Logic Control)* que tiene todo el *software* de la máquina.

Aplicador de lona: sirve para introducir la lona al tambor con rotación y aire.

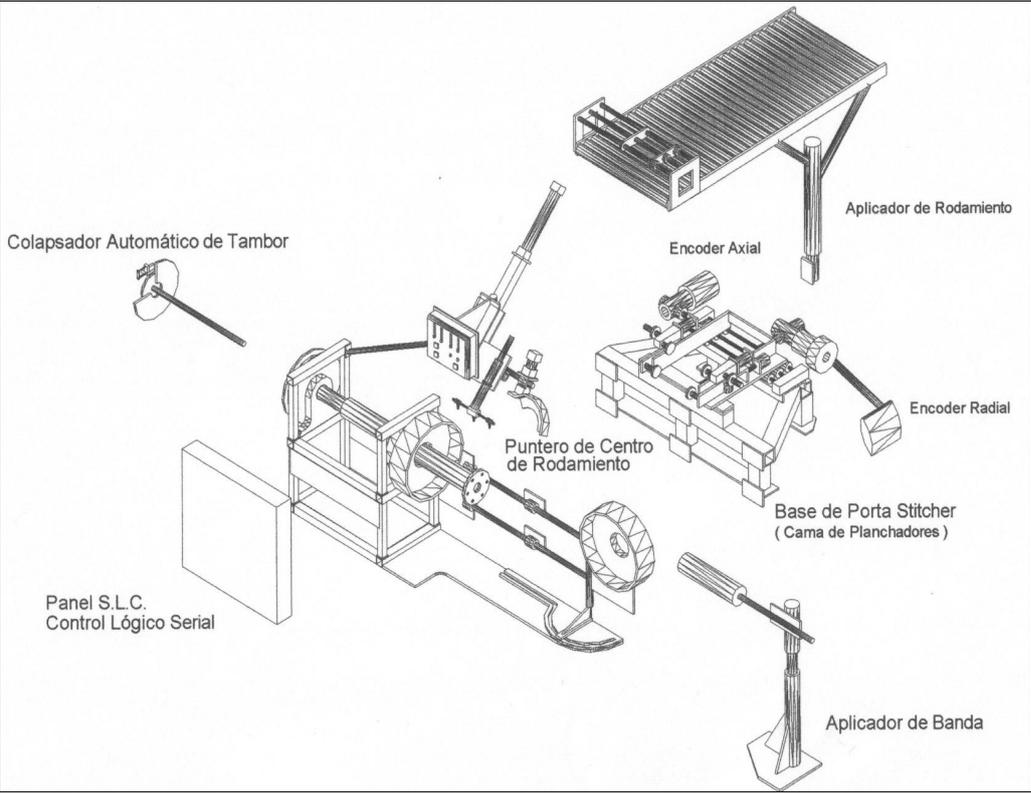
Zapatas para doblado de lona: son dos piezas de aluminio que tienen un perfil que coincide con la circunferencia del tambor y doblan la lona hacia adentro del mismo.

Aplicador de rodamiento: su función es centrar y acercar el rodamiento para que el operador lo coloque sobre la carcasa.

### **2.2.1. Condiciones del equipo de trabajo**

De acuerdo a la revisión hecha por el departamento de mantenimiento e ingeniería se concluyó que la maquinaria se encuentra en condiciones aceptables para trabajar pero se detectaron una serie de mejoras que pueden ayudar a incrementar su rendimiento, disminuyendo los tiempos muertos en los ciclos automáticos y aumentando las velocidades de manera que se aproveche al máximo todo las características de la maquinaria.

Figura 6. Máquina U-2



Fuente: <http://www.mastermedia.com.pe>

### **3. MÉTODO DE PRODUCCIÓN MEJORADO**

#### **3.1 Procedimiento básico**

El procedimiento que se utilizó para poder aplicar el nuevo método consistió en primer lugar en buscar el respaldo activo de la dirección y del sindicato y además se realizaron las siguientes actividades.

Se involucró a los operadores para venderles la idea del proyecto con el fin de obtener sus ideas y sugerencias y lograr de esta forma que consideren el desarrollo de la mejora del método como una obra suya y tenga una amplia participación.

Se preparó un informe en el que se mostraba una comparación entre el método actual y el mejorado destacando que se obtendrían beneficios tal como reducción del costo de la llanta, incremento de las libras por hora-hombre producidas, incremento de producción de llantas, etc.

De igual forma se mencionó el aumento de la calidad de las llantas que se obtendrá con las mejoras a los materiales y de esta forma hacer notar el respaldo que se tendrá de la dirección para invertir en el proyecto.

Finalmente, se entregó una guía para indicar los procedimientos a seguir en el perfeccionamiento del método como ayuda para el análisis y para el estudio de tiempos y movimientos, de manera que se tengan bases para exigir que se cumpla el método establecido.

### 3.1.1 Estandarización de la maquinaria

El esfuerzo de analizar la maquinaria dará como resultado encontrar un mejor método de trabajo y una forma más eficiente de graduar el equipo, estandarizar la programación de las máquinas y en general se obtendrá la optimización de la operación. Una operación se puede medir con precisión solamente cuando se tienen características o condiciones definidas. De otra manera, el estudio no podrá medir el verdadero contenido del trabajo, que es la base necesaria para un estándar.

La graduación de la máquina es la parte importante de la estandarización. En este caso como se utilizan varias máquinas del mismo tipo en la operación de ensamble, deben hacerse todos los esfuerzos posibles para que los ciclos automáticos, la graduación del *limit-switch* y la disposición o colocación de los materiales, sean iguales. Al no hacer esto o no especificar por escrito las operaciones sencillas de la máquina, da como resultado que los estándares desarrollados no puedan usarse como referencia o comparación, ni tampoco para identificar los cambios en la graduación o ajuste del equipo.

Para la estandarización de las máquinas constructoras de llantas de camión, se requiere que se involucren el departamento de calidad y tecnología, para que los cambios no afecten las especificaciones de los materiales; el departamento de ingeniería debe estar involucrado en el ajuste o graduación de las máquinas, el departamento de producción debe coordinar la distribución de las máquinas, la entrega de los materiales y el método utilizado por los operarios.

Es necesario que el departamento de relaciones laborales esté enterado para que comunique al sindicato y al departamento de entrenamiento para que evalúe la necesidad de un programa de capacitación posterior y lo más importante es involucrar tanto a los operadores como a los ayudantes para que puedan proporcionar toda la ayuda que se requiera.

### **3.1.2 Selección del operario**

Para la selección del operario es muy valiosa la opinión del supervisor ya que él debe saber cuál de sus operarios es el más consistente y con suficiente experiencia en el trabajo. Una vez que el jefe del departamento de producción o el supervisor haya sugerido a determinado operario, debe informarle a los trabajadores lo que se va a hacer y asegurarse de la cooperación del operario en seguir las instrucciones que se le den para ejecutar la operación.

El analista debe discutir la operación con los trabajadores y explicar porqué debe hacerse de esa manera. Debe animarse a los trabajadores para que sugieran mejores métodos de ejecutar la operación, maneras de eliminar los defectos, de reducir el *scrap* de llantas etc. Debe permitirse a los operarios que hagan preguntas acerca de la toma de tiempo de las operaciones modificadas para el establecimiento de nuevos estándares en general y particularmente de su trabajo. Debe quedar bien claro que no hay ningún misterio en el procedimiento para fijar los estándares. Finalmente el analista debe explicarles que un estándar justo se puede obtener con más facilidad, cuando el operario trabaja a un ritmo consistente y promedio con movimientos suaves, que cuando trabaja a un ritmo alto o muy bajo.

### **3.1.3 Equipo utilizado para el estudio de tiempos**

#### Tablas para el estudio de tiempos

Las tablas para el estudio de tiempos pueden ser especialmente diseñadas con soportes para los relojes o simplemente con un clip para sostener la hoja de observación, sosteniendo el reloj en la mano.

#### Cronómetros

Los aparatos empleados para la medida del tiempo son los cronómetros, estos están movidos regularmente por un mecanismo de relojería que puede ponerse en marcha o pararse a voluntad del operador.

#### Tipos de cronómetros

- De vuelta a cero
- Con aguja recuperadora
- Digitales

En este proyecto se utilizará un cronómetro digital que proporciona directamente el tiempo de duración de cada elemento, tiene capacidad para almacenar 10 memorias, tiene pantalla dividida que permite ver además de los tiempos individuales los acumulados, proporcionando más exactitud en el estudio ya que no se pierde tiempo entre una y otra toma, no requiere de mucho trabajo de gabinete y da la oportunidad de revisar las lecturas anteriores.

## Las hojas de observaciones

Son aquellas en donde se anotarán datos como el nombre del producto, nombre del proceso, número de estilos, etc. En el cuerpo medio de la hoja aparecen columnas donde se registran las lecturas directas del reloj, pueden ser en blanco sin rayas, cuadrículadas o un formato elaborado. Lo importante, es suministrar toda la información necesaria para documentar el estudio de tal manera que sirva de referencia en el futuro. Datos como la operación que se está ejecutando, el equipo utilizado (incluyendo guías, accesorios, herramientas), las condiciones de trabajo, el nombre del observador, deben ser anotados. Deben también anotarse las condiciones especiales, tales como la distribución de maquinaria, la colocación de los materiales y cualquier otra operación que pueda ayudar en el análisis o en la comparación con otras operaciones. Entre más información se registra, más valioso será el estudio para los datos estándar y el mejoramiento de métodos.

### **3.1.4 Número de ciclos a estudiar**

El tiempo y el número de ciclos que deban ser estudiados depende de la naturaleza de la operación individual y de cierto número de condiciones como:

a. La importancia de la operación

Si la operación es de poco volumen o es de corta duración, la precisión del estándar no es muy importante y económicamente no es aconsejable gastar mucho tiempo en estandarizar tales operaciones.

Si la operación es de gran volumen o va a estar en producción por mucho tiempo deben hacerse suficientes estudios para asegurarse de la precisión de los estándares que se establezcan.

b. El grado al cual la operación está estandarizada

Si se trata de una nueva operación y los métodos no han sido completamente desarrollados, o no hay estándares establecidos para operaciones similares, puede ser necesario estudiar tantos ciclos y a tantos operarios como sea posible, para asegurarse de que el método de la operación es correcto y de que el estándar que se establezca sea el apropiado.

Si la operación es similar a otras que ya han sido desarrolladas y tienen estándares establecidos, entonces no se necesitan demasiadas tomas para establecer las diferencias que puedan existir.

c. Lo complicado de la operación

Si la operación es complicada por el número de operarios, pueden ser necesarios muchos estudios para determinar que operación es la que controla la velocidad y el tiempo aceptable de las inconstancias.

Existen métodos estadísticos para calcular las observaciones, el especialista en estudio de trabajo debe tomar la decisión. En este caso para determinar el número de ciclos a estudiar se tomó como referencia la tabla VI, la cual da el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo de trabajo.

**Tabla VI. Guía para determinar el número de ciclos a observar**

Tiempo de ciclo en minutos	Número de ciclo recomendado
0.10 .....	200
0.25 .....	100
0.50 .....	60
0.15 .....	40
1.00 .....	30
2.00 .....	20
2.00 - 5.00 .....	15
5.00 - 10.00 .....	10
10.00 - 20.00 .....	8
20.00 - 40.00 .....	5
40.00 - en adelante .....	3

Fuente: Benjamín W. Niebel, Ingeniería industrial, p. 385

Tomando en cuenta que el tiempo total del ciclo de construcción de llantas de camión es de 5.5 minutos, el número de ciclos recomendados de acuerdo a la guía anterior es de 10, para tener un mayor grado de certeza en este proyecto se estudiaron 15 ciclos.

### **3.2 Descripción del método de producción propuesto**

La mejora que se propone en el método para incrementar la productividad de llantas de camión está basado en el análisis visual y en una comparación con otras plantas más productivas en esta línea. Dicho método consiste en una serie de modificaciones en cuanto a maquinaria, materiales y al proceso de trabajo para lograr con esto no sólo un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles sino también del tiempo y movimientos del operador. Los cambios que se proponen son los siguientes.

- Adaptar un variador de velocidad para ya no tener una sola velocidad sino tener tres tipos de velocidades de manera que en un ciclo determinado se pueda aumentar la velocidad que le toma a los *stitchers* y a los rodillos moverse desde su posición original hasta la posición de inicio de la operación.
- La operación en sí que realizan los *stitchers* y los rodillos se debe realizar con la misma velocidad que está establecida en las especificaciones de la llanta; pero al terminar este paso se puede aumentar la velocidad de salida de ambos para poder reducir el tiempo muerto en el que el operador está esperando que un ciclo termine por completo para poder iniciar la siguiente operación.
- Programar el tambor para que al introducir la primera lona éste se expanda y posteriormente empiece a girar de manera que sea fácil el centrado de la misma y se elimine el tiempo improductivo en el que el operador realiza los ajustes para centrar la lona.
- Programar y realizar los ajustes necesarios al porta pestañas de manera que cuando entre a colocar las pestañas sea con rotación y a la misma velocidad del tambor para que no se interrumpa el ciclo al realizar esta operación.
- Mejorar la forma del cementado del rodamiento a través de recortar la esponja que aplica el cemento de manera que tenga el diseño y la forma del rodamiento para que éste sea aplicado de manera uniforme y sea fácil la unión del mismo al colocarlo alrededor de la carcasa.

- Cambiar la fórmula del compuesto utilizado en la fabricación de las lonas para que aumente la adhesión y flexibilidad de las misma y de esta forma sea más fácil manejarlas durante el ensamble.
- Cambiar la fórmula de la barra de cera que el operador utiliza para frotarla sobre la lona en donde se deslizará la siguiente de manera que su consistencia sea más blanda y permita su fácil aplicación.
- Ordenar las actividades que realiza el operador de manera que pueda aprovechar mejor el tiempo disponible que le queda durante los ciclos automáticos, para ello se le deben proporcionar las condiciones óptimas de los materiales y maquinaria y así obtener un aumento en su eficiencia.

### 3.2.1 Cálculo del tiempo estándar mejorado

El tiempo estándar permitido para el método propuesto que se presenta a continuación se calcula de la misma manera que para el método actual.

#### Cálculo del tiempo promedio (TP)

En la tabla XXI están los tiempos observados en cada elemento de la operación y el cálculo del tiempo promedio para cada uno. De dicha tabla se extraen los datos siguientes

$$TP = (\sum T_o) / N$$

$$TP = 545.50 \text{ centésimas de minuto}$$

Convirtiendo a minutos se divide entre 100 (por ser centésimas), y se obtiene

$$TP = 5.5 \text{ minutos}$$

#### Cálculo del factor de la actuación

El método utilizado en el estudio del trabajo mejorado es de calificación por velocidad, y debido a que el tiempo de cada uno de los elementos es corto, se fijó un factor de valoración global para todo el estudio.

Con las mejoras que se realizaron a las especificaciones de los materiales y la participación que se obtuvo de los trabajadores en el proyecto se calculó la calificación del proceso en un 105%.

$$Fa = 105 \%$$

Cálculo de la tolerancia del operador

Para determinar la tolerancia de los trabajadores de las máquinas U-2 se evalúa de la siguiente manera:

**Tabla VIII. Cálculo del margen de tolerancia mejorado del operador**

	<b>RETRASOS</b>			
	Personales	Por fatiga	Inevitables	Total
<b>Operador</b>	5%	4%	5%	14%

Con la información anterior se puede calcular el nuevo tiempo estándar de producción.

$$TS = TP * Fa (Tol + 1)$$

$$TS = 5.5 * 1.05 (0.14 + 1)$$

$$TS = 6.58 \text{ minutos}$$

### Cálculo del número de llantas por turno

Las llantas por turno entonces se calculan tomando en cuenta que hay 480 minutos disponibles de cada turno de trabajo menos 30 minutos de tiempo de comida lo cual nos da 450 minutos de tiempo efectivo de trabajo.

$$\text{Llantas por turno} = \text{TE/TS}$$

$$\text{Llantas por turno} = \frac{450}{6.58} = 68$$

donde

TE = tiempo efectivo de trabajo

TS = tiempo estándar

**Tabla IX. Cálculo del tiempo estándar mejorado**

<b>RESUMEN DE TIEMPOS</b>	<b>MINUTOS</b>
Tiempo neto de construcción	5.50
Retrasos inevitables 5%	0.28
Fatiga 4%	0.22
Tiempo personal 5%	0.28
Suma	6.27
Multiplicado por el factor de actuación 105% da el TS.	6.58
Total de llantas por turno	68

Figura 7. Diagrama del proceso hombre-máquina mejorado

DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA MEJORADO			
Operación: <u>Ensamble de una llanta de camión</u>		Fecha: <u>septiembre de 2003</u>	
Máquina: <u>Universal tire machine 2</u>		Analista: <u>Brenda Herrera</u>	
Departamento: <u>construcción</u>			
ELEMENTOS	Operador	ELEMENTOS	Máquina
Introduce cuatro pestañas en el aro interno.	0.14	Tiempo improductivo.	0.39
Introduce la primera lona en el tambor y acciona el pedal	0.25		
Tiempo improductivo.	0.09	El tambor se expande y comienza a girar.	0.09
Acciona el pedal y aplica cemento en los laterales del tambor y acciona nuevamente el pedal.	0.29	El tambor gira en dirección contraria	0.29
Lubrica las pestañas y aplica el cemento a los extremos de la lona y coloca las pestañas en el porta pestañas externo.	0.2	Primer ciclo automático: dobla la lona hacia adentro y coloca las pestañas	0.25
Tiempo improductivo.	0.05		
Realiza la vuelta arriba en ambos lados de la lona y verifica que quede bien doblada.	0.36	Tiempo improductivo.	0.36
Toma cera y empasta la superficie, introduce la lona en el aplicador y lo acerca al tambor.	0.17	Segundo ciclo automático: asienta los extremos de la vuelta arriba.	0.17
Introduce la segunda lona en el tambor y centra la lona.	0.26	Tiempo improductivo.	0.26
Toma la almohadilla con <i>texine</i> y humedece los extremos de la lona. Coloca la pestaña en el porta pestañas interno y corta el lateral.	0.45	Tercer ciclo automático: rodilla la lona, dobla extremos de la misma hacia adentro y coloca las pestañas.	0.51
Tiempo improductivo.	0.06		
Realiza la vuelta arriba de la lona y verifica que quede bien doblada.	0.35	Tiempo improductivo.	0.35
Empasta la superficie de la segunda lona e introduce la tercera lona en el aplicador y lo acerca al tambor.	0.17	Cuarto ciclo automático: asienta los extremos de la vuelta arriba	0.17

Figura 7. (Continuación)

ELEMENTOS		Operador	ELEMENTOS		Máquina
Introduce la tercera lona en el tambor		0.34		Tiempo improductivo.	0.34
Aplica <i>texine</i> sobre la lona y las pestañas y corta el <i>chafer</i> .		0.31		Quinto ciclo automático: rodilla la lona y dobla los extremos de la misma hacia adentro	0.45
Tiempo improductivo.		0.14			
Coloca el <i>chafer</i> en ambos lados.		0.47		Tiempo improductivo.	0.67
Coloca el rodamiento		0.20			
Coloca la lona de la siguiente llanta en el aplicador y aplica <i>texine</i> a los extremos de la lona.		0.35		Sexto ciclo automático: rodilla de adentro hacia afuera el rodamiento.	0.40
Tiempo improductivo.		0.1			
Coloca los laterales en ambos lados.		0.47		Tiempo improductivo.	0.47
Aplica <i>texine</i> entre la llanta y el tambor.		0.12		Séptimo ciclo automático: rodilla la superficie de la lona de afuera hacia adentro, asientan los laterales y colapsa el tambor.	0.23
Tiempo improductivo.		0.11			
Retira la llanta del tambor y la coloca a un lado de la máquina.		0.10		Tiempo improductivo.	0.10
Total en minutos		5.50			5.50

RESUMEN					
Descripción	Tiempo productivo		Tiempo improductivo		Total
	min	%	min	%	
Operador	5.00	90.91%	0.50	9.09%	5.5
Máquina	2.56	46.55%	2.94	53.45%	5.5



Tiempo productivo



Tiempo improductivo

Para poder comprender fácilmente las mejoras realizadas al método, se hacen algunas comparaciones con el método actual en donde se pueden apreciar los beneficios obtenidos en el proceso de ensamble de llantas de camión como lo son la reducción del ciclo total para construir una llanta, el incremento en la productividad, el mejor aprovechamiento del equipo de trabajo, etc.

**Tabla X. Comparación de resultados del diagrama hombre-máquina actual y mejorado**

<b>Resultados del diagrama hombre-máquina actual</b>					
Descripción	Tiempo productivo		Tiempo improductivo		Total
	min	%	min	%	
Operador	6.09	67.29%	2.96	32.71%	9.05
Máquina	3.54	39.12%	5.51	60.88%	9.05

<b>Resultado del diagrama hombre-máquina mejorado</b>					
Descripción	Tiempo productivo		Tiempo improductivo		Total
	min	%	min	%	
Operador	5.00	90.91%	0.50	9.09%	5.5
Máquina	2.56	46.55%	2.94	53.45%	5.5

### **3.2.2 Tiempos de las operaciones modificadas**

A continuación se presentan las mejoras que se obtuvieron en los ciclos automáticos al incrementar la capacidad de la máquina.

**Tabla XI . Comparación de los ciclos automáticos**

num. de ciclos automáticos actuales	Descripción	Tiempo actual en minutos		num. de ciclos automáticos mejorados	Descripción	Tiempo mejorado en minutos	
1	Dobla la banda hacia dentro	0.21	} → 0.47	1	Dobla la banda hacia dentro y coloca las pestañas	0.25	↓
2	Coloca las pestañas	0.26		2	Asienta los extremos de la vuelta arriba	0.17	=
3	Asienta los extremos de la vuelta arriba	0.17	} ↗ 0.72	3	Dobla la 2da. banda hacia dentro y coloca las pestañas	0.51	↓
4	Dobla la 2da. banda hacia dentro	0.50		4	Asienta los extremos de la vuelta arriba	0.17	=
5	Coloca las pestañas	0.22	5	Dobla los extremos de la 3ra. banda hacia dentro	0.45	↓	
6	Asienta los extremos de la vuelta arriba	0.17	6	Rodilla de adentro hacia fuera el rodamiento	0.40	↓	
7	Dobla los extremos de la 3ra. banda hacia dentro	0.60	7	Asienta los laterales	0.23	↓	
8	Rodilla de adentro hacia fuera el rodamiento	0.52					
9	Asienta laterales	0.35					
	SUMA	3.00			SUMA	2.18	

 El tiempo disminuye  
 El tiempo permanece igual

Los demás elementos del proceso también tuvieron una reducción en sus tiempos en algunos casos por la mejora que se realizó a los componentes para que se le facilitara el manejo de los mismos al operador, en otros debido a que se logró unir dos ciclos automáticos esto permitió que se pudieran organizar mejor los movimientos del operador y adelantar con otras operaciones durante un mismo ciclo.

**Tabla XII. Comparación de tiempos del ciclo actual con el mejorado**

METODO ACTUAL		METODO MEJORADO	
Total de elementos	Tiempo total del ensamble de la llanta	Total de elementos	Tiempo total del ensamble de la llanta.
41	9.05	29	5.5

Con este resultado se obtiene una economía de 3.55 minutos por cada llanta que se realiza, por lo que a pesar de que a simple vista no es tan significativo, en los resultados finales esto tiene mucho impacto, ya que se incrementó de 45 llantas que se realizaban a 68 llantas, lo cual es equivalente a una mejora del 51%.

### **3.2.3 Diagrama bimanual**

La realización del diagrama bimanual ha permitido llegar a conocer a fondo todas las partes del proceso y gracias a éste se ha podido estudiar cada elemento de por sí y en relación con los demás.

El método mejorado que se presenta logra mejorías considerables que se mencionan a continuación.

- Se realizan menos movimientos que en el método actual.
- Existe un balance entre las operaciones que realiza el operador tanto de la mano derecha como de la mano izquierda.
- Debido a que se ordenaron de una mejor forma cada uno de los movimientos, se eliminaron al máximo las demoras en que incurría el operador.



Figura 8. (Continuación)

MANO IZQUIERDA					MANO DERECHA				
	Operación	Transporte	Sostiene	Demora					
Dobla el extremo derecho de la lona hacia fuera	●	⇨	△	D	Dobla el extremo derecho de la lona hacia fuera				
Toma la barra de cera	●	⇨	△	D	○	⇨	△	●	Espera
Empasta la superficie derecha de la primera lona.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Empasta la superficie derecha de la primera lona.
Toma la segunda lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la segunda lona
Hasta aplicador de lonas.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Hasta aplicador de lonas.
Introduce la parte de la segunda lona en el tambor.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Introduce la parte de la segunda lona en el tambor.
Espera	○	⇨	△	●	○	⇨	▲	D	Sostiene el aplicador para que introduzca la lona.
Toma la almohadilla 1	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la almohadilla 2
Aplica texine del centro hacia fuera de la 2da. lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Aplica texine del centro hacia fuera de la 2da. lona
Coloca una pestaña en el porta pestañas externo.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Coloca una pestaña en el porta pestañas externo.
Espera	○	⇨	△	●	●	⇨	△	D	Toma la tijera
Sostiene las 2 tiras del lateral	○	⇨	▲	D	●	⇨	△	D	Corta 2 tiras del lateral y deja la tijera en su lugar.
Dobla el extremo izquierdo de la 2da. lona hacia fuera	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Dobla el extremo izquierdo de la 2da. lona hacia fuera.
Dobla el extremo derecho de la 2da. lona hacia fuera	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Dobla el extremo derecho de la 2da. lona hacia fuera.
Toma la barra de cera	●	⇨	△	D	○	⇨	△	●	Espera

Figura 8. (Continuación)

MANO IZQUIERDA									MANO DERECHA
	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	
Empasta la superficie de la 2da. lona.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Empasta la superficie de la 2da. lona.
Toma la tercera lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la tercera lona
Hasta aplicador de lonas	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Hasta aplicador de lonas
Introduce parte de la 3ra. lona en el tambor	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Introduce parte de la 3ra. lona en el tambor.
Espera	○	⇨	△	■	●	⇨	△	D	Sostiene el aplicador para que introduzca la 3ra. lona
Toma la almohadilla 1	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Toma la almohadilla 2
Aplica texine del centro hacia fuera de la 3ra. lona	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Aplica texine del centro hacia fuera de la 3ra. lona.
Espera	○	⇨	△	■	●	⇨	△	D	Toma la tijera
Sostiene 2 tiras del <i>chafer</i>	○	⇨	▲	D	●	⇨	△	D	Corta 2 tiras de <i>chafer</i> y deja la tijera en su lugar
Toma una tira y se la coloca en el hombro derecho.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	La otra tira la lleva en la mano hacia el costado derecho del tambor
Coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta del lado derecho.	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta del lado derecho
Une los dos extremos del <i>chafer</i>	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Une los dos extremos del <i>chafer</i> .
Toma el <i>chafer</i> del hombro derecho	●	⇨	△	D	○	⇨	△	■	Espera
Coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta del lado izquierdo	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Coloca el <i>chafer</i> alrededor de la llanta del lado izquierdo
Une los dos extremos del <i>chafer</i>	●	⇨	△	D	●	⇨	△	D	Une los dos extremos del <i>chafer</i> .

Figura 8. (Continuación)

MANO IZQUIERDA					MANO DERECHA
	Operación	Transporte	Sostiene	Demora	
Hala el extremo de rodamiento hacia el tambor	●	⇨	△	D	Hala el extremo del rodamiento hacia el tambor
Pega el extremo del rodamiento al tambor	●	⇨	△	D	Pega el extremo de rodamiento al tambor
Guía el rodamiento hasta que de la vuelta completa	●	⇨	△	D	Guía el rodamiento hasta que de la vuelta completa
Hace la unión de los extremos del rodamiento	●	⇨	△	D	Hace la unión de los extremos del rodamiento
Se coloca un lateral en el hombro derecho	●	⇨	△	D	LLeva el otro lateral al costado derecho del tambor.
Coloca un lateral alrededor de la llanta y une los extremos	●	⇨	△	D	Coloca el lateral alrededor de la llanta
Toma el lateral del hombro al costado izquierdo	●	⇨	△	D	Toma el lateral del hombro al costado izquierdo
Coloca el lateral alrededor de la llanta y une los extremos	●	⇨	△	D	Coloca el lateral alrededor de la llanta y une los extremos
Espera	○	⇨	△	●	Aplica texine entre la llanta y el tambor con la manguera
Toma la llanta del extremo izquierdo	●	⇨	△	D	Toma la llanta del extremo derecho
La saca del tambor	●	⇨	△	D	La saca del tambor
La coloca a su extremo derecho	●	⇨	△	D	La coloca a su extremo derecho

RESUMEN	MEJORADO	
	MI	MD
○ Operaciones	45	48
⇨ Transporte	0	0
△ Sostiene	2	2
D Demora	6	3

### 3.2.4 Cambios a la maquinaria utilizada

Los cambios realizados a la maquinaria son los siguientes

- Se instaló un variador de velocidad al motor de la máquina para poder aumentar las velocidades de los movimientos axiales de los *stitchers* (planchadores) y de esta forma reducir los ciclos automáticos, también se requirió la instalación de dos ruedas de engranaje de 25 y 10 dientes para trasladar el punto de operación del motor y evitar forzar el mismo.

Anteriormente la máquina sólo tenía una sola velocidad de entrada y salida pero con los cambios que se le realizaron ahora tiene 3 tipos de velocidades por lo que las frecuencias programadas de la maquinaria están graduadas de la siguiente forma:

**Tabla XIII. Frecuencias de la máquina**

	Límite mínimo-máximo del variador	Rango actual programado en Hz
Frecuencia 1	00.50/400.0	50.00
Frecuencia 2	00.45/400.0	60.00
Frecuencia 3	00.30/400.0	50.00

- Se colocaron cojinetes en los extremos del porta pestañas para permitir que éste gire al ritmo del tambor cuando entre a colocar las pestañas de manera que se agilice el proceso. Con esto se logró eliminar el tiempo muerto que se producía en este paso ya que el porta pestañas colocaba las pestañas sin rotación y se detenía.

- Se detectó que cuando colocaban la primera lona con el tambor colapsado, éste empezaba a girar y a expandirse al mismo tiempo y eso ocasionaba dificultad y demora para centrar la lona en el tambor, la solución fue programar el tambor para que empiece a girar hasta que esté expandido y de esta forma no ocasione problemas con el centrado de la lona.
- Se colocaron dos ruedas de engranaje para interconectar el variador con la máquina y de esta forma aumentar la velocidad 2.5 veces más de la actual, esto con el objeto de trasladar el punto de operación del motor.

### **3.3 Comparación del método actual con el método mejorado**

Como resultado de todas las observaciones y revisiones hechas al método de trabajo, a los componentes de la llanta, a la maquinaria, etc., a continuación se presentan todas las mejoras que se realizaron de manera que se pudieran disminuir en la medida de lo posible aquellas causas que pudieran provocar demora durante el proceso y fatiga innecesaria en el operador.

Se mejoró la adhesión del rodamiento para evitar que el operador al estar ensamblándolo tuviera que plancharlo con un rodillo para que se pegara a la carcasa.

Se colocó una rueda de engranaje y un variador de velocidad para aumentar la velocidad de los ciclos automáticos en general.

Se redujo la cantidad de ciclos automáticos de manera que la máquina pudiera realizar dos ciclos de forma alternada pero como un solo paso.

La fórmula de la cera que originalmente usaba una mezcla de 85% cera y 15% aceite se modificó por una mezcla de 60% cera y 40% aceite para que se le facilitara al operador la aplicación de la misma en la carcasa de la llanta.

Se modificó la fórmula del compuesto utilizado para la elaboración de las lonas de camión de manera que tuvieran mayor adhesión al unirlos con los demás componentes y para que fuera más flexible en las operaciones en donde se requiere doblar los extremos de la misma.

### **3.4 Inversión y beneficios del proyecto**

La inversión realizada para llevar a cabo la mejora de métodos en el proceso de ensamble de llantas de camión, incluye un conjunto de esfuerzos y de participación de recurso tanto humano como monetario. Es por ello que a continuación se desglosa lo invertido en maquinaria, en materia prima y en entrenamiento.

- Para las modificaciones de la máquina U-2 se requirió de un Ingeniero de *software* para hacer los ajustes al programa de la misma, la compra del equipo a instalar, mano de obra para interconectar los nuevos dispositivos al motor de la máquina y hacer la instalación eléctrica. La siguiente tabla muestra el detalle de estos costos.

**Tabla XIV . Inversión en la máquina U-2**

INVERSIÓN U-2	COSTO
Un variador de velocidad	Q 5,398.50
Dos ruedas de engranaje y cadenas	Q 995.28
Un ventilador para el motor	Q 500.00
Interconectar el variador	Q 850.00
Instalación de las ruedas del engranaje	Q 2,300.00
Modificaciones eléctricas para incrementar la velocidad e instalación del variador	Q 7,165.00
Ingeniería de <i>software</i>	Q 18,000.00
	Q 35,208.78
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,384.66</b>

- Para mejorar la adhesión de las lonas se debe realizar una inversión permanente de \$0.50 por cada llanta fabricada que consiste en comprar un hule que viene previamente mezclado con negro de humo y aceites que dan como resultado una mejor adherencia del material.
- Las horas invertidas por el instructor y demás personal de apoyo en entrenar al operario y el tiempo necesario para que dicha persona adquiriera el nivel de habilidad requerido en el proceso fueron 37 horas por lo que se debe invertir \$ 472.

### 3.4.1 Cálculo del costo por 100 libras

A continuación se presenta el cálculo del costo por cada 100 libras de producción de llantas de camión, en donde se pueden apreciar las ganancias obtenidas y en cuanto tiempo se recupera la inversión. Para no perder el enfoque de esta información se manejarán únicamente los totales de los rubros que corresponden a este cálculo.

Para hacer la conversión del costo por 100 lbs. se divide el costo total dentro del total de libras producidas en el mes y esto se multiplica por 100.

Ejemplo: Mes de septiembre

Costo total = \$ 487,368

Libras = \$ 455,139

Costo por 100lbs. =  $\frac{\$ 484,589}{\$ 455,139} * 100 = \$107$  por 100 libras.

Como se verá en la siguiente tabla la inversión realizada se recupera en un mes ya que se obtiene una ganancia de \$ 92,754 contra una inversión total de \$ 7,101.

**Tabla XV. Cálculo del costo por 100 libras de la línea de llantas de camión**

DESCRIPCIÓN DEL COSTO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
LIBRAS	287,504	455,139	434,451
MATERIA PRIMA	\$ 143,451	\$ 229,337	\$ 218,810
MANO DE OBRA	\$ 62,597	\$ 63,227	\$ 64,172
GASTOS FIJOS	\$ 75,638	\$ 76,400	\$ 77,541.34
GASTOS VARIABLES	\$ 84,767	\$ 113,547	\$ 108,386
INVERSIÓN EN MEJORA	\$ -	\$ 4,385	\$ -
ENTRENAMIENTO	\$ -	\$ 472	0
TOTAL	\$ 366,454	\$ 487,368	\$ 468,910
CONVERSIÓN A COSTO POR 100 LIBRAS	\$ 127	\$ 107	\$ 108
AHORRO DEL TOTAL DE LIBRAS PRODUCIDAS EN EL MES	\$ -	\$ 92,754	\$ 84,843
TASA DE CAMBIO PROMEDIO	7.95	8.03	8.15
TOTAL AHORRO EN Q.	Q -	Q 744,813.12	Q 691,469.05

Cabe mencionar que en el rubro de materia prima ya está incluido el incremento que éste tendrá por la modificación de la fórmula en el hule, el cual será considerado en los meses sucesivos.

### 3.4.2 Cálculo de las libras por hora-hombre (*output*)

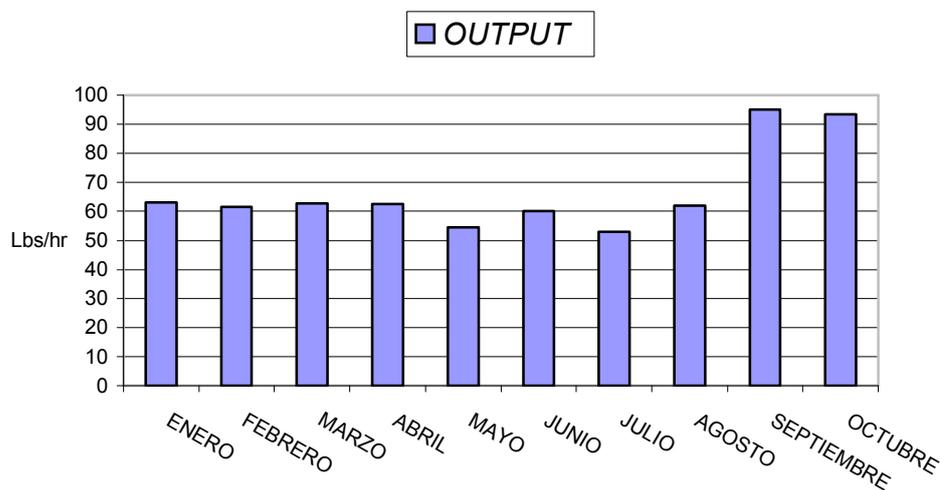
El trabajo total de la planta es calculado por el output que no es más que un indicador de productividad que muestra la relación del total de libras producidas en el mes dentro de las horas trabajadas. Este indicador es requerido por la casa matriz y además es una clave para llevar controles estadísticos y hacer comparaciones entre plantas.

Para el cálculo de las horas trabajadas se incluye al personal de planilla productivo (planta), no productivo (mantenimiento, bodega de suministros, bodega de materia prima) y personal de nómina. Se deben descontar a estas horas el tiempo tomado para ingerir alimentos, para la toma de inventarios físicos, y el que sea utilizado para entrenamiento.

**Tabla XVI. Cálculo de las libras por hora hombre trabajadas**

LIBRAS POR HORA-HOMBRE TRABAJADAS			
MES	LIBRAS	HORAS	OUTPUT
ENERO	274,558	4352	63.09
FEBRERO	294,647	4793	61.47
MARZO	297,921	4752	62.69
ABRIL	234,379	3745	62.58
MAYO	315,436	5776	54.61
JUNIO	288,100	4798	60.05
JULIO	296,612	5607	52.90
AGOSTO	287,507	4629	62.11
SEPTIEMBRE	455,139	4789	95.04
OCTUBRE	434,451	4652	93.39

**Figura 9. Libras por hora-hombre trabajadas**



Como se puede observar en la gráfica anterior el comportamiento del *output* durante los meses anteriores a la mejora se ha mantenido, se podría decir de una forma constante, la meta corporativa es que tienda a incrementarse para ser cada vez más productivo.

Este incremento indica que con el mismo recurso humano se está produciendo mayor cantidad de libras por día y por lo tanto se está aprovechando mejor la maquinaria y al personal con el que se cuenta, se contribuye a una disminución de costos y a hacer que la planta sea más competitiva ante el mercado.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a las experiencias en otras plantas de neumáticos de Latinoamérica se pueden obtener los siguientes beneficios

- Una reducción del 27% en el tiempo de los ciclos automáticos y del 39% del ciclo total de la llanta, esta información está basada en los resultados del diagrama hombre-máquina de la figura 7.
- Se puede obtener un incremento en la producción de llantas de camión de 45 a 68 llantas por turno equivalente a un 51% de mejoría según estudio de tiempos y movimientos de la tabla VII.
- Una mejora del 16% en el costo de las llantas que fue calculada basándose en la reducción que se obtiene en el costo por 100 libras de esta línea específica en la tabla XV.
- Se puede obtener un incremento en la productividad del 34% de acuerdo con el aumento que se tuvo de las libras por hora-hombre trabajadas, esta información se puede verificar en la tabla XVI.

## **4. IMPLANTACIÓN DEL MÉTODO MEJORADO**

### **4.1. Definición de las actividades del programa de implantación**

#### **Objetivo**

Establecer la metodología de los departamentos involucrados para cumplir con los proyectos de mejora de métodos que se establezcan.

#### **4.1.1. Actividades de los departamentos involucrados**

**Ingeniería industrial:** será el líder de todos los proyectos de mejora de productividad en la planta, por lo cual analizará las distintas áreas de la misma para determinar las oportunidades. Como parte de sus actividades convocará a reuniones de trabajo entre los miembros de las áreas de apoyo que conformen el equipo de trabajo y dará seguimiento a los proyectos para que efectivamente se alcance la mejora de métodos proyectada. Además, informará a las áreas que afecten para que dicho proyecto de mejora sea tomado en cuenta en su trabajo diario.

- Para organizar el trabajo en equipo con las distintas áreas de apoyo se definen las responsabilidades de éstas.

**Mantenimiento/Ingeniería:** implementará o diseñará las mejoras en los equipos y maquinaria que se necesite conforme a planes de acción preestablecidos; asimismo mantendrá la maquinaria y equipos en condiciones óptimas de operación y funcionamiento de manera que facilite el estado de éstos para los propósitos de una mejora de métodos de trabajo o elevar el nivel de la productividad.

**Calidad y tecnología:** revisará que las condiciones de los materiales del producto en análisis permanezcan dentro de lo especificado después de los diferentes cambios o mejoras que se hayan realizado.

**Jefes de área:** deberán estar involucrados antes de que se informe al personal operativo de lo que se realizará en el proyecto. (Informará ingeniería industrial)

**Personal operativo:** se comunicará al personal operativo previamente la determinación por parte del gerente del *business team* e ingeniería industrial para que además de quedar informados, puedan tener la oportunidad de dar sugerencias y también elegir entre ellos a un trabajador que participará como soporte, sobre todo para la toma de tiempos y movimientos. Parte de la comunicación que recibirán los operarios será oír una explicación sobre aspectos del método de toma de tiempos.

**Entrenamiento:** se asegurará que todos los miembros del área donde exista un proyecto de mejora de métodos estén certificados en dichos puestos o bien certificar a aquellos que puedan resultar parte del equipo, asimismo asistirá para levantar las necesidades de entrenamiento que conlleven los distintos cambios de maquinaria o especificaciones de materiales.

**Gerente de *business team*:** será el responsable de buscar la coordinación de las áreas de apoyo y facilitar sus labores para la consecución de las metas del proyecto. Será el canal de información tanto para los operarios como para jefes de área y demás funcionarios administrativos sobre el seguimiento de dichos proyectos. Fiscalizará los resultados y retroalimentará sobre éstos.

**Programadores:** conocerán de los proyectos que afectan la producción en los distintos departamentos de la planta para que prevean una programación lo suficientemente eficiente para que el flujo de materiales y del proceso no entorpezca la toma de tiempos y no disminuya las metas de producción por línea de la planta.

**Relaciones laborales:** anunciará a la directiva sindical e informará sobre el proyecto de mejora de métodos, además, informará a éstos sobre las reuniones con el personal involucrado que requiera el proyecto. Así también es el soporte para el área de producción en la implementación, aplicación y mantenimiento de los estándares.

#### **4.1.2. Acciones**

**Reuniones:** una vez establecidas las actividades a realizar de los diferentes departamentos, los participantes de éstas áreas de apoyo quedan en disponibilidad para reuniones de seguimiento del proyecto. Estas reuniones serán convocadas por Ingeniería Industrial en horarios convenientes para los que deben participar.

**Toma de tiempos:** Ingeniería industrial procederá a la toma de tiempos y movimientos, hasta que se hayan completado todos los puntos de mejora en la maquinaria, equipos o materiales de manera que los mismos ofrezcan las condiciones deseadas para esta actividad.

Una vez cumplidos y mantenidos los requerimientos del punto anterior, ingeniería industrial dará inicio a la toma de tiempos y movimientos, teniendo en cuenta para ello el soporte del trabajador designado por los miembros del equipo a quienes se les está estableciendo el nuevo estándar.

Se planificará con control de producción para que pueda ser liberada la persona que acompañará el estudio, además, Ingeniería Industrial informará a todo los miembros del equipo para que se cumpla con lo planificado.

#### **4.2. Formulación de la guía de capacitación**

- **Objetivo**

Establecer la metodología que permita la estandarización en el proceso de análisis de necesidades de entrenamiento en la empresa y que facilite el desarrollo del personal operativo de planta en aquellas funciones que afectan directamente la calidad del producto, a través de programas de entrenamiento específicos que cubran las responsabilidades y/o funciones actuales o por desempeñar.

- **Alcance**

Este procedimiento es aplicable para detectar necesidades de entrenamiento del personal operativo de la división de manufactura de la fábrica de neumáticos.

## **Manual ISO/OBT**

Se entiende bajo esta definición a aquel manual desarrollado para un puesto específico de trabajo (puesto operativo de planta). Este manual contiene las instrucciones de trabajo que facilitan al personal involucrado el desarrollo de las tareas de una manera segura, con calidad y productividad.

### **4.2.1. Desarrollo del procedimiento**

Contenido de la guía OBT

Debe existir una guía OBT para cada uno de los puestos operativos de planta que afectan la calidad del producto. El contenido de estos manuales es el siguiente.

- Aprobaciones y autorizaciones
- Índice
- Control de revisiones
- Procedimiento o instrucciones de trabajo
- Hojas de verificaciones de desempeño

Estos manuales deben actualizarse cada vez que se realicen cambios en los procesos de fabricación en las operaciones, en el equipo y/o maquinaria y/o tecnología y que afecten la forma inicial de realizar el trabajo.

El responsable por la actualización de los manuales OBT es el especialista de entrenamiento OBT, quien realizará esta tarea a través de los instructores OBT asignados a los puestos correspondientes. Estos manuales serán distribuidos en las áreas de trabajo y en el centro de entrenamiento.

- **Programa de elaboración / revisión de guía OBT**

El programa para la elaboración / revisión de guías OBT se hará de acuerdo a las prioridades definidas por el gerente de *business team*, especialista de producción y/o jefe de área. El responsable de elaborar el programa es el especialista de entrenamiento OBT.

- **Instructores OBT o instructores obreros**

El entrenamiento OBT es desarrollado a través de los instructores obreros expertos en cada uno de los puestos operativos de planta. Los jefes de área de producción son los responsables de proponer candidatos y cumplir con el llenado del formato para su evaluación. El especialista de entrenamiento OBT mantendrá un listado actualizado con los nombres y puestos de los instructores obreros en el proceso de enseñanza-aprendizaje y metodología OBT.

- **Plan de entrenamiento**

El plan de entrenamiento para el personal operativo de la planta, es estructurado por el especialista de entrenamiento OBT. El programa de certificaciones es elaborado tomando como fuente la información que los jefes de área de producción envíen de acuerdo a sus requerimientos.

#### **4.2.2. Capacitación de los operarios de acuerdo a la guía OBT**

Para la capacitación de los operarios se procedió a realizar la actualización del contenido de la guía con los siguientes pasos.

1. **Aprobaciones:** en este formato se deben registrar las firmas del líder de calidad y tecnología y del gerente de *business team* previamente a la realización de los cambios a la guía.

2. **Índice:** aquí se incluye el listado de las partes del proceso que requieren entrenamiento debido a las modificaciones realizadas con el método mejorado, las cuales son las siguientes.

- Colocar las pestañas
- Aplicar la primera lona
- Primer ciclo automático
- Segundo ciclo automático
- Tercer ciclo automático
- Realizar vuelta arriba de la primera lona
- Aplicar la segunda lona
- Cuarto ciclo automático
- Quinto ciclo automático
- Aplicar la tercera lona
- Séptimo ciclo automático
- Aplicar *chafer*
- Octavo ciclo automático
- Aplicar los laterales
- Noveno ciclo automático
- Retirar la llanta del tambor

### 3. Control de revisiones

En este formato se anota el número de revisiones o modificaciones que se han realizado a cada uno de los módulos en que está dividido el proceso de ensamble de llantas.

### 4. Procedimiento o instrucciones de trabajo

- **Colocar las pestañas:** el operador debe colocar cuatro pestañas en el porta pestañas interno, de las cuales dos se utilizarán para una llanta y las otras dos para la siguiente llanta que se realice.
- **Aplicar la primera lona:** se elimina del proceso la acción del operador de centrar la primera lona, ya que el tambor va a girar hasta que esté expandido y ya no se moverá la lona del centro. Después de que gire el tambor tampoco será necesario que el operador tome la paleta y realice una marca sobre la lona ya que ésta traerá una marca en el centro.
- **Primer ciclo automático:** la máquina se programará para que realice en algunos casos dos ciclos automáticos continuos, de manera que cuando el operador presione el pedal se realizará el primero y el segundo ciclo, es por ello que debe aprender en que momento finaliza este nuevo ciclo para poder continuar con la secuencia del proceso y no cometer equivocaciones. Además, durante el tiempo que la máquina esté trabajando al operador se le agrega una operación adicional que es colocar la pestaña en el porta pestañas externo.

- **Segundo ciclo automático:** se elimina activar la operación que realizaba este ciclo porque ya se efectuó en el ciclo anterior.
- **Realizar vuelta arriba de la primera lona:** se elimina la operación de colocar la pestaña en el porta pestaña externo, debido a que ya se realizó durante el primer ciclo automático.
- **Tercer ciclo automático:** la operación que se realizaba en este ciclo será hecha en el segundo ciclo y el operador debe realizar un movimiento adicional que es tomar el aplicador de lonas y acercarlo al tambor.
- **Aplicar la segunda lona:** se elimina el paso de tomar el aplicador de lonas y acercarlo al tambor debido a que se realizó en el ciclo anterior, además, se elimina del proceso el paso de tomar la paleta para introducirla debajo de esta lona y centrarla porque habrá una guía de luz indicando el centro del tambor y la segunda lona traerá marcado su centro.
- **Cuarto ciclo automático:** este será el tercer ciclo y realizará de forma continua lo que antes era el cuarto y el quinto ciclo, y el operador debe realizar una operación adicional que consiste en colocar una pestaña en el porta pestañas interno y debe cortar dos tiras del lateral.
- **Quinto ciclo automático:** se elimina activar la operación que realizaba este ciclo porque ya se efectuó en el ciclo anterior.
- **Sexto Ciclo automático:** este será el cuarto ciclo automático, y el operador adicionalmente debe introducir la tercera lona en el aplicador y acercarla al tambor.

- **Séptimo ciclo automático:** este será el quinto ciclo automático el cual al igual que los demás ciclos reduce el tiempo por la nueva velocidad de entrada y de salida que tendrán los *stitchers* y se le agrega la operación de cortar dos tiras de *chafer*.
- **Aplicar *chafer*:** se elimina de esta operación el paso de cortar *chafer* debido a que ya se efectuó durante el ciclo anterior.
- **Octavo ciclo automático:** este será el sexto ciclo y el operador adicionalmente debe colocar una lona en el aplicador de lonas para su siguiente utilización, además, debe aplicar *texine* entre la llanta y el tambor.
- **Aplicar laterales:** se elimina de esta operación el paso de cortar lateral debido a que se realizó en el que ahora será el tercer ciclo.
- **Noveno ciclo automático:** este será el séptimo ciclo automático el cual además de realizar la operación automática también realizará una operación pulsatoria que el operador tenía que activar luego de este ciclo y que consiste en hacer que el tambor colapse.
- **Retirar la llanta del tambor:** se elimina la activación de la operación que hace colapsar el tambor debido a que ésta se hará de forma continua en el ciclo anterior.

### 4.3. Implantación preliminar y adecuaciones

**Ingeniería industrial:** será el encargado de tabular los resultados de las mediciones y las ponderará de acuerdo con la técnica establecida al respecto e informará al trabajador que ya se tienen las tomas necesarias para finalizar el estudio. Posteriormente se establecerá el nuevo estándar producto del proceso de toma de tiempos y movimientos.

Convocará a una reunión a las áreas administrativas y producción (incluyendo a jefes de área) para informar de los resultados y generar las siguientes adecuaciones.

- a) El entrenamiento a operarios con el método mejorado.
- b) Seguimiento de las curvas de aprendizaje, si no varía el método se dará seguimiento 2 semanas para llegar al 100 %, y si hay un cambio total en el proceso, el departamento de entrenamiento informará a ingeniería industrial cuando el personal ya esté certificado, si no se llega a completar la curva de aprendizaje, el equipo analizará las causas.
- c) Información al personal involucrado.
- d) Información al sindicato.

Producción e ingeniería industrial programarán una reunión con el personal involucrado para la presentación de los resultados, resolver dudas y anunciar la fecha de inicio de la aplicación del nuevo estándar.

Ingeniería industrial enviará copia del estudio de tiempos y el nuevo estándar al departamento de relaciones laborales para que sea entregado a la directiva del sindicato.

#### **4.4. Evaluación y medidas correctivas**

Las áreas involucradas deben mantener las condiciones de equipo, materiales, especificaciones que prevalecieron durante la toma de tiempos que originó el nuevo estándar y bajo las mismas se evaluará el desempeño de los operarios por un período de 2 semanas (esto es posterior a haber certificado el desempeño de acuerdo a la guía de capacitación)

Los resultados de esta evaluación de desempeño serán presentados a los operarios con el fin de animarlos a que continúen en la misma forma, si los resultados corresponden con el estándar o bien analizar en conjunto las causas que están impidiendo alcanzar dichos estándares.

Una vez superadas las dificultades para alcanzar los estándares, se tendrán otras 2 semanas de evaluación; si persisten condiciones que impiden alcanzar los estándares se procederá a realizar las siguientes medidas correctivas.

- a) Si es por condiciones de equipo, los responsables elaborarán un plan de acción con fechas y responsables de cuyo seguimiento será encargado el gerente de producción.
- b) Si es por condiciones de materiales o especificaciones, los responsables elaborarán un plan de acción con fechas y responsables de cuyo seguimiento será encargado el líder de calidad y tecnología.

c) Si es por actitud de los operarios, se procederá a reunirlos nuevamente y si existe algún motivo valedero por el cual no puedan cumplirlo, se reunirá al equipo de apoyo y se planteará para su solución de lo contrario se iniciará la aplicación de la política disciplinaria.

#### 4.5. Control de eficiencias

Para poder verificar la asimilación que han tenido los operadores con todas las mejoras que se han hecho al método actual se presenta a continuación un reporte en donde se llevó el registro diario de las eficiencias de los operadores.

**Tabla XVII. Registro de eficiencias**

Días	Eficiencia	Tiempo perdido en minutos	Llantas
1	87.2	200	32
2	71.6	60	41
5	95.0	20	60
6	77.4	10	50
8	63.2	30	39
9	92.5	60	53
10	93.1	150	41
12	78.5	25	49
13	93.1	150	41
15	87.9	140	40
16	85.9	30	53
17	95.9	95	50
18	95.7	30	59
19	99.9	0	66
20	89.2	15	57
23	75.7	180	30
24	99.9	0	66
25	90.8	60	52
26	98.4	180	39
29	99.9	0	66
30	97.5	10	63

## **5. SEGUIMIENTO DEL METODO PROPUESTO Y MEJORA CONTINUA**

### **5.1. Verificación del logro de objetivos**

Después de que el método mejorado ha sido implantado es importante verificar que se están logrando los objetivos desde los puntos de vista económicos, técnicos y humanos y para ello se realizaron las siguientes observaciones.

- La toma de eficiencias de los operadores para constatar que los cambios que se realizaron tanto en el método de trabajo como a la maquinaria están ofreciendo los resultados esperados y están siendo aceptados por el personal.
- Comparación entre el método actual y el método mejorado propuesto destacando las bondades del nuevo método.
- Análisis de la reducción del costo del producto, la calidad del producto debe ser igual o superior a la obtenida con el método anterior, si se encuentra algún problema, se le dará seguimiento hasta darle una solución.

También se estarán haciendo chequeos regulares para verificar que la máquina esté funcionando en perfecto estado con los cambios que se le realizaron.

## 5.2. Mejoras a realizar a largo plazo

A continuación se presentan algunas propuestas para mejoras a realizar a largo plazo, ya que en la actualidad no se cuentan con los recursos económicos que se requieren para poner en marcha estos proyectos, pero se considera que los efectos que se obtendrían serían de mucho impacto para incrementar la producción de llantas de camión.

### 5.2.1. Vuelta arriba automática

Esta operación consiste en cambiar la posición y la forma del *stitcher* axial para que después de la aplicación de las pestañas automáticamente se realice la vuelta arriba. Tomando como base un video de otra planta de neumáticos se pudo comprobar que este tipo de operación ayudaría a la reducción del ciclo total de producción. A continuación se presenta el detalle de los recursos que se necesitan, el costo de cada uno y los efectos ha obtener.

#### Recursos

Acero Cold Rolled en plancha.	Q500.00
Mano de obra del tornero para la fabricación de un nuevo perfil.	Q1,200.00
Mano de obra del mecánico para instalar la pieza fabricada en la máquina. Pago en hora extra.	Q400.00
Mano de obra del operador y del ingeniero de <i>software</i> para desarrollar la nueva receta.	Q2,500.00

El total de los recursos a invertir en la vuelta arriba automática es de Q4,600.00

Efectos que se obtendrán

- Reducción de tiempo y fatiga del operador
- Incremento en la productividad
- Uniformidad de la vuelta arriba

### 5.2.2. Colocación automática del rodamiento

Se propone que se adapte un mecanismo para poder colocar el rodamiento de manera automática, es decir, el abastecedor tendría que colocar el rodamiento en la bandeja y el operario únicamente tendría que presionar un pedal que automáticamente lo posicione alrededor de la carcasa.

#### Recursos

Rodillos locos de aluminio de 2 pulgadas de diámetro, perfiles angulares y ejes.	Q5,000.00
Cilindros neumáticos con carrera de 12 " y de 6 " cada uno	Q1,800.00
Válvulas electroneumáticas y unidad de mantenimiento neumático: filtro, regulador, lubricador.	Q2,700.00
Cable y tubería eléctrica para la interconexión.	Q300.00
Mano de obra del mecánico tornero para la fabricación de una nueva mesa	Q1,500.00
Mano de obra eléctrica para la instalación y conexión de las válvulas	Q400.00
Mecánicos para la instalación dentro de la máquina. (12 horas)	Q1,400.00
Mano de obra del operador e ingeniero de <i>software</i> para la integración del nuevo mecanismo a la máquina.	Q2,500.00

El total de los recursos a invertir en la colocación automática del rodamiento es de Q15,600.00

Efectos que se obtendrán

- Reducción del tiempo de producción
- Reducción de fatiga del operador
- Incremento en la productividad y aprovechamiento del equipo

### **5.2.3. Torreta dispensadora de materiales con cortadora horizontal**

Actualmente la distribución de materiales es a través de torretas en donde se colocan rollos con el material y el operador tiene que cortar los materiales mediante una cuchilla. Con base en evaluaciones hechas a la estación de trabajo para realizar una economía de movimientos, se propone colocar una cortadora horizontal que permita mediante una foto celda cortar el *chafer* y el lateral del tamaño especificado y que el operador sólo tenga que tomar estos materiales.

#### Recursos

Rodillos locos de aluminio, perfiles angulares y ejes, cuchillas de 3 pies de largo	Q1,400.00
Cilindros neumáticos con carrera de 3" cada uno	Q1,800.00
Válvulas electroneumáticas, unidad de mantenimiento neumático: filtro, regulador lubricador	Q2,700.00
Cable y tubería eléctrica para la interconexión	Q400.00

Mano de obra del mecánico tornero para la fabricación del nuevo mecanismo de corte automático	Q2,300.00
Mano de obra eléctrica para la instalación y conexión de las válvulas	Q1,200.00
Mecánicos para la instalación dentro de la máquina	Q2,100.00
Mano de obra del operador e ingeniero de <i>software</i> para la integración del nuevo mecanismo a la máquina	Q2,500.00

El total de los recursos a invertir en esta propuesta es de Q14,400.00

Efectos que se obtendrán

- Reducción del tiempo de producción
- Reducción de fatiga de operador
- Uniformidad de proceso en largo y en cortes

**Tabla XVIII. Cronograma para la realización de la vuelta arriba automática**

VUELTA ARRIBA AUTOMÁTICA													
	Cronograma general	Duración	Mes1				Mes2				Mes 3		
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Fabricación de porta <i>stitchers</i> axiales con nueva forma.	2 semanas	■										
2	Ajustes de la nueva pieza en la máquina en modalidad manual.	1 semana		■									
3	Colocación en la máquina, y adaptación de los valores de parametrización para construcción con programa actual.	1 semana			■								
4	Liberación de la producción tradicional con la nueva pieza. (La producción sin vuelta arriba automática)	1 semana				■							
5	Modificación del programa de SLC para utilizar el nuevo porta <i>stitchers</i> .	4 semanas					■	■	■	■			
6	Ajustes mecánicos de la máquina con el <i>software</i> en desarrollo.	3 semanas						■	■	■			
7	Liberación de producción con vuelta arriba automática.	2 semanas									■	■	

**Tabla XIX. Cronograma para la colocación automática del rodamiento**

COLOCACIÓN AUTOMÁTICA DEL RODAMIENTO													
	Cronograma general	Duración	Mes1				Mes2				Mes 3		
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Fabricación de una mesa nueva de rodillos para colocar el rodamiento automáticamente.	4 semanas	■	■	■	■							
2	Instalación mecánica en la máquina.	1 semana					■						
3	Conexión eléctrica y neumática del nuevo mecanismo.	1 semana					■						
4	Pruebas de operación fuera de tiempo de producción.	1 semana						■					
5	Integración del ciclo automático de la nueva mesa de rodillos al <i>software</i> de la máquina.	2 semanas							■	■			
6	Producción con la nueva secuencia automática.	3 semanas									■	■	■



#### **5.2.4. Aprovechamiento del tiempo total de trabajo**

Cuando se habla del tiempo total de trabajo, se refiere a los 480 minutos que se tienen disponibles para la fabricación de llantas de camión si el diseño, las especificaciones y en sí el proceso fuesen perfectos y no hubiera pérdida de tiempo por ningún motivo (con excepción de las pausas normales de descanso que se dan al trabajador). Esta es obviamente una situación que nunca se logrará, pero el objetivo de la gerencia debe ser aproximarse lo más posible a la misma.

Es por ello que se propone involucrar al personal en esta situación mediante pláticas de grupo, de manera que pueda haber una lluvia de ideas de cómo aprovechar al máximo todos los recursos con los que se cuentan, como lo son en primer lugar el recurso humano, el factor tiempo, materiales y maquinaria en general. Con esto se estaría introduciendo la noción del tiempo e involucrando al personal para que participe, ya que la cantidad de llantas que se obtienen de una máquina constituye la medida de productividad.

Tomando como base los informes de las demás plantas de la región se mencionará en las reuniones los datos proporcionados por estas plantas en donde muestran que año tras año han incrementado la cantidad de libras por hora-hombre trabajadas aprovechando cada vez más el tiempo total de trabajo por lo que de todos depende el que esta empresa se pueda inclinar también a esta tendencia.

## CONCLUSIONES

1. Las mejoras que se realizaron al método de producción actual consisten principalmente en mejoras a los materiales utilizados, colocación de herramientas de ayuda que disminuyan el tiempo improductivo del operador y cambios realizados a la maquinaria, todo esto con el objeto de reducir el estándar, la fatiga del operador y elevar la productividad.
2. La maquinaria o el equipo de trabajo se encontraba en buenas condiciones pero necesitaba una mínima inversión comparada con los beneficios que se obtendrían elevando su aprovechamiento.
3. La eliminación de los movimientos innecesarios, el nuevo orden de los movimientos útiles y las demás acciones de mejora dieron como resultado la disminución del tiempo estándar de 9.97 minutos a 6.58 minutos.
4. La mejor forma para disminuir la resistencia al cambio es involucrando al personal activamente en todo el proceso de mejora, para que además de aportar sugerencias, comprendan las necesidades actuales de la planta debido al crecimiento de la demanda del producto.

5. Con las mejoras al método actual se logró incrementar la producción de llantas de camión de 45 a 68 llantas por turno, tomando en cuenta que aun hay muchas oportunidades para mejorar esta línea de llantas, se podría obtener a largo plazo un mayor incremento en la productividad.
6. Los esfuerzos realizados dieron como resultado que se obtuviera un 16% de reducción en el costo de las llantas por cada 100 libras, lo cual da un mayor margen de ganancias netas y da la oportunidad de incursionar más dentro del mercado ofreciendo el producto a un costo más bajo.
7. La mejora que se obtuvo de los indicadores de productividad permite posicionar a la planta en las comparaciones que se realizan internamente entre otras plantas de Latinoamérica, como una planta atractiva para la producción de llantas de camión lo cual generará una mayor demanda de las mismas.
8. La realización de este trabajo es el punto de partida para que surjan nuevos proyectos de mejora en las demás líneas de producción y de esta forma se puedan cumplir con las metas organizacionales de ser la planta que ofrezca el más bajo costo, la mayor calidad y el mejor rendimiento en llantas.

## **RECOMENDACIONES**

1. El ingeniero de métodos o el supervisor tiene que considerar al momento de implementar el método mejorado, el adiestramiento previo del operador, informarle lo que se pretende lograr y como hacerlo. Además, debe tomar en cuenta sus ideas y opiniones, debe lograr que se involucren en el proceso de mejora de manera que se logren los resultados deseados y no pongan resistencia al cambio.
2. Para el éxito de este proyecto es importante que los trabajadores perciban la integración y el compromiso por parte de las personas involucradas en el proceso de mejora dentro de la empresa.
3. Se debe de seguir buscando nuevos diseños que permitan mejorar el nivel de competitividad para poder abastecer al mercado.
4. Evaluar la implementación de esta mejora de métodos en las otras líneas de llantas para elevar los índices de productividad no sólo de determinada línea sino de toda la planta.

5. Realizar un programa de incentivos para elevar aún más la productividad, es decir, que se pague un bono extra por cada llanta construida a partir del 90% de su tiempo de producción normal, con respecto al estándar establecido.
  
6. Después de definir el nuevo estándar se debe dar seguimiento a los cambios realizados para que la maquinaria funcione adecuadamente, la materia prima que se compre sea de la misma calidad y las fórmulas que se modificaron se mantengan.
  
7. Implementar de forma permanente un estricto control de la producción que permita evaluar diariamente los cumplimientos que se tienen de los nuevos estándares para que además de ofrecerle apoyo al operador, también permita a la dirección tomar medidas para eliminar las causas o problemas que no permitan alcanzarlos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Alonzo, Otto Ricardo, Mejoramiento de la productividad en el proceso de producción de tubos y propuesta de un plan de seguridad e higiene industrial en la planta de tubos de Centroamérica S.A. Tesis Ing. Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 337pp.
2. Galindo Cifuentes, Manuel Enrique, Mejoras en el rendimiento de harina de trigo y la administración de los diferentes sectores de la industria de Guatemala., Tesis Ingeniero Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1990. 134pp.
3. García Criollo, Roberto, **Ingeniería de Métodos**, McGraw-Hill, 1998. 155pp.
4. Mastermedia, [www.mastermedia.com.pe](http://www.mastermedia.com.pe). (abril/2002).
5. Quiroa Palacios, Carlos Alberto, Actualización de tiempos estándares en procesos de vulcanización de llantas de camión y radial, construcción de pestañas y mejora de métodos en las áreas de pesado de pigmentos, bodega de producto terminado, reparación de llantas, Cushion Mill y oficinas. Tesis Ing. Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 108pp.

## APÉNDICE

**Tabla XXI. Registro de tiempos para la operación de ensamble de llantas de camión**

Fecha	septiembre 2003.														Hoja	1 de 2
Máquina	U-2														Diseño	HMS&G
Operación	ensamble de llanta														Método	mejorado
Tiempo	centésimas de minuto														Analista	Brenda Herrera
Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ciclo	Introduce la llanta en el tambor cerrado	Camina hacia el carro de lonas y lona una lona	Introduce la primera lona en el tambor	Acciona el pedal para que se expanda	Aplica tórque en los pernos del tambor	PRIMER CICLO AUTOMÁTICO lona	Realiza la vuelta arriba de la lona del lado derecho	Realiza la vuelta arriba de el lado izquierdo	SEGUNDO CICLO AUTOMÁTICO	Introduce parte de la segunda lona en el tambor	Acciona el pedal para que se expanda el tambor y con el pedal se la lona	TERCER CICLO AUTOMÁTICO	Realiza la vuelta arriba de la lona del lado derecho	Realiza la vuelta arriba de el lado izquierdo	CUARTO CICLO AUTOMÁTICO	
1	12.80	10.99	15.15	8.30	28.96	25.00	17.55	18.77	17.00	11.88	13.79	51.00	16.88	18.61	17.00	
2	14.35	11.23	14.37	9.41	27.00	25.00	16.88	17.41	17.00	11.43	13.45	51.00	17.25	17.14	17.00	
3	14.49	14.31	13.21	7.25	28.03	25.00	15.08	19.06	17.00	12.21	13.15	51.00	16.33	16.99	17.00	
4	13.76	12.50	14.89	7.56	23.76	25.00	14.98	18.99	17.00	10.99	12.67	51.00	15.92	18.19	17.00	
5	13.11	11.00	16.71	10.01	29.82	25.00	17.23	17.29	17.00	12.50	14.33	51.00	16.77	17.81	17.00	
6	14.54	12.00	14.23	10.14	25.34	25.00	15.89	16.98	17.00	11.55	14.00	51.00	17.30	17.48	17.00	
7	12.47	13.40	14.56	9.26	27.89	25.00	17.22	18.50	17.00	10.33	13.95	51.00	16.22	17.55	17.00	
8	12.45	9.21	16.34	8.12	31.63	25.00	15.99	18.91	17.00	11.91	14.22	51.00	17.00	18.45	17.00	
9	14.59	11.00	11.21	9.07	28.46	25.00	17.51	19.20	17.00	12.00	12.99	51.00	16.35	17.34	17.00	
10	12.43	9.61	12.79	7.43	28.66	25.00	16.94	17.76	17.00	11.11	13.66	51.00	16.45	18.48	17.00	
11	13.70	9.99	11.00	9.21	30.40	25.00	14.06	16.89	17.00	12.60	13.11	51.00	17.11	18.49	17.00	
12	12.97	6.33	13.11	9.00	30.24	25.00	17.00	21.66	17.00	12.15	14.66	51.00	15.22	17.55	17.00	
13	13.50	8.45	14.22	10.19	29.45	25.00	16.00	19.07	17.00	12.10	13.25	51.00	16.33	18.45	17.00	
14	14.14	9.00	15.67	10.23	27.11	25.00	17.56	17.88	17.00	11.99	14.00	51.00	17.45	16.13	17.00	
15	13.97	11.25	13.21	10.25	29.45	25.00	16.99	19.34	17.00	12.33	13.88	51.00	16.55	16.35	17.00	
16																
17																
18																
Suma	203.25	160.27	210.67	135.43	426.20	375.00	246.88	277.71	255.00	177.08	205.11	765.00	249.13	265.01	255.00	
Obs.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Promedio	13.60	10.70	14.10	9.10	28.50	25.00	16.50	18.60	17.00	11.90	13.70	51.00	16.70	17.70	17.00	

Tabla XXI. (Continuación)

Fecha	septiembre 2003.																	Hoja	2 de 2
Máquina	U-2																	Diseño	HMS&G
Operación	ensamble de llanta																	Método	mejorado
Tiempo	centésimas de minuto																	Analista	Brenda Herrera
Elementos	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					
Ciclo	Introduce parte de la tercera lona en el tambor. Acciona el pedal para que se retire la lona. QUINTO CICLO AUTOMÁTICO Toma los chafers y camina hacia el tambor. Coloca el chafers derecho. Coloca el chafers izquierdo. Coloca el rodamiento. Verifica que quede bien anillado. SEXTO CICLO AUTOMÁTICO Toma los laterales y se acerca al tambor. Coloca el lateral del lado derecho. Coloca el lateral del lado izquierdo. SEPTIMO CICLO AUTOMÁTICO Retira la llanta del tambor. Sumatoria de elementos (TP)																		
1	14.39	19.21	45.00	11.88	14.45	18.95	12.57	6.63	40.00	8.41	17.12	19.19	23.00	9.49					
2	14.55	18.45	45.00	11.15	14.22	19.89	12.19	6.89	40.00	9.81	16.35	19.38	23.00	8.76					
3	15.14	18.29	45.00	12.19	14.12	18.94	13.09	7.31	40.00	9.12	17.31	18.81	23.00	9.34					
4	14.99	19.20	45.00	11.99	15.27	17.96	12.98	6.45	40.00	8.99	15.78	19.66	23.00	10.26					
5	13.97	18.31	45.00	11.33	14.81	19.34	13.43	7.10	40.00	10.15	17.00	20.11	23.00	9.65					
6	14.61	18.25	45.00	12.68	14.99	20.29	12.97	6.99	40.00	9.64	16.45	20.30	23.00	9.81					
7	15.12	17.99	45.00	12.13	13.89	19.66	13.22	7.00	40.00	9.38	16.93	19.14	23.00	10.05					
8	14.99	19.43	45.00	12.00	14.77	22.25	11.79	6.27	40.00	10.11	17.29	19.76	23.00	9.23					
9	15.00	18.97	45.00	11.46	15.05	18.14	12.19	6.49	40.00	9.58	16.37	19.89	23.00	9.77					
10	14.50	18.01	45.00	11.27	14.89	20.09	13.01	7.21	40.00	8.94	16.79	20.00	23.00	9.40					
11	14.66	17.86	45.00	11.07	15.17	19.41	12.57	6.85	40.00	10.00	17.24	18.45	23.00	10.23					
12	14.33	19.00	45.00	12.05	14.53	19.21	12.93	6.33	40.00	9.77	17.00	19.27	23.00	10.90					
13	13.99	18.25	45.00	11.98	13.84	18.69	13.29	7.05	40.00	10.04	16.95	17.65	23.00	8.88					
14	15.20	17.92	45.00	10.97	14.27	18.75	13.00	6.69	40.00	9.25	16.12	19.41	23.00	9.37					
15	14.79	18.35	45.00	12.15	15.07	19.74	13.15	7.00	40.00	10.13	16.30	20.21	23.00	10.03					
16																			
17																			
18																			
Total	220.23	277.49	675.00	176.30	219.34	291.31	192.38	102.26	600.00	143.32	251.00	291.23	345.00	145.17					
Obs.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15					
Promedio	14.70	18.50	45.00	11.80	14.70	19.50	12.90	6.90	40.00	9.60	16.80	19.50	23.00	9.70	545.50				