



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

**MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BANDA DE
REENCAUCHE, EN LA EMPRESA GRUPO COBÁN S. A.**

Karina Jimena Mazariegos Lemus
Asesorado por el Ing. Álvaro Rocaél Molina Herrera

Guatemala, agosto de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BANDA DE
REENCAUCHE, EN LA EMPRESA GRUPO COBÁN S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

KARINA JIMENA MAZARIEGOS LEMUS

ASESORADO POR EL ING. ÁLVARO ROCAEL MOLINA HERRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BANDA DE REENCAUCHE, EN LA EMPRESA GRUPO COBÁN S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de enero 2014.


Karina Jimena Mazariegos Lemus



Guatemala, 21 de Julio de 2015

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente

Por este medio me permito informarle que he procedido a revisar el Trabajo de Graduación titulado "MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BANDA DE REENCAUCHE, EN LA EMPRESA GRUPO COBÁN S. A.", elaborado por la estudiante KARINA JIMENA MAZARIEGOS LEMUS, ha cumplido con los objetivos por lo que apruebo su contenido, solicitando a su vez darle el trámite respectivo en cuanto a su aprobación e impresión.

Agradeciendo su atención a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Alvaro Rocael Molina Herrera

Colegiado No. 8406

Asesor

*Alvaro Rocael Molina Herrera
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 8406*



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BANDA DE REENCAUCHE, EN LA EMPRESA GRUPO COBÁN S. A.**, presentado por la estudiante universitaria **Karina Jimena Mazariegos Lemus**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

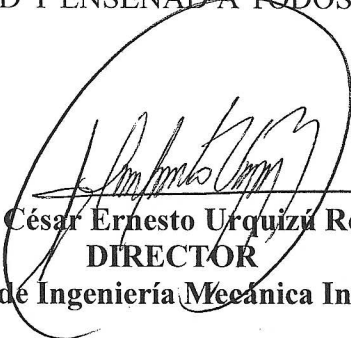
Guatemala, julio de 2015.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación **MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BANDA DE REENCAUCHE, EN LA EMPRESA GRUPO COBÁN S. A.**, presentado por la estudiante universitaria **Karina Jimena Mazariegos Lemus**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2015.

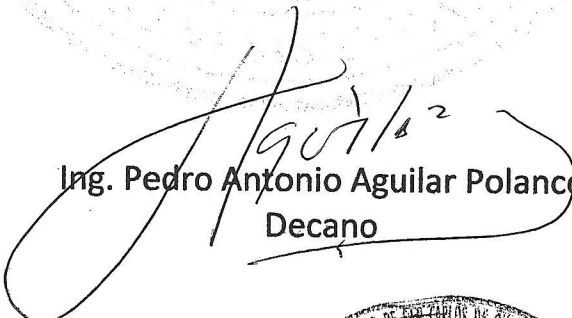
/mgp



DTG. 426.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BANDA DE REENCAUCHE, EN LA EMPRESA GRUPO COBÁN S. A.**, presentado por la estudiante universitaria: **Karina Jimena Mazariegos Lemus**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, 26 de agosto de 2015



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Jehová	Por las muchas bendiciones que me ha dado.
Mis padres	Carlos Mazariegos y Karina Lemus de Mazariegos. Gracias a su esfuerzo y amor logré alcanzar mis metas.
Mis hermanos	Rodrigo, Eleonora y Tania Mazariegos. Gracias por su amistad, cariño y ayuda.
Mis abuelos	Por sus consejos, amor y apoyo.
Mis tíos, primos y demás familiares	Gracias por su apoyo y cariño.
Mi asesor	Ing. Álvaro Molina. Gracias por compartir sus conocimientos y apoyarme.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de ser profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme los conocimientos necesarios para lograr realizar mis metas.
Empresa Grupo Cobán	Con especial agradecimiento por abrirme las puertas para el desarrollo del trabajo de graduación.
Ing. Jorge López	Por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.
Ing. Hugo Alvarado	Gracias por su amistad y apoyo.
Ing. Danilo González	Por motivar a los estudiantes a ser perseverantes para alcanzar sus metas.
Armando García	Por su amistad, cariño y apoyo en todo momento.
Mis amigos	Que siempre me brindaron cariño y apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Grupo Cobán S. A.	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Historia	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Valores	3
1.1.6. Organización.....	4
1.1.7. Organigrama.....	4
1.2. Banda de reencauche	5
1.2.1. Definición.....	6
1.2.2. Características.....	6
1.2.3. Tipos.....	7
1.2.4. Participación en el mercado.....	10
1.3. Cartas de control	10
1.3.1. Definición.....	11
1.3.2. Elementos básicos.....	11
1.3.3. Límites de control	12

1.3.4.	Cartas de control para variables.....	13
1.3.5.	Gráficas de control de medias y rangos	13
1.3.6.	Cartas de individuales	15
1.4.	Interpretacion de las cartas de control	16
1.4.1.	Causas de inestabilidad	17
1.5.	Producción	19
1.5.1.	Definición.....	19
1.5.2.	Tipos	19
1.5.3.	Procesos	20
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL	21
2.1.	Descripción del producto.....	21
2.2.	Materia prima	21
2.3.	Descripción del equipo	22
2.3.1.	Maquinaria.....	23
2.3.2.	Herramientas.....	27
2.4.	Descripción del proceso	28
2.4.1.	Área de Bodega	37
2.4.2.	Área de Pesado.....	37
2.4.3.	Área de Mezcla	37
2.4.4.	Área de Laminado	38
2.4.5.	Área de Extrusión.....	38
2.4.6.	Área de Vulcanizado	38
2.4.7.	Área de Acabados.....	39
2.4.8.	Área de Almacenamiento	39
2.5.	Análisis de desempeño	40
2.5.1.	Estandares	44
2.5.2.	Factores que afectan la producción	44
2.6.	Fortalezas del Departamento de Producción	49

2.6.1.	Identificación de oportunidades de mejora	53
3.	PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	55
3.1.	Banda de reencauche	55
3.1.1.	Estadística en la producción	56
3.1.2.	Control estadístico del proceso.....	57
3.1.3.	Aplicación del control estadístico del proceso	58
3.1.4.	Cartas de control y variables útiles para la banda ..	60
3.1.4.1.	Cartas de lecturas individuales	60
3.1.4.2.	Cartas de control ($\bar{X} - R$)	60
3.1.4.3.	Aplicación de la carta de control apropiada.....	61
3.2.	Determinacion del procedimiento para aplicar la técnica estadística	61
3.2.1.	Descripción del problema	64
3.2.2.	Definición de la utilidad para evaluar	80
3.2.3.	Objetivos planteados	81
3.2.4.	Operación de una carta de control.....	81
3.2.4.1.	Problema identificado	81
3.2.4.2.	Beneficio	82
3.2.4.3.	Objetivos.....	83
3.2.4.4.	Enumeracion de variables	83
3.2.4.5.	Preselección de variables prioritarias ..	84
3.2.4.6.	Elección primer variable	84
3.2.4.7.	Selección de carta apropiada	85
3.2.4.8.	Determinación tamaño y frecuencia de muestreo.....	85
3.2.4.9.	Media de la carta de control.....	86
3.2.4.10.	Desviación estandar	86

	3.2.4.11.	Límites de control	87
3.3.		Interpretación de la carta de control	94
	3.3.1.	Patrones	95
3.4.		Hoja de verificación	95
	3.4.1.	Obtención de datos	95
	3.4.2.	Formato	95
	3.4.3.	Frecuencia.....	96
3.5.		Ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar)	96
	3.5.1.	Planear	97
	3.5.2.	Hacer.....	98
	3.5.3.	Verificar	99
	3.5.4.	Actuar	99
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	101
4.1.		Proceso de extrusión.....	101
	4.1.1.	Procedimiento de operación.....	101
		4.1.1.1. Diagrama de flujo del proceso	102
		4.1.1.2. Cuantificación de la materia prima	106
		4.1.1.3. Características de la materia prima....	106
	4.1.2.	Ejecución de la técnica estadística en la banda	107
		4.1.2.1. Carta de control.....	107
		4.1.2.2. Procedimiento de aplicación.....	107
		4.1.2.3. Personal responsable.....	108
		4.1.2.4. Especificaciones.....	109
		4.1.2.5. Acciones correctivas	110
4.2.		Aplicando el ciclo PHVA.....	111
	4.2.1.	Metas y objetivos.....	112
	4.2.2.	Métodos para asegurar el cumplimiento	114
	4.2.3.	Capacitación.....	117

4.2.4.	Aplicación	118
4.2.5.	Verificación de resultados.....	118
4.2.6.	Determinación de la acción apropiada.....	120
4.3.	Monitoreo y control	120
4.3.1.	Utilización de la hoja de verificación	121
4.3.2.	Equipo de medición	122
4.3.3.	Frecuencia	122
4.3.4.	Interpretación.....	123
4.3.5.	Documentación.....	124
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA.....	127
5.1.	Resultados obtenidos	127
5.1.1.	Interpretación.....	127
5.1.2.	Aplicación	128
5.2.	Ventajas y beneficios.....	129
5.3.	Acciones correctivas.....	130
5.4.	Auditorías	132
5.4.1.	Internas.....	134
5.4.2.	Externas	134
5.5.	Beneficio/costo	135
	CONCLUSIONES	139
	RECOMENDACIONES	143
	BIBLIOGRAFÍA.....	145
	ANEXOS	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación empresa Grupo Cobán S. A.	1
2.	Organigrama	5
3.	Banda Hc Radial Drive 18	8
4.	Banda HB-250.....	8
5.	Banda Hc Radial Highway.....	9
6.	Banda Hc Bobcat	9
7.	Carta de control típica	12
8.	Límites de control de la carta de medias.....	14
9.	Límites de control de la carta de rangos	14
10.	Límites de control de la carta de individuales.....	15
11.	Límites simplificados de una carta de individuales.....	16
12.	Zonas de una carta de control.....	17
13.	Banda de reencauche Hc Radial Drive 18	21
14.	Molino mezclador 1	23
15.	Molino mezclador 2	24
16.	Calandra laminadora	24
17.	Máquina extrusora.....	25
18.	Prensa de vulcanizado	26
19.	Herramientas.....	27
20.	Croquis de la planta	29
21.	Diagrama de operación del proceso actual	30
22.	Diagrama de Pareto	47
23.	Diagrama de Ishikawa.....	48

24.	Plan de trabajo.....	52
25.	Curva de distribución normal	57
26.	Área de Extrusión	66
27.	Desperfectos de la mesa	67
28.	Material cortado	68
29.	Estación de trabajo	68
30.	Propuesta de estación de trabajo	70
31.	Diagrama de operación del proceso de extrusión actual	72
32.	Diagrama de operación del proceso de extrusión mejorado.....	76
33.	Tablero de control actual	78
34.	Tablero de control propuesto	79
35.	Cálculo de límites de control de la carta de medias.....	87
36.	Gráfica de medias banda Hc Radial Drive 18 T 9.....	88
37.	Cálculo de límites de control de la carta de rangos	89
38.	Gráfica de rango banda Hc Radial Drive 18 T 9	90
39.	Diagrama de Pareto.....	91
40.	Gráfica de medias de banda Hc Radial Drive 18 T 9.....	94
41.	Hoja de verificación de peso banda preformada.....	96
42.	Diagrama de flujo del proceso de extrusión actual	102
43.	Productividad	105
44.	Diagrama de relaciones del proceso de producción de una banda de reencauche	116
45.	Formato reporte semanal.....	121
46.	Fórmula de utilidad	137

TABLAS

I.	Causas de inestabilidad.....	18
II.	Evaluación del desempeño área Gerencia General.....	40

III.	Evaluación del desempeño en el área Recursos Humanos	41
IV.	Evaluación del desempeño en el área Sistemas.....	41
V.	Evaluación del desempeño en el área Producción	42
VI.	Estándares del proceso.....	44
VII.	Análisis Foda.....	50
VIII.	Matriz de estrategias.....	51
IX.	Tabla de registro de pesos.....	62
X.	Factores para la construcción de las cartas de control	63
XI.	Peso y porcentaje de rebaba	65
XII.	Propuesta peso banda Hc Radial Drive 18 T 9	65
XIII.	Datos correspondientes a la medición en kilogramos de la extrusión de banda de reencauche Hc Radial Drive 18 T 9.....	85
XIV.	Límites de control de la carta de medias.....	87
XV.	Límites de control de la carta de rangos	89
XVI.	Pesos de la banda Radial Drive 18 T 9.....	92
XVII.	Límites de control.....	93
XVIII.	Categorías del ciclo PHVA	111
XIX.	Tabla de priorización	113
XX.	Orden de prioridades.....	114
XXI.	Análisis de preguntas lógicas.....	115
XXII.	Análisis de cambio del proceso	117
XXIII.	Actividades de verificación de resultados.....	119
XXIV.	Frecuencia de actividades de producción	122
XXV.	Proceso de documentación.....	125
XXVI.	Ciclo PHVA	128
XXVII.	Control de acciones correctivas	132
XXVIII.	Beneficio/costo del proceso actual.....	136
XXIX.	Beneficio/costo del proceso mejorado.....	136

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A_2	Constante para gráfica de medias
D_2	Constante para la construcción de cartas de control
D_3	Constante para la construcción de cartas de control
B_3	Constante para gráfica de desviación estándar
B_4	Constante para gráfica de desviación estándar
σ	Desviación estándar
S	Desviación estándar de la muestra
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
gr	Gramos
h	Hora
kg	Kilogramo
\bar{X}	Media aritmética de la muestra
\bar{R}	Media aritmética de rangos de los subgrupos
$\bar{\bar{X}}$	Media aritmética de subgrupos
m	Metro
m^3	Metros cúbicos
mm	Milímetro
min	Minuto
μ	Mu representa la media del proceso
\bar{S}	Promedio de desviación estándar
R	Rangos
n	Tamaño de subgrupo

GLOSARIO

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
Banda de reencauche	Circunda a la carcasa del neumático y destinada al contacto con el suelo.
Carcasa	Es la armadura o estructura resistente del neumático.
Centrífuga	Que tiene a alejar del eje alrededor del cual gira.
CEP	Control estadístico del proceso.
Ciclo PHVA	Ciclo planear, hacer, verificar y actuar.
Desperdicio	Cualquier cosa o actividad que genera costos y no agrega valor al producto.
Diagrama Ishikawa	Es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre diversas variables que intervienen en un proceso.
DIN	Instituto Alemán de Normalización.
Durómetro	Aparato que mide la dureza de los materiales.

Rebaba	Porción de material sobrante que se acumula en los bordes o en la superficie de un objeto.
Reproceso	Esfuerzo adicional necesario para la corrección de una inconformidad en algún producto.
Vernier	Instrumento para realizar medidas de precisión.
Vulcanización	Es un proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

RESUMEN

Grupo Cobán S. A. comercializa las bandas de reencauche más importantes en el ámbito nacional como lo es la banda HC Radial Drive 18 T 9, tiene participación del veinte por ciento (20 %) en la industria del reencauche, han dedicado sus esfuerzos para mejorar el desempeño de sus actividades y calidad de su producto. Por lo que es muy importante proporcionar a esta empresa herramientas estadísticas propias para la mejora y control de sus procesos que mejoren la producción.

El proceso vital dentro del proceso genérico es la extrusión de la banda preformada, que proporciona la calidad requerida por el cliente, influyendo sobre las dimensiones de la banda, especificaciones, el uso eficiente de la materia prima, el tiempo y entrega de unidades conformes. Dentro del proceso existen variaciones que pueden modificar las características del producto que afectan la calidad del mismo.

Para asegurar el control estadístico del proceso se implementaron las cartas de control que junto a las herramientas estadísticas permiten mantener estable el proceso, reducir la variabilidad y mejorar su producción.

A partir de esta mejora se obtuvo una disminución del dieciséis coma cincuenta y dos por ciento (16,52 %) en costos totales, además de mejora en el proceso de producción en un cincuenta coma cero seis por ciento (50,06 %) en la banda HC Radial Drive 18 talla 9 en la empresa Grupo Cobán S. A.

OBJETIVOS

General

Mejorar el proceso de producción de una banda de reencauche, en la empresa Grupo Cobán S. A.

Específicos

1. Mejorar el desempeño del proceso de la banda de reencauche HC Radial Drive 18 talla 9 en un cuarenta por ciento (40 %) en la empresa Grupo Cobán S. A.
2. Aumentar cincuenta por ciento (50 %) las utilidades para mejorar el desempeño de los procesos que afectan directamente el desperdicio de la materia prima.
3. Disminuir costos del desperdicio de materia prima en un quince por ciento (15 %) mediante la implementación de cartas de control.
4. Prevenir problemas de variabilidad mayores al cincuenta por ciento (50 %) del proceso de extrusión, para identificar fácilmente el comportamiento natural y causas del mismo.
5. Definir límites de control para el proceso de extrusión, que reduzca un dos por ciento (2 %) la rebaba, y a su vez identifique a tiempo cambios o irregularidades.

6. Determinar el procedimiento que debe realizar el personal encargado para recolectar datos, utilizar instrumentos de medición y prueba, formatos sencillos y entendibles.
7. Definir la metodología adecuada de análisis de variabilidad de los procesos, como base del personal en la toma de decisiones.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la empresa Grupo Cobán S. A. se dedica a la fabricación de distintos artículos de uso automotriz de los cuales sobresale la banda de reencauche, que envuelve a la carcasa del neumático la cual está destinada al contacto de rodamiento directo con el suelo. Las llantas se reencauchan, generalmente por la economía que representa para el consumidor, de hecho el costo por kilómetro promedio de una llanta nueva es muy superior al de una reencauchada. También existen motivos ecológicos, como el reciclaje y el hecho de requerir un porcentaje menor de petróleo para su producción.

Es muy importante que en la producción de una banda de reencauche se siga un orden secuencial en las diferentes áreas para disminuir el error humano y optimizar los recursos. Muchas veces las fábricas de este tipo nacen en un pequeño espacio y conforme necesitan de este, se van expandiendo, sin tomar en cuenta muchos factores que podrían afectar su producción

Cuando se ubica una fábrica y se ordenan sus áreas, no solamente en fabricación de bandas de reencauche, sino que en general, se busca que la producción sea fluida y se optimice el tiempo y todas las actividades que se dan en cada parte del proceso.

En el presente trabajo de graduación, la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos de caucho se va a enfocar en una adecuada producción basada en los diferentes procesos que lleva la banda de reencauche sin descuidar la ergonomía del sistema.

1. ANTECEDENTES GENERALES

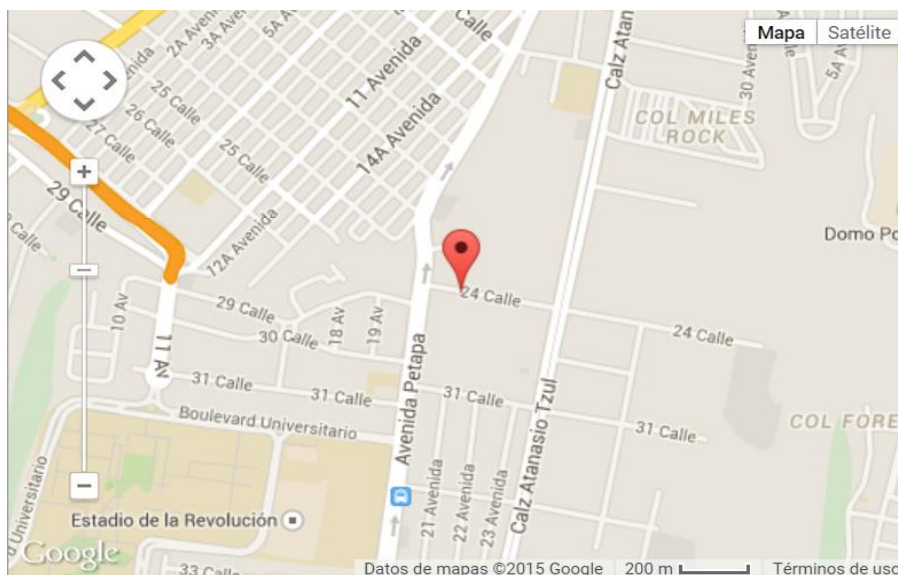
1.1. Grupo Cobán S. A.

Es una industria dedicada a la fabricación de bandas de reencauche y distintos artículos de uso automotriz.

1.1.1. Ubicación

La empresa Grupo Cobán S. A., se encuentra ubicada en la 24 calle 24-75 zona 12, ciudad de Guatemala, Guatemala.

Figura 1. **Ubicación empresa Grupo Cobán S. A.**



Fuente: *Grupo Cobán S. A. en Guatemala*. <http://www.aquienguate.com/perfil/grupo-cobn-sa>.

Consulta: 20 de febrero de 2015.

1.1.2. Historia

Grupo Cobán S. A. comenzó a operar en 1914 como una tenería en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala. Con el paso del tiempo se logró convertir en una prestigiosa zapatería. Entrada la década de los 30, una familia guatemalteca compra la planta y le da un nuevo impulso, iniciando la transformación de esta hacia un nivel centroamericano.

División Hulera surgió como uno de los proyectos visionarios y emprendedores de Grupo Cobán en 1958 por el Ing. Carlos Emilio Torrebiarte Lantzendortffer, que se especializa en la fabricación de productos de hule y eva para la industria del calzado, materiales para reencauche y construcción. El enfoque global apuesta al diseño y desarrollo de productos que contribuyen a satisfacer necesidades específicas de los mercados internacionales.

Durante casi 55 años, Grupo Cobán cuenta con laboratorio de investigación y desarrollo muy completo que les permite diseñar y producir productos, cumpliendo con las especificaciones que requieren hoy en día el exigente mercado internacional, bajo normas de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y del Instituto Alemán de Normalización (DIN).

Gracias a la combinación de experiencia y tecnología, ofrecen bandas para reencauche de la más alta calidad. Cada lote fabricado es probado para asegurar que la banda posee propiedades físicas de excelente adhesión y uso prolongado.

Cuentan con aproximadamente veinticinco labores de bandas de diferentes tamaños, lo que les permite tener diversidad de opciones según lo requiera el cliente.

La experiencia del trabajo realizado en Grupo Cobán ha sido el resultado de la empatía y lealtad de sus colaboradores, que permite brindar un servicio personalizado plenamente orientado a la satisfacción del cliente.

A causa de una visión emprendedora, Grupo Cobán ha logrado ofrecer precios competitivos, que se asocian a la calidad de productos y servicios, para otorgar el valor adecuado a la inversión de sus clientes¹.

1.1.3. Misión

“Posicionar en la cima del mercado de calzado, el reconocimiento de la calidad de nuestros productos y acompañar a las generaciones presentes y futuras con pasos firmes”.

1.1.4. Visión

“Hacemos que el mundo camine a gusto generando conceptos innovadores para calzar estilos de vida”².

1.1.5. Valores

- “Compromiso: todo lo que prometemos lo cumplimos siempre.
- Lealtad: somos constantes con nuestros afectos tanto hacia la empresa como a las personas que la conforman.
- Puntualidad: cumplimos con las fechas prometidas y nos presentamos a nuestras labores en el horario establecido.

¹ Recursos Humanos, Grupo Cobán S. A.

² *Ibíd.*

- Honestidad: nuestros actos están basados en la verdad, hacemos y decimos lo que se debe.
- Empatía: nos solidarizamos tanto con las necesidades de nuestros clientes, que las tomamos como propias”³.

1.1.6. Organización

Grupo Cobán S. A. es una organización de tipo industrial, nació para proveer a sus clientes y consumidores productos que satisfagan sus necesidades de calidad y precio, conscientes de que constituyen la razón básica de sus operaciones.

Actualmente comercializan bandas de reencauche, botas industriales de punta de acero, botas de hule, suelas, calzado de trabajo, escolar, casual, de vestir y deportivo. También comercializan accesorios como alfombras, cinchos y productos de cuidado de la piel del calzado.

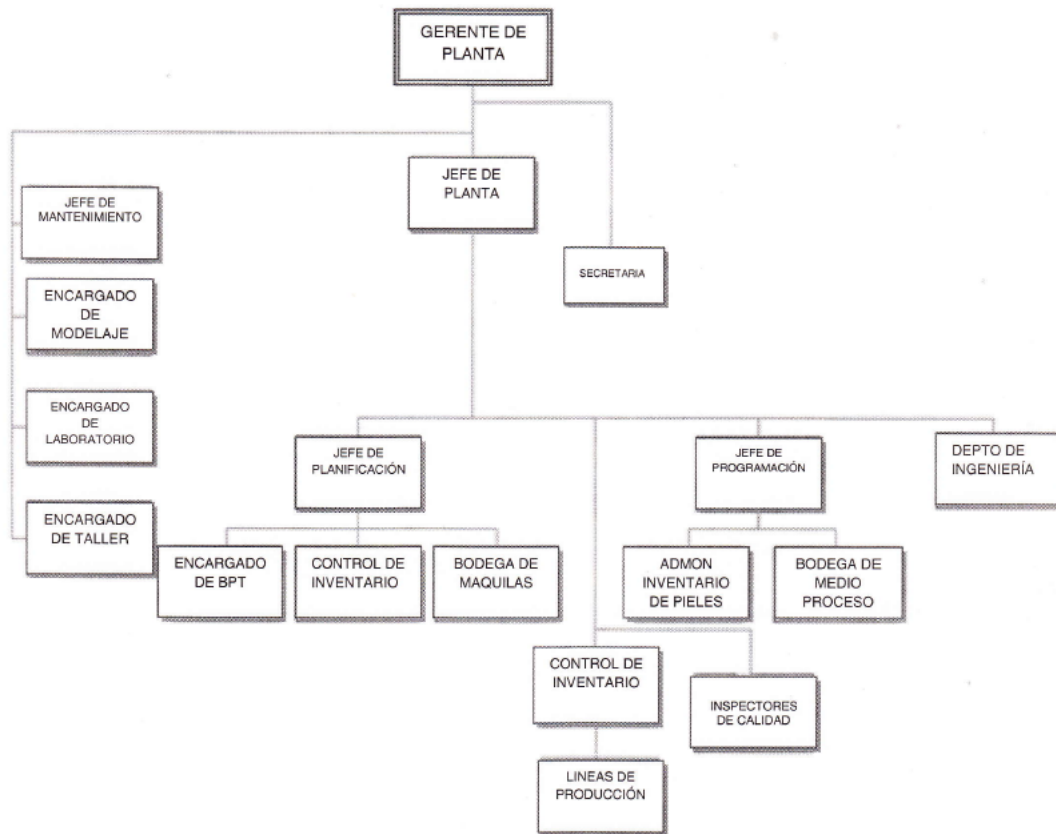
1.1.7. Organigrama

La representación gráfica de la estructura departamental de Grupo Cobán S. A., desempeña un papel informativo que presenta todos los niveles de jerarquía y la relación entre ellos para un buen funcionamiento de administración, organización, control y desarrollo que forma un equipo competitivo e integral dentro de la empresa.

³ Recursos Humanos, Grupo Cobán S. A.

El tipo de organigrama es vertical, muestra las jerarquías de arriba hacia abajo a partir del titular, en forma escalonada.

Figura 2. Organigrama



Fuente: Recursos Humanos, Grupo Cobán S. A.

1.2. Banda de reencauche

Para este estudio se elige la banda Hc Radial Drive 18 talla 9, con el objetivo de mejorar el proceso productivo mediante la aplicación de las cartas de control.

1.2.1. Definición

Es la banda exterior circunferencial de caucho que envuelve a la carcasa del neumático y de un espesor suficiente para llevar grabadas en ella las ranuras, estrías y dibujos en general o bien una serie de tacos y nervaduras para facilitar el agarre al suelo. Asimismo, la banda de reencauche debe asegurar una buena adherencia en el pavimento y una duración adecuada.

1.2.2. Características

La banda de reencauche Hc Radial Drive 18 talla 9 comprende una serie de grabados y resaltes, efectuadas en la masa de caucho que se componen por un conjunto de huecos: estrías, hendiduras, cortes, ranuras, muescas. Las principales funciones de los grabados son las siguientes:

- Agilizar y garantizar la flexibilidad adecuada de la banda de reencauche, permitiendo una eficaz adherencia al pavimento, tanto en dirección longitudinal como transversal.
- En caso de lluvia, permitir el paso hacia el exterior del volumen de agua que durante el movimiento penetra por encima de la zona de soporte.
- Proveer la dispersión.

El perfil y dimensiones de los grabados difieren perceptiblemente de un tipo de banda a otro y según el tamaño de la llanta. El perfil de U de los grabados, con paredes unidas hacia el fondo, dificulta la introducción de pequeños cuerpos extraños en las aberturas y facilita su eliminación por resultado de la fuerza centrífuga.

Los resaltes se encuentran rodeando los grabados (tacos, barras, laminillas, rebordes), que forman las partes sólidas de la banda de reencauche. Estos resaltes se encuentran colocados de forma continua, es decir, en zigzag, proceso en el cual se presentan como un cordón dispuesto a todo lo largo del contorno de la banda de reencauche.

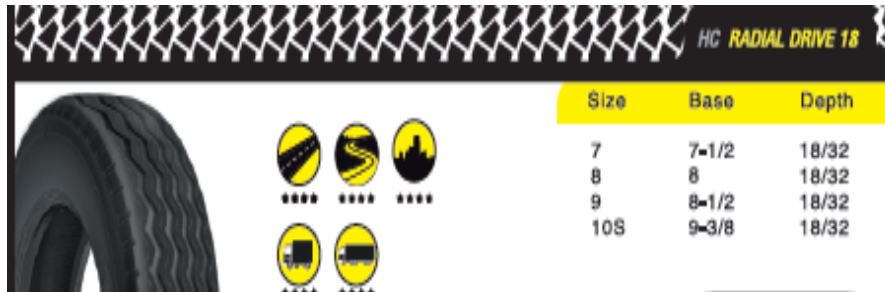
Por intervención de los resaltes se transfieren al suelo la carga ejercida sobre la llanta, los vientos laterales, la fuerza motriz y los esfuerzos de frenado; por tanto, para la evaluación de una banda de reencauche son significativas las siguientes características: tipo, forma, distribución de los resaltes y número, asimismo la inclinación de su eje principal con relación al plano medio del neumático.

1.2.3. Tipos

A continuación se presentan los diferentes tipos de banda de reencauche de mayor producción en la empresa Grupo Cobán S. A.:

- HC Radial Drive 18: está diseñado especialmente para camiones de un eje y doble eje. En uso de carreteras abiertas, curvas y ciudad. *Size* (talla), *base* (ancho) y *depth* (profundidad de ranura) de la banda de reencauche.

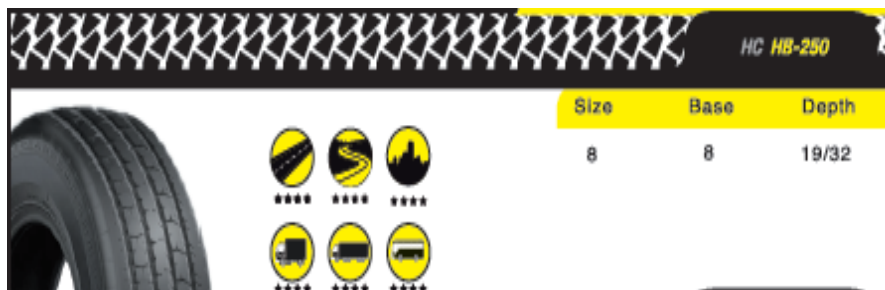
Figura 3. **Banda Hc Radial Drive 18**



Fuente: Departamento de Ventas, Grupo Cobán, S. A.

- Hc HB-250: está diseñado especialmente para camiones de un eje, doble eje, buses y grúas. En uso de carreteras abiertas, curvas y ciudad. *Size* (talla), *base* (ancho) y *depth* (profundidad de ranura) de la banda de reencauche.

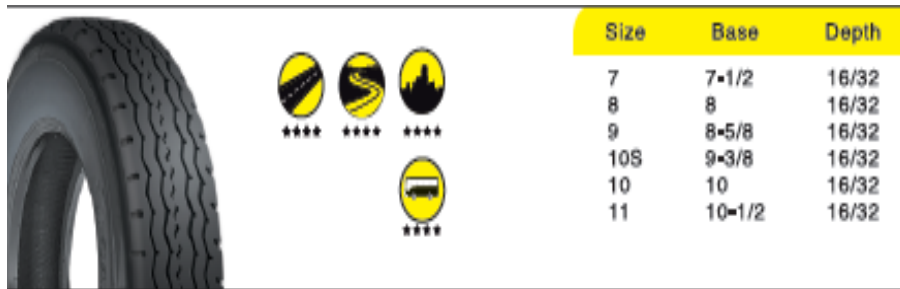
Figura 4. **Banda HB-250**



Fuente: Departamento de Ventas, Grupo Cobán, S. A.

- HC Radial Highway: está diseñado especialmente para uso exclusivo de buses. En uso de carreteras abiertas, curvas y ciudad. *Size* (talla), base (ancho) y *depth* (profundidad de ranura) de la banda de reencauche.

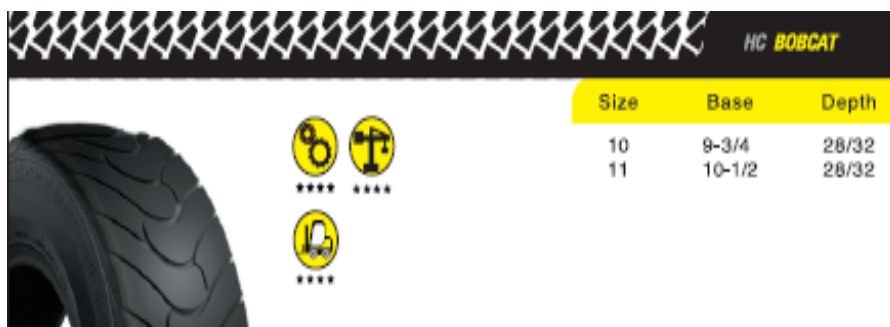
Figura 5. **Banda HC Radial Highway**



Fuente: Departamento de Ventas, Grupo Cobán, S. A.

- HC Bobcat: está diseñado especialmente para maquinaria pesada como Bobcat y grúas Yale. En uso de área de construcción y bodegas de almacenamiento. *Size* (talla), base (ancho) y *depth* (profundidad de ranura) de la banda de reencauche.

Figura 6. **Banda HC Bobcat**



Fuente: Departamento de Ventas, Grupo Cobán, S. A.

1.2.4. Participación en el mercado

En el mercado centroamericano también existe la tendencia de influencia de la banda de rodamiento reencauchada de la convencional. Con relación a la participación en la industria del reencauche de los países en Centroamérica, se tiene los porcentajes respectivos de cada país, cuarenta y tres por ciento (43 %) en Guatemala, treinta y cuatro por ciento (34 %) en Costa Rica, dieciséis por ciento (16 %) en El Salvador, y siete por ciento (7 %) en Panamá. Honduras y Nicaragua no se tomaron en cuenta debido a su bajo porcentaje en el uso de esta industria.

Con lo anterior, se puede observar que, Guatemala es el país que está al frente en la industrialización y utilización del reencauche, seguido de Costa Rica, donde la lucha por la conservación y protección del medio ambiente están arraigadas en la población.

La empresa Grupo Cobán S. A. participa un veinte por ciento (20 %) en la industria del reencauche en Guatemala, debido a la fuerte demanda que se presenta y a las ventajas que ofrecen las llantas de tipo radial⁴.

1.3. Cartas de Control

Se llevará a cabo en el área de Proceso de Extrusión mediante la determinación de límites de control para obtener estadísticas del peso que debe tener la banda de reencauche y reducir el desperdicio.

⁴ Departamento de Ventas, Grupo Cobán S. A.

1.3.1. Definición

Es un instrumento indispensable para monitorear y controlar adecuadamente los procesos, parte de un análisis objetivo de los antecedentes del problema y toma en cuenta la variabilidad que tiene el proceso o sistema.

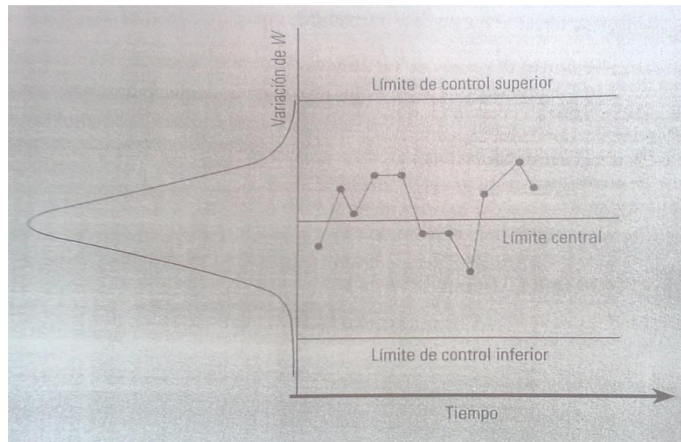
En Grupo Cobán S. A. no utilizan cartas de control en sus procesos, por tal motivo se carece de un proceso estable y predecible. Como consecuencia existe falta de detección y corrección de variaciones que afectan la calidad del producto, aumento de desechos y clientes insatisfechos.

1.3.2. Elementos básicos

La carta de control está conformada por sus límites central, superior e inferior, que se posicionan de forma que representen el promedio del estadístico en el centro y exista alta probabilidad de que todos los valores caigan dentro de los límites. Esto permite detectar variaciones por causas comunes que son parte natural del proceso y especiales como consecuencia de una situación especial no común. Si todos los valores caen dentro de los límites con causas comunes de variación entonces el proceso está en control estadístico. En caso contrario se debe investigar su causa y corregir el problema.

En la figura 7 se observa la estructura de una carta de control típica con una escala numérica en las unidades del estadístico W en el eje vertical, y en el eje horizontal la escala cronológica de la obtención de muestras.

Figura 7. **Carta de control típica**



Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 220.

1.3.3. Límites de control

Para la obtención de límites de control se necesita hacer un estudio inicial, en el que se tomen datos del proceso de extrusión que muestren su comportamiento por un tiempo representativo. En este caso se aplicará la carta de control de medias y rangos ($\bar{X} - R$) porque producen numerosas bandas de reencauche durante un lapso pequeño y además la variable de salida de interés es de tipo continuo, es decir que puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo específico.

Como primer paso al salir cada banda de reencauche preformada del proceso de extrusión, se tomará un número pequeño de este subgrupo o muestra a las que se medirá una característica de calidad.

A partir de la obtención de datos se calcula la media y rango de cada muestra para posteriormente conocer la tendencia central y la variabilidad del proceso. Con estas estimaciones se logra tener el cálculo de los límites del gráfico, dentro de los cuales el noventa y nueve por ciento (99 %) de los valores de la variable observada puede caer en la carta de control.

La forma de estimar la media y desviación estándar, dependerá del tipo de estadístico, ya sea un promedio, un rango o un porcentaje. Al tener establecidos los límites de control, estos estarán sujetos a cambios hasta que todas las causas de las posibles variaciones sean encontradas y corregidas.

1.3.4. Cartas de control para variables

Las características de calidad (peso, longitud, temperatura, volumen, densidad y resistencia) que se miden de la banda de reencauche Radial Drive T 9 son de tipo continuo, requiere de instrumentos de medición.

En la carta de medias y rangos ($\bar{X} - R$) se medirán los cambios en la media del proceso y la amplitud de la dispersión. Detectándolos cada determinada cantidad de bandas preformadas en la salida del proceso de extrusión.

1.3.5. Gráficas de control de medias y rangos

Como actualmente no se cuenta con gráficas de control, a continuación se explica cómo se estiman los límites de la carta de medias y rangos ($\bar{X} - R$).

Los límites de control de la carta de medias (\bar{X}), se determina por la media de las medias, media de los rangos de los subgrupos y la contante A_2 que se

utiliza para la construcción de la carta con varios valores para distintos tamaños de muestra según el anexo 1.

Con base en lo anterior, los límites de control para una carta de control de medias (\bar{X}), se calculan de la siguiente manera:

Figura 8. **Límites de control de la carta de medias**

$$\begin{aligned} LCS &= \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \\ \text{Línea central} &= \bar{\bar{x}} \\ LCI &= \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \end{aligned}$$

Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 224.

Después de haber estimado los límites de la carta de medias se determinarán los límites de la carta de rangos (R). Los límites de control se establecerán a partir de la media de los rangos y las constantes D_3 y D_4 que están tabuladas en el anexo 1 para diferentes tamaños de subgrupo (n). Donde, al simplificar, los límites de control para la carta R se calculan de la siguiente manera:

Figura 9. **Límites simplificados de la carta de rangos**

$$\begin{aligned} LCI &= D_3\bar{R} \\ \text{Línea central} &= \bar{R} \\ LCS &= D_4\bar{R} \end{aligned}$$

Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 226.

1.3.6. Carta de individuales

Por motivos de conocimiento general se explicará este tipo de carta de control la cual se utiliza solamente en procesos lentos y variables de tipo continuo, en los cuales para obtener una medición de la variable en análisis, se necesitan esperar lapsos de tiempo largos. Por tal motivo esta carta no aplica al proceso en estudio, pero sirve como concepto general del tema cartas de control estadístico.

Esta carta utiliza el mismo proceso de estimación de los límites de control de la carta de medias y rangos ($\bar{X} - R$). Para determinar los límites de control se procede de la misma forma que en los casos anteriores, con la expresión $\mu_X \pm 3\sigma_X$.

Por tanto, los límites de control para una carta de individuales se ajustan por definición con los límites reales y están dados por:

Figura 10. **Límites de control de la carta de individuales**

$$\begin{aligned} LCS &= \bar{X} + 3 \left(\frac{\bar{R}}{1,128} \right) \\ \text{Línea central} &= \bar{X} \\ LCI &= \bar{X} - 3 \left(\frac{\bar{R}}{1,128} \right) \end{aligned}$$

Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 236.

Para detectar cambios en la dispersión del proceso se utiliza como complemento de la carta de individuales la carta de rangos móviles, los límites

de control se obtienen de la misma forma que una carta de rangos, solo que en este caso las constantes D_3 y D_4 se obtienen usando el tamaño de subgrupo $n = 2$, debido a que cada rango se obtiene de dos datos. De acuerdo con el anexo 1, los límites de esta carta están dados por:

Figura 11. **Límites simplificados de la carta de individuales**

$$\begin{array}{l} LCI = 0 \\ \text{Línea central} = \bar{R} \\ LCS = 3,267\bar{R} \end{array}$$

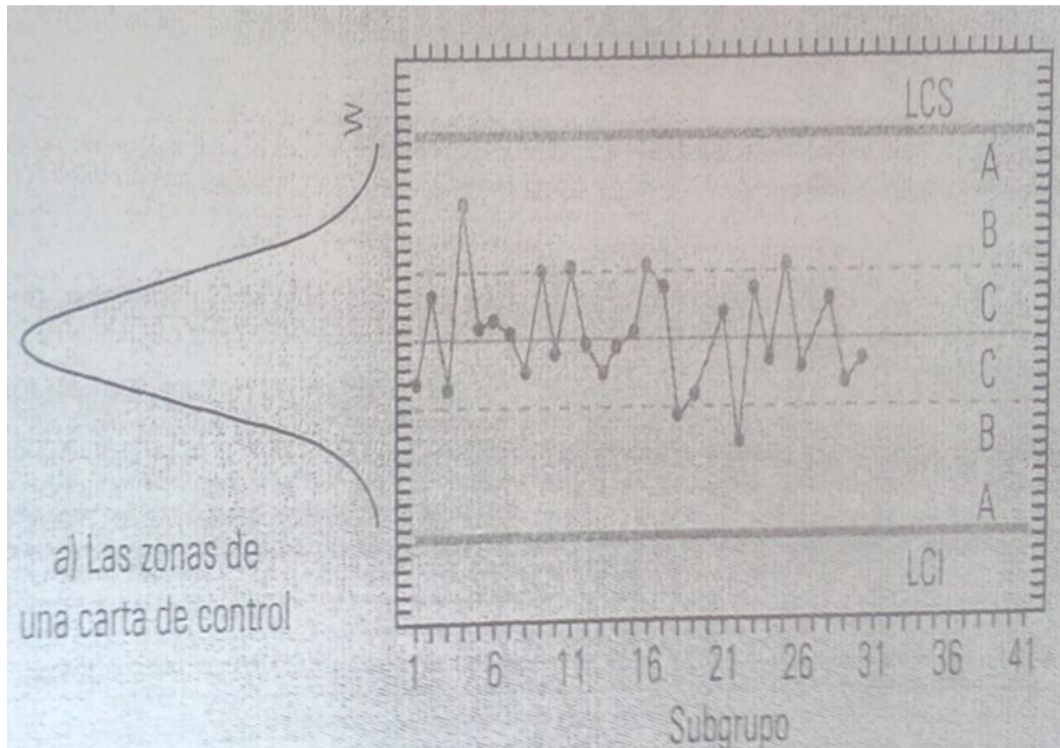
Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 238.

1.4. Interpretación de las cartas de control

Al presentarse un punto fuera de los límites de control establecidos es indicación que existe una causa especial de variación. También si se visualiza que los puntos graficados forman un patrón no aleatorio de comportamiento, quiere decir que el proceso es inestable y se debe tener el conocimiento de los cinco patrones que pueden llegar a darse al momento de analizar el proceso.

El primer paso para analizar los patrones no aleatorios es dividir la carta de control en seis áreas, cada una con una amplitud equivalente a una desviación estándar del estadístico que se grafica.

Figura 12. Zonas de una carta de control



Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 233.

1.4.1. Causas de inestabilidad

Los patrones no aleatorios que se pueden formar al momento de obtener la carta de control y utilizarla en el proceso se explican a continuación junto con sus causas de inestabilidad:

Tabla I. **Causas de inestabilidad**

Patrones	Formación de puntos	Causas de inestabilidad
Desplazamientos	Ocho puntos consecutivos están en un lado de la línea central, o tienen una tendencia prolongada de un solo lado de la línea central.	Introducción de nuevo personal, materiales, máquinas, métodos, entre otros.
		Variación en la atención de los trabajadores.
		Cambio en el método de inspección.
		Un proceso mejor o peor.
Tendencias en el nivel del proceso	Seis o más puntos consecutivos formando una tendencia ascendente o descendente prolongada.	Deterioro del equipo de producción.
		Desgaste de las herramientas.
		Acumulación de productos de desperdicio en las tuberías.
		Calentamiento en máquinas.
Ciclos recurrentes	Puntos consecutivos que tienden a ascender y después a descender de igual forma repitiéndose consecutivamente en ciclos periódicamente.	Cambios constantes en el ambiente.
		Rotación frecuente de máquinas y operarios.
		Diferencia en los aparatos de medición o prueba.
		Resultado sistemático producido por máquinas, operarios o materiales que se utilizan alternamente.
Mucha variabilidad	Ocho puntos consecutivos en ambos lados de la línea central.	Exceso de control o ajustes innecesarios en el proceso.
Falta de variabilidad	Quince puntos consecutivos en la zona C.	Cambios sistemáticos en calidad de materiales o en métodos de prueba.
		Agrupamiento de una misma muestra con datos provenientes de universos con medias bastante diferentes.

Fuente: elaboración propia.

1.5. Producción

La producción de la banda de reencauche HC Radial Drive 18 talla 9 está organizada por lotes, el personal y los equipos que efectúan una misma actividad se agrupan en una misma área, adquiriéndose así una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos.

1.5.1. Definición

En Grupo Cobán S. A. se produce bandas de reencauche que consiste en la transformación de insumos (hules y tierras, químicos y acelerantes), que pasan por un conjunto de procesos que permiten ofrecer a los clientes un producto y servicio de alta calidad.

1.5.2. Tipos

Existen tres tipos de flujo de productos: en línea, por lote y por proyecto. Se describirán a continuación sus diferencias y aplicación:

- Flujo en línea: el producto se transporta continuamente de una etapa a la siguiente, y puede existir entrada de flujos laterales en la línea principal de productos. Manejan productos estandarizados y automatizados, que son de tipo masivo, y carece de flexibilidad en las operaciones.
- Flujo por lotes: es el recorrido que siguen los materiales en Grupo Cobán S. A. hasta su llegada a almacén de producto terminado. Consta de diferentes centros de trabajo que realizan una actividad específica que permite fabricar diversidad de bandas de reencauche pasando por los diferentes centros según sus características, lo cual permite mayor

flexibilidad en el equipo y capacidad para hacer productos distintos. Es apropiado cuando existen muchos productos diferentes.

- Proyecto: se aplica a productos particulares que se hacen una sola vez. Se necesita de una planeación y programación intensiva, utilización de equipos de automatización y mano de obra especializada. Existe una secuencia en las operaciones a realizar, resulta en productos o servicios costosos, debido al proceso intensivo y consumo de tiempo.

1.5.3. Procesos

El conjunto de procesos de producción de la banda de reencauche HC Radial Drive 18 T 9 está conformado por las siguientes etapas: recibo de la materia prima, preparación de fórmula, realizar mezcla, laminar mezcla, extrusión de banda preformada, vulcanización de banda preformada, acabados de banda reencauchada y almacenamiento de banda de reencauche. Cada parte del proceso se agrupa con el equipo y personal de una misma actividad durante todo el desarrollo del producto para lograr mantener un flujo por lotes efectivo.

2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

2.1. Descripción del producto

La banda Hc Radial Drive 18 es construida en caucho y de un espesor suficiente como para llevar grabadas en ella las ranuras, estrías y dibujos en general del neumático, las dimensiones de la banda son: talla 9, base 8 1/2 mm y profundidad de 18/32 mm. Está diseñada para ser utilizada por camiones y furgones en industrias, carreteras sinuosas y autopistas.

Figura 13. Banda de reencauche Hc Radial Drive 18



The figure shows a cross-section of the tire tread pattern for the Hc Radial Drive 18. The tread features a series of repeating, interlocking V-shaped blocks. To the left is a photograph of the tire. In the center, there are five circular icons representing different applications: a road, a winding road, a city skyline, a truck, and a van, each with five stars below it. To the right is a table with three columns: Size, Base, and Depth.

Size	Base	Depth
7	7-1/2	18/32
8	8	18/32
9	8-1/2	18/32
10S	9-3/8	18/32

Fuente: Departamento de Ventas, Grupo Cobán, S. A.

2.2. Materia prima

Los insumos que se utilizan para la fabricación de la banda de reencauche entre la variedad que existe de materia prima, se tienen a continuación los siguientes:

- Hules y tierras: elastómeros y cargas de refuerzo. Son componentes básicos con propiedades de elasticidad y resistencia al desgaste.
- Químicos: plasticantes y agentes protectores. Se utilizan para impedir la degradación prematura del caucho y facilitar la fabricación de la banda de reencauche.
- Acelerantes: agente vulcanizante. Inducen la vulcanización del caucho y permiten reducir los tiempos de vulcanización.

Este material consiste en una mezcla, que es capaz de resistir a la abrasión, los cortes y el desgarró, tal que, se desgaste de manera lenta y regular.

2.3. Descripción del equipo

El equipo utilizado en la planta está compuesto especialmente para la fabricación de bandas de reencauche, se cuenta con:

- Mezcladora Banbury
- Calandra laminadora
- Extrusora
- Prensas vulcanizadoras
- Lijadoras
- Diversidad de herramientas

Las cuales serán explicadas en los siguientes incisos.

2.3.1. Maquinaria

- Máquina amasadora de caucho

Descripción de la máquina amasadora/máquina mezcladora Banbury: se encarga de mezclar toda la materia prima de la banda de reencauche y está compuesta de las siguientes partes: electromotor, dispositivo presionador, soporte, cabina de mezcla, dispositivo de rotor, cizallador, sistema de control neumático, dispositivo de volteo, sistema de enfriamiento y calentamiento, dispositivo de impulsión. Capacidad: 700-1240 kg/h.

Figura 14. **Molino mezclador 1**



Fuente: *Equipos generales para mezcla de cauchos.*

www.rubbermachinery.es/1universal_4.html. Consulta: 3 de octubre de 2013.

Figura 15. **Molino mezclador 2**



Fuente: *Molino mezclador de caucho de dos rodillos*. <http://rubbermachine.es/4-blender-rubber-mill.html>. Consulta: 3 de octubre de 2013.

- Calandra laminadora

Descripción de la máquina laminadora/calandra: convierte la mezcla en forma plana laminada, aplicando calor de forma continua sobre un rollo de sustrato para continuar con el proceso de enfriamiento y extrusión. Capacidad: 50-60 kg/h.

Figura 16. **Calandra laminadora**



Fuente: Calandra de termoplásticos, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

- Máquina extrusora

Descripción de la máquina extrusora: realiza la banda de reencauche preformada, los cuales varían su tamaño (dados) dependiendo el tipo de banda de reencauche que se ha planificado en la producción, bajo las especificaciones del cliente. Alimenta por medio de una tolva, de forma manual, haciendo pasar el material por un husillo, y por medio de un dado (molde), se obtiene la forma solicitada. Para luego colocarla en la prensa de vulcanizado y darle el diseño final con sus respectivas características. Capacidad: 220-280 kg/h.

Figura 17. **Máquina extrusora**



Fuente: área de Extrusión, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

- Máquina vulcanizadora

Descripción de la máquina vulcanizadora/prensa de vulcanizado: esta máquina tiene estructura compacta, temperatura y presión estable, vulcanización regular, tiempo estable, puede producir el dibujo de la banda de rodadura, por estampación. Debe considerar cuatro aspectos importantes: temperatura, presión, forma y tiempo; los cuales son necesarios para obtener una banda de reencauche con alta calidad. Antes de prensar se colocan el molde, según el diseño de banda de reencauche que se tiene en el programa de producción. Capacidad: 178-190 kg/h.

Figura 18. **Prensa de vulcanizado**



Fuente: área de Vulcanización, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

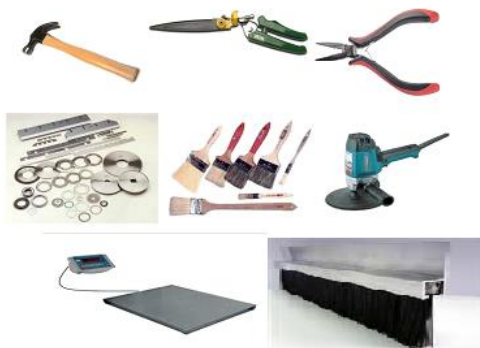
2.3.2. Herramientas

Las herramientas utilizadas en la planta son las siguientes:

- Martillo
- Tijeras especiales para cortar hule
- Pinzas
- Cuchillas
- Brochas
- Lijadoras
- Báscula
- Cepillos

Dichas herramientas se utilizan para afinar detalles en la banda de reencauche durante el proceso de producción.

Figura 19. Herramientas



Fuente: elaboración propia, con programa Paint.

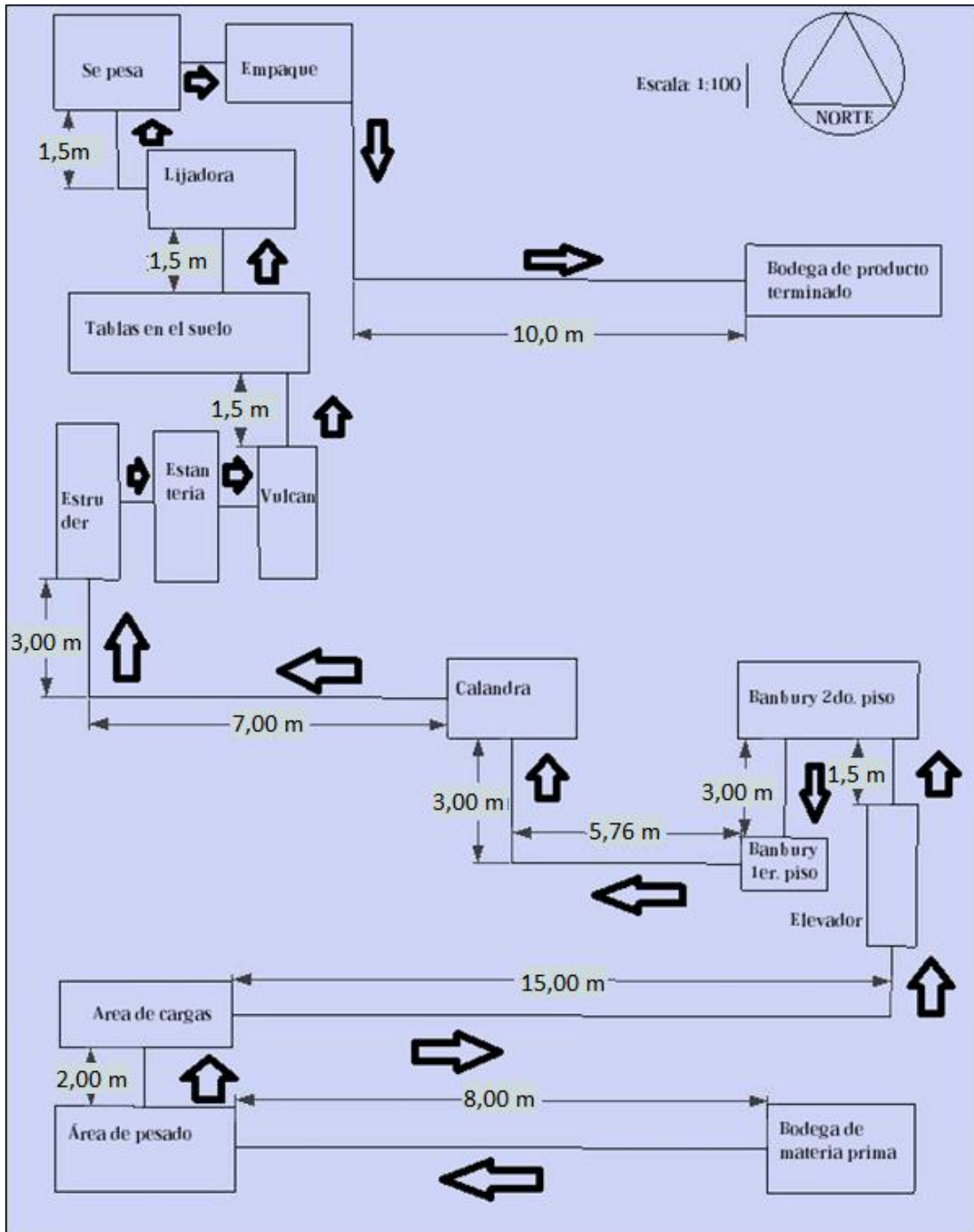
2.4. Descripción del proceso

La producción de la banda de reencauche cuenta con una disposición de los lugares de trabajo, tal que, las operaciones y equipos se agrupan por actividad localizadas en forma continua una de otra, que permite la ejecución total y simultánea; avanzando los materiales trabajados a lo largo de un proceso razonablemente directo hasta su terminación.

El proceso inicia con la adquisición de la materia prima, luego se prepara la fórmula en cargas de 79,90 kilogramos las cuales son transportadas al área de Mezclado en donde se obtiene la mezcla de los componentes químicos (máster), después es transportado a laminar el máster en tiras más pequeñas para luego introducirlas en la máquina Extruder que define el tamaño de la banda preformada la cual se introduce en la prensa vulcanizadora que se encarga de dar forma a la labor (diseño de ranura) de la banda de reencauche por estampación. Por último se deja enfriar por una hora para luego dar los acabados finales y empacar para almacenar en bodega de producto terminado.

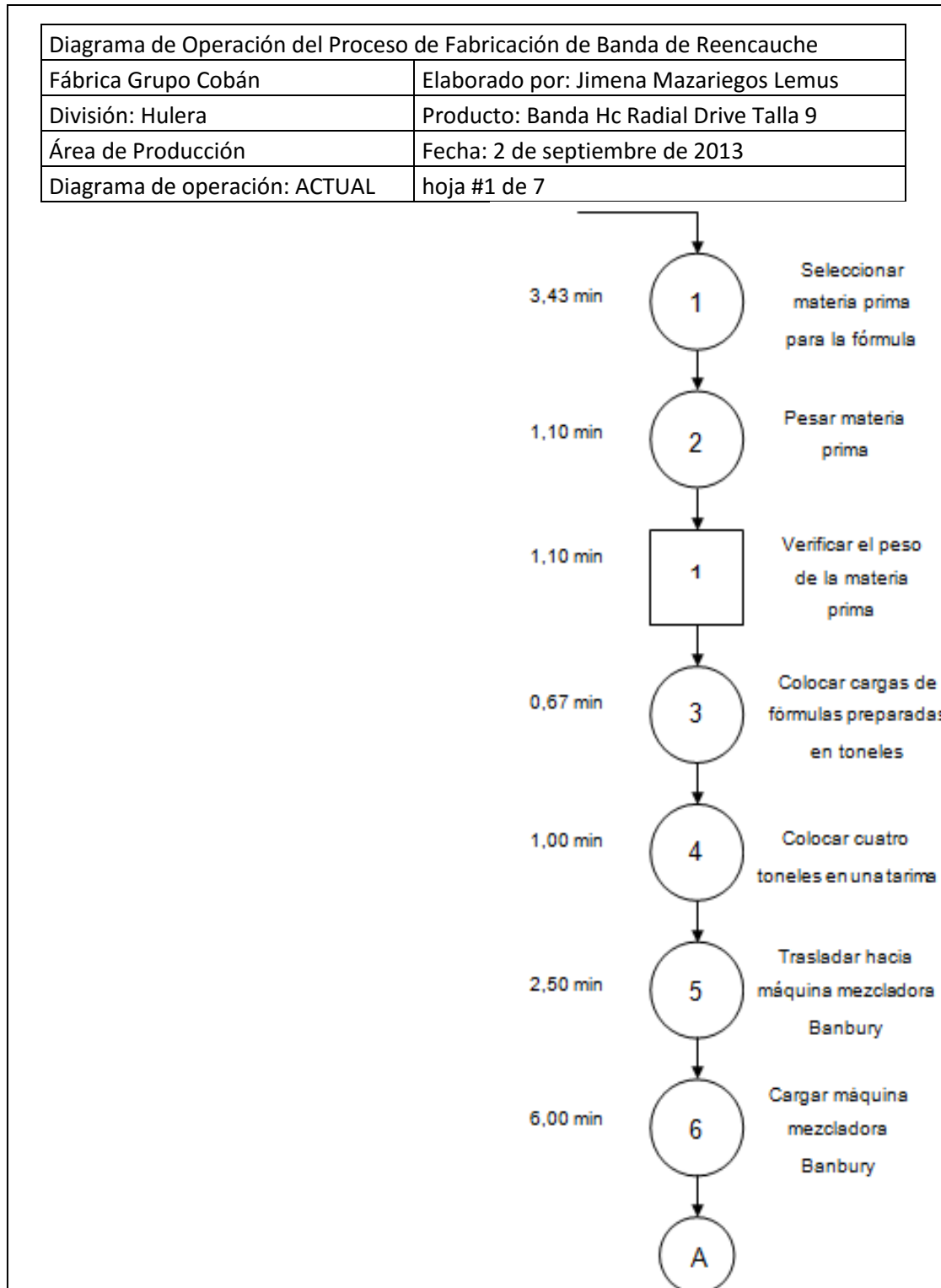
A continuación en la siguiente figura se muestra la distribución de la planta, sus dimensiones y recorrido durante las operaciones. Posteriormente se visualiza en la figura 21 el diagrama de operación del proceso actual, junto con tiempos de operación e inspección y descripción breve de los mismos.

Figura 20. Croquis de la planta

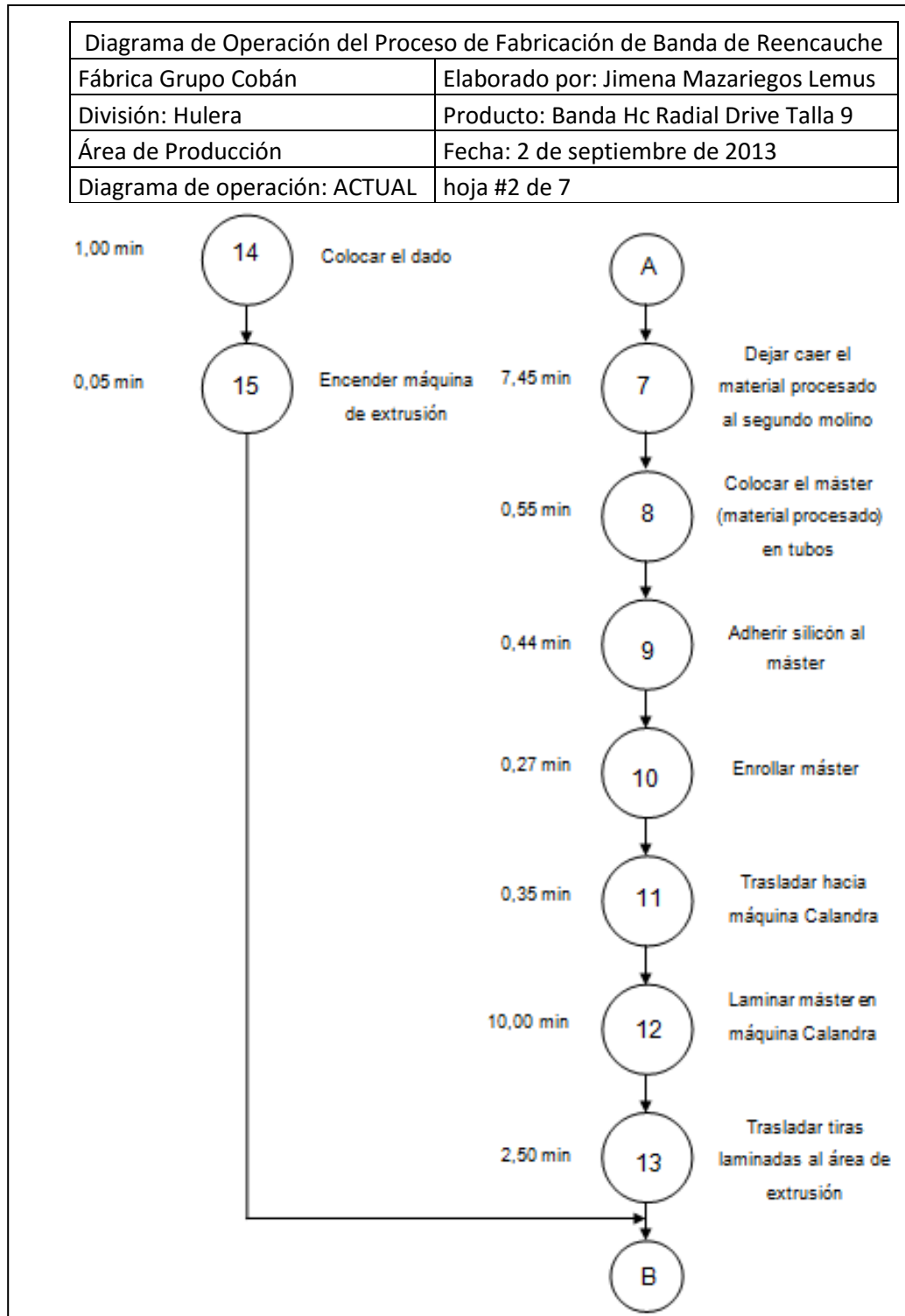


Fuente: elaboración propia, con programa Sketchup.

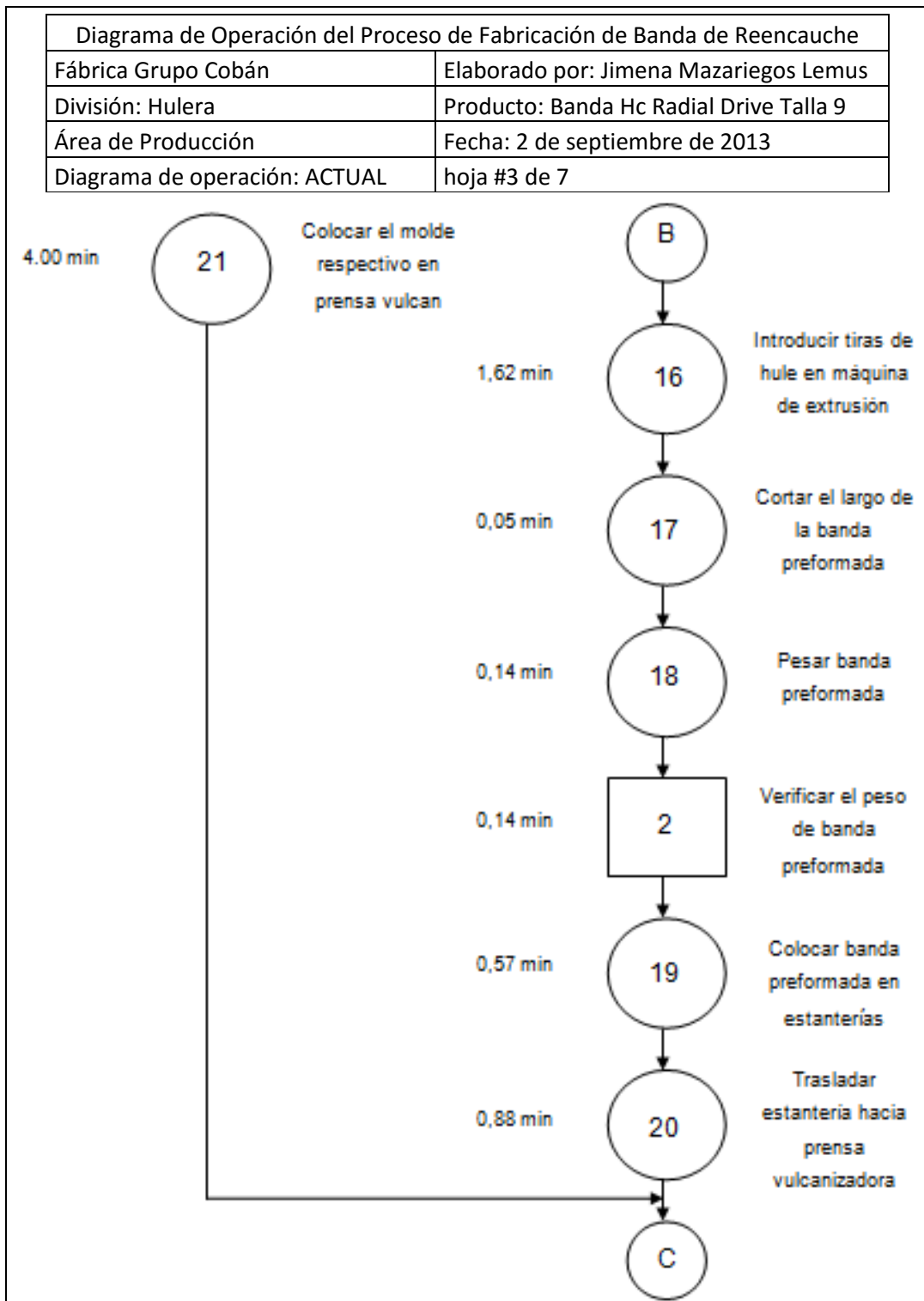
Figura 21. Diagrama de operación del proceso actual



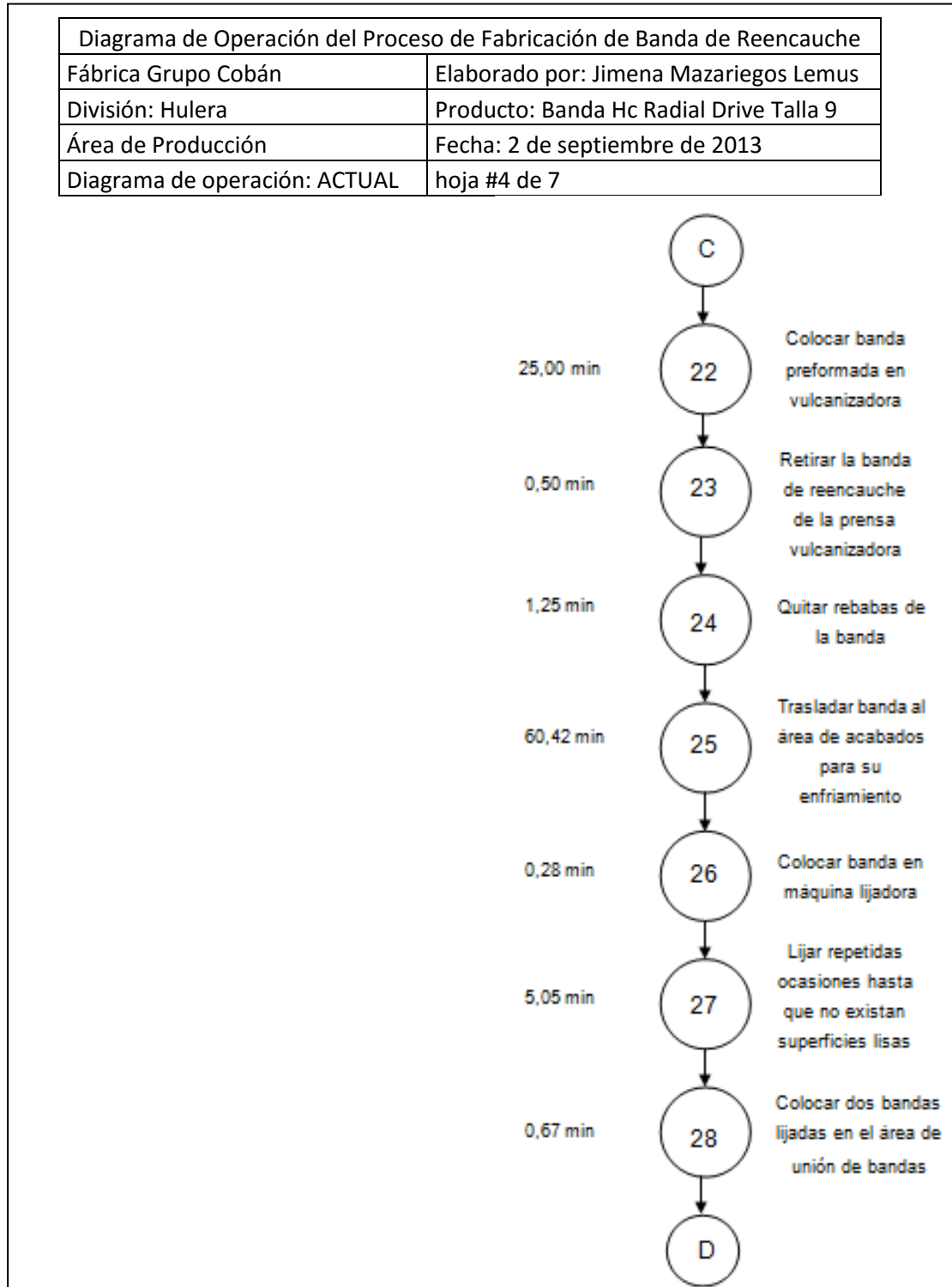
Continuación de la figura 21.



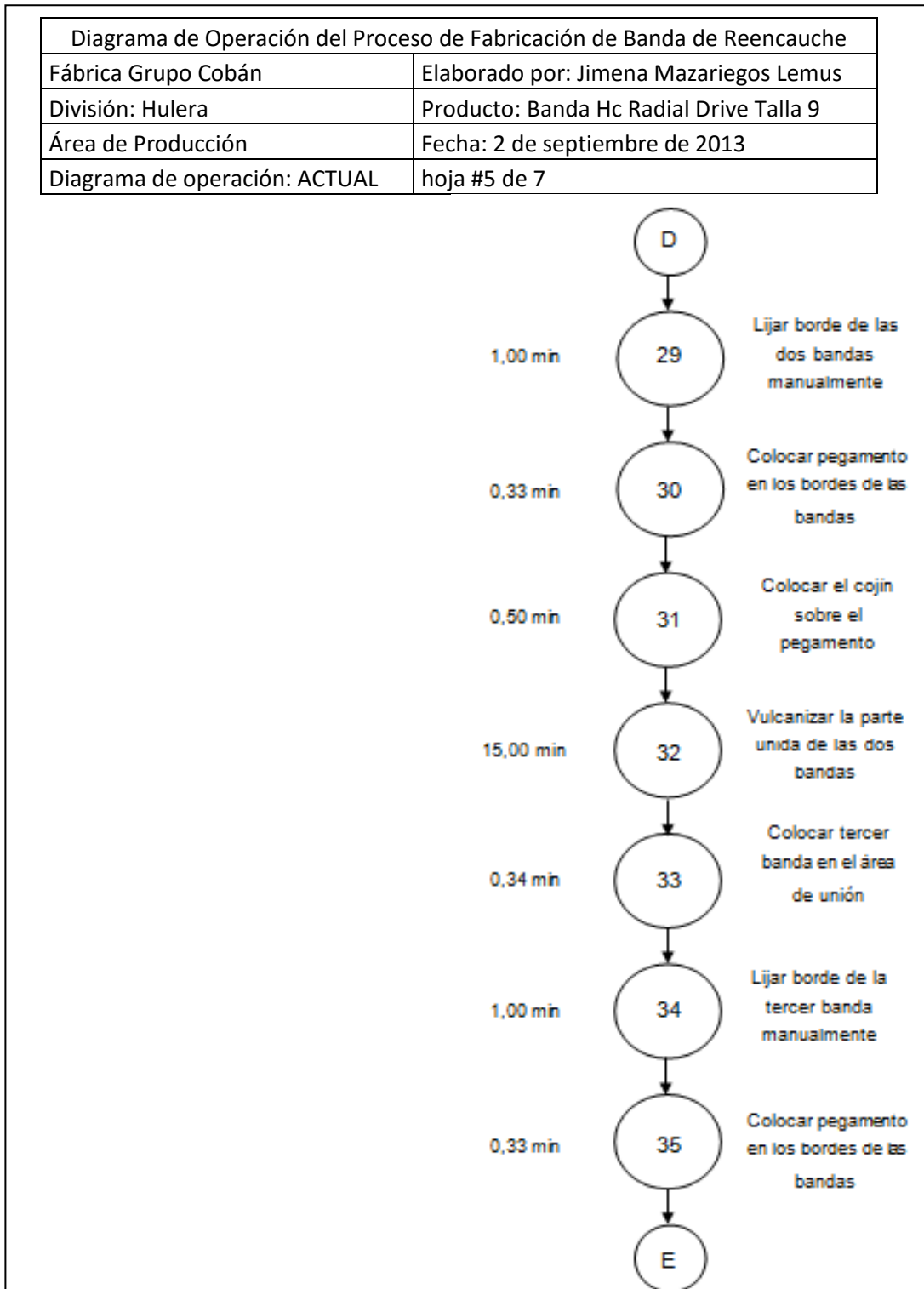
Continuación de la figura 21.



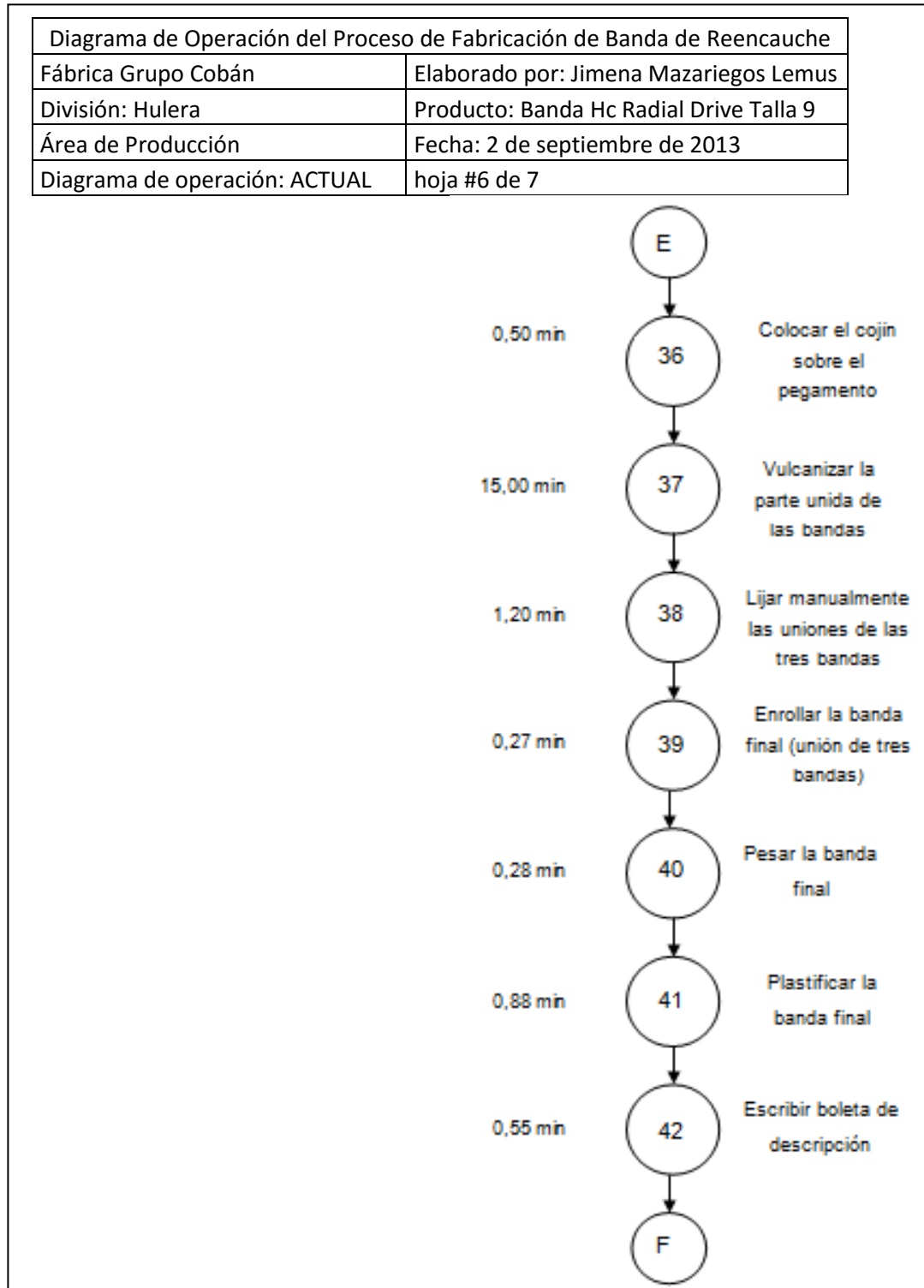
Continuación de la figura 21.



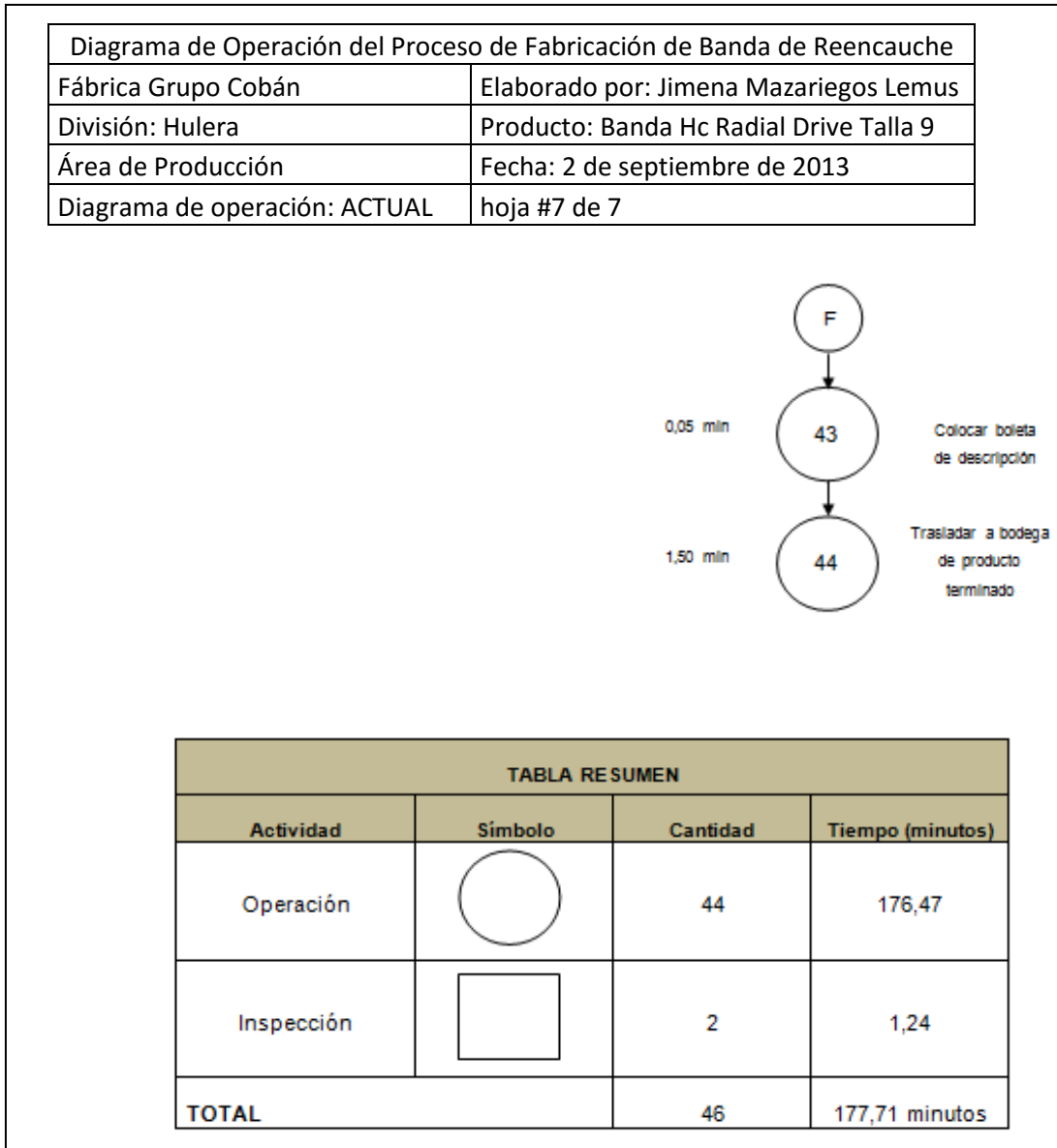
Continuación de la figura 21.



Continuación de la figura 21.



Continuación de la figura 21.



Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Área de Bodega

Dispone de una capacidad de trescientos ochenta metros cúbicos (380 m³) de almacenamiento de materia prima y una báscula para pesar y verificar que entre la materia prima con las especificaciones establecidas con el proveedor. Se coloca la materia prima en los estantes y *pallets* utilizando el montacargas; para facilitar la clasificación y organización de cada una según sus propiedades y orden de entrada en la planta.

2.4.2. Área de Pesado

Se seleccionan los distintos tipos de hule, acelerantes y químicos del área de Bodega y se pesa cada componente de acuerdo a la fórmula, para la banda de reencauche el peso total es de 79,90 kilogramos. Se coloca la fórmula en un tonel que se almacena sobre una tarima, al estar posicionado cuatro toneles con la fórmula se prosigue a trasladar la tarima al área de mezcla por medio de un montacargas.

2.4.3. Área de Mezcla

El montacargas lleva la tarima con los toneles hacia un elevador ubicado en el área de Mezcla, sube los toneles y se introduce la fórmula en la máquina Banbury que procesa cada carga (tonel) para mezclar los componentes, después de seis minutos se deja caer el material procesado desde el segundo nivel hacia el segundo molino, en donde continúa el calentamiento de la masa hasta obtener la consistencia deseada.

A este material se le denomina máster. Se coloca el máster encima de unos tubos, por su forma similar a la de una alfombra facilita adherirle silicón con una brocha, el cual sirve como antiadherente para evitar que se pegue el hule, después se enrolla el máster y se traslada con la carreta de carga hacia la máquina Calandra.

2.4.4. Área de Laminado

El máster se introduce en la máquina laminadora Calandra y se obtiene una lámina de hule continua cortada en cuatro tiras, dichas tiras son trasladadas al área de Extrusión con la carreta de carga.

2.4.5. Área de Extrusión

La máquina Extruder contendrá el tamaño de dado (molde) respectivo según el tipo de banda que se esté produciendo. El proceso consiste en introducir las tiras de hule en la extrusora, cortar la banda preformada con un largo de 3,43 metros, enrollar la banda preformada para pesar y verificar si cumple con el peso, después se desenrolla en la tabla ubicada en la máquina, se mide con un metro para verificar el largo, en caso que el peso o largo sea menor del límite inferior (según el criterio del operario) la banda preformada tendrá que ser reprocesada. Por último se coloca la tabla que contiene la banda preformada en estanterías; para clasificarlas según su diseño.

2.4.6. Área de Vulcanizado

Se traslada las estanterías con bandas preformadas hacia una prensa denominada máquina vulcanizadora, la cual utilizará el molde respectivo para obtener el dibujo de la banda deseada por estampación.

Se introduce cuatro bandas preformadas en los cuatro compartimientos de la máquina y por medio de presión y vapor (25 minutos a una temperatura aproximadamente de $155\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) se obtiene la banda de reencauche. Después de transcurrido el tiempo se retira la banda de reencauche de la prensa vulcanizadora, se quitan las rebabas y se colocan las bandas al área de Acabados.

2.4.7. Área de Acabados

Se dejan enfriar las bandas reencauchadas aproximadamente una hora, después se coloca en la máquina lijadora, pasando repetidas ocasiones por la lijadora hasta que no exista alguna superficie lisa en la cara superior de la banda.

Se unen tres bandas de reencauche para formar una sola, para este proceso se lijan manualmente los bordes que se unirán, se coloca pegamento en los bordes y se coloca el cojín sobre el pegamento, después para esta unión se vulcaniza solamente la parte unida, al terminar se lijan manualmente las uniones para que la superficie quede lisa y se crea una sola banda. Se enrolla la banda terminada para luego ser pesada y plastificada, con su respectiva boleta de descripción; se traslada hacia la Bodega de Producto Terminado.

2.4.8. Área de Almacenamiento

La Bodega de Producto Terminado tiene una capacidad de 624 m^3 , en la cual se colocan todas las bandas de reencauche plastificadas (empacadas), de forma clasificada según sus características y diseño.

2.5. Análisis de desempeño

El análisis de desempeño que a continuación se presenta, detecta y explica las fuentes y causas del nivel de eficacia, con que los empleados realizan los objetivos, actividades y responsabilidades de sus puestos de trabajo. Mediante el cual, la organización puede evaluar la integración de los empleados en sus puestos, optimizar su desempeño futuro y, por lo tanto, mejorar los resultados de la empresa.

Tabla II. **Evaluación del desempeño área Gerencia General**

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO POR ÁREAS					
Área o departamento: <u>Gerencia General</u>					
Áreas de desempeño	Puntuación				
	1	2	3	4	5
Condiciones laborales					X
Manejo de las tareas asignadas				X	
Calidad del trabajo				X	
Manejo de recursos			X		
Habilidad de toma de decisiones					X
Conocimiento del trabajo que desempeñan					X
Planeación y organización			X		
Cuidado del patrimonio					X

Fuente: elaboración propia.

En la presente evaluación de desempeño del área Gerencia General se puede evidenciar que de ocho puntos evaluados el cumplimiento del cien por ciento (100 %) es del cincuenta por ciento (50 %) satisfactorio; y es necesario tener en cuenta algunas mejoras en el manejo de las tareas asignadas, calidad del trabajo, manejo de recursos, planeación y organización.

Tabla III. **Evaluación del desempeño en el área Recursos Humanos**

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO POR ÁREAS					
Área o departamento: <u>Recursos Humanos</u>					
Áreas de desempeño	Puntuación				
	1	2	3	4	5
Condiciones laborales					X
Manejo de las tareas asignadas					X
Calidad del trabajo				X	
Servicio para el cliente interno y externo				X	
Habilidad para el trabajo					X
Conocimiento del trabajo que desempeñan					X
Planeación y organización					X

Fuente: elaboración propia.

En la presente evaluación de desempeño del área de Recursos Humanos se puede evidenciar que de siete puntos evaluados el cumplimiento al cien por ciento (100 %) es del setenta y uno coma cuarenta y tres por ciento (71,43 %) satisfactorio; en cuanto al resto de la tabla es necesario realizar algunas mejoras en la calidad del trabajo y servicio para el cliente interno y externo.

Tabla IV. **Evaluación del desempeño en el área de Sistemas**

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO POR ÁREAS					
Área o departamento: <u>Sistemas</u>					
Áreas de desempeño	Puntuación				
	1	2	3	4	5
Condiciones laborales			X		
Manejo de las tareas asignadas					X
Calidad del trabajo					X
Actualización de tecnología				X	
Habilidad para el trabajo					X

Continuación de la tabla IV.

Conocimiento del trabajo que desempeñan					X
Planeación y organización					X

Fuente: elaboración propia.

La tabla IV presenta la evaluación de desempeño del área de Sistemas que evidencia que de siete puntos evaluados el cumplimiento del cien por ciento (100 %) es del setenta y uno coma cuarenta y tres por ciento (71,43 %) satisfactorio; en cuanto al resto de la tabla es necesario tener en cuenta algunas mejoras en las condiciones laborales y actualización de tecnología.

Tabla V. Evaluación del desempeño en el área de Producción

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO POR ÁREAS					
Área o departamento: <u>Producción</u>					
Áreas de desempeño	Puntuación				
	1	2	3	4	5
Condiciones laborales			X		
Manejo de las tareas asignadas					X
Calidad del trabajo				X	
Servicio para el cliente interno				X	
Habilidad para el trabajo					X
Conocimiento del trabajo que desempeñan			X		
Planeación y organización				X	
Premios y recompensas		X			

Fuente: elaboración propia.

La tabla V representa la evaluación de desempeño realizada en el área de Producción, en la cual se puede evidenciar que de ocho puntos evaluados el

cumplimiento del cien por ciento (100 %) es del veinticinco por ciento (25 %) satisfactorio; es necesario tener en cuenta algunas mejoras en las condiciones laborales, calidad del trabajo, servicio al cliente interno para cumplir con la programación de producción, conocimiento del trabajo, planeación, organización, premios y recompensas para aumentar la motivación.

Los indicadores fundamentales para la gestión del desempeño se obtienen en tres grandes áreas:

- Conocimientos:
 - Formación: existe la necesidad de preparar a los empleados para el desarrollo de su labor. El grado de conocimientos, técnicas específicas y entrenamientos para mejorar el desempeño es bajo, debido a que, no existe un programa para el crecimiento y desarrollo del personal.
 - Información: se conocen los datos operativos más sin embargo, no se cuenta con instructivo o documentación que especifiquen el perfil del empleado y el procedimiento para realizar el trabajo a asignarse, que facilite al empleado realizar eficazmente su labor. Esto se presenta solamente en el área de la planta de Producción, en las demás áreas si se cuenta con mayor información para que el empleado pueda desarrollar sus actividades eficazmente.
- Motivación:
 - Motivación externa: la repercusión que se maneja para dar estímulo a los profesionales para impulsar a la acción se realiza de forma recíproca, debido a que no se manejan programas de motivación para los empleados.

- **Habilidades:**
 - **Experiencia práctica:** debido al tiempo que llevan laborando los empleados en la organización han adquirido gran experiencia y práctica en sus puestos de trabajo.
- Medios y herramientas:** en cuanto a medios y herramientas no todas las áreas cuentan con lo necesario para poder realizar sus actividades de forma eficiente.

2.5.1. Estándares

En el área de Producción se mide la capacidad en términos de cargas por turnos de ocho horas. En materia prima se pesan cargas de 79,90 kg cada una con base en las fórmulas ya preestablecidas.

Tabla VI. **Estándares del Proceso**

Área del proceso	Producción (minutos / carga)
Pesado	10 min / carga
Mezcla	8 min / carga
Laminado	10 min / carga
Extrusión	13,30 min / carga
Prensa Vulcan	40 min / carga
Acabados	94 min / carga

Fuente: Departamento de Producción.

2.5.2. Factores que afectan la producción

Se llevó a cabo una lluvia de ideas que partió de la pregunta central: “factores que afectan la producción de la banda de reencauche Hc Radial Drive

T9". Se asignó un moderador, junto con la participación de los tres supervisores, dos programadores de producción del área de Sistemas, tres operarios expertos, tres miembros del Departamento de Control de Calidad y jefe de planta de Producción.

Mediante la participación oral, se listaron las ideas en una pizarra en la sala de reuniones, donde participaron todos y se respetó cada una de las ideas (se finalizó hasta que ya no existieran nuevas ideas). De estas se analizaron, evaluaron y organizaron, para eliminar las duplicaciones, problemas no importantes, llegar a un consenso sobre los problemas redundantes y valorar su utilidad en función del objetivo de mejorar el proceso de producción de la banda de reencauche Hc Radial Drive talla 9, esto se realizó mediante la votación para elegir el factor principal que afecta la producción.

La votación se hizo por cada miembro del grupo, en la primera vuelta cada miembro voto por tres ideas, se contaron los votos de cada idea para seleccionar las tres más votadas. Se finalizó con la segunda vuelta de votación entre las tres ideas candidatas, entre las cuales se selecciono "decremento en la eficiencia de los procesos productivos".

A continuación se presenta lista de ideas obtenidas en la reunión:

- Procesos con mal desempeño respecto a especificaciones.
- Actualmente se mide la variable peso, pero se conoce poco de la misma.
- Baja eficiencia en los procesos productivos.
- Desconocimiento del trabajo que se realiza.
- Dificultad para adaptarse y entender el trabajo.
- Estrés en la administración.
- Desperdicio de materia prima.

- Repetición o corrección de un proceso.
- Empleados poco preparados.
- Interrupción de los procesos productivos.
- Desgaste de los operarios.
- Variación constante en el comportamiento de la banda preformada en el proceso de extrusión.
- Descontrol del cumplimiento de objetivos.
- Baja calidad.
- Peligro para los operarios.

Listado reestructurado:

- Decremento en la eficiencia de los procesos productivos
- Empleados poco preparados.
- Interrupciones de los procesos productivos.
- Desgaste de los operarios.
- Descontrol del cumplimiento de objetivos

Resultado de primera vuelta de votaciones:

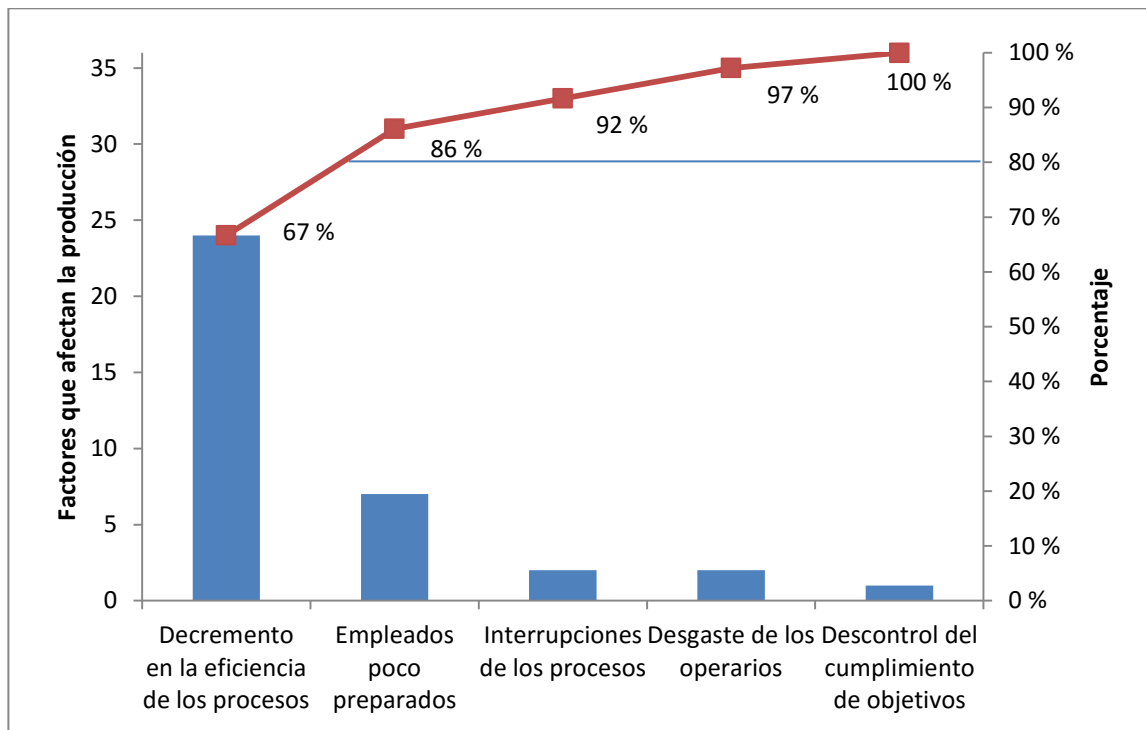
- Decremento en la eficiencia de los procesos productivos.
- Empleados poco preparados.
- Interrupciones de los procesos productivos.

Resultado de segunda vuelta de votaciones:

- Decremento en la eficiencia de los procesos productivos.

Del listado de lluvia de ideas se realizó el diagrama de Pareto para identificar el elemento que genera la mayor parte del efecto.

Figura 22. **Diagrama de Pareto**



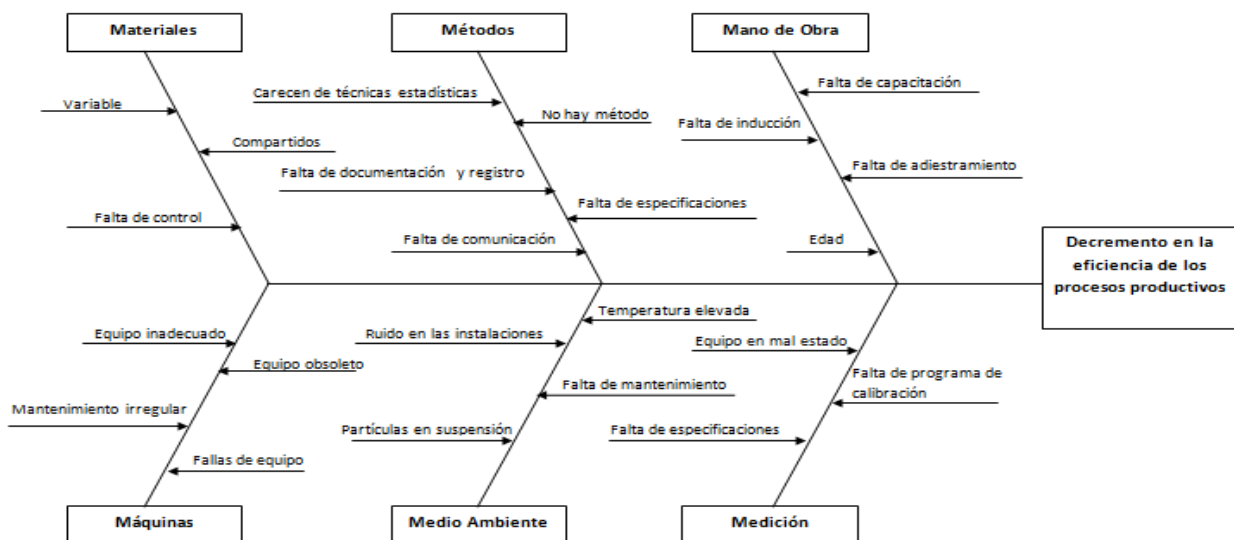
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

En el diagrama de Pareto se observó que el sesenta y siete por ciento (67 %) de los factores que afectan la producción se debía al decremento en la eficiencia de los procesos productivos, de la banda de reencauche Hc Radial Drive 18 T9. Con la ayuda de un equipo de mejora (formado por jefe de planta

de Producción, jefe de Control de Calidad, supervisor del área de Producción y dos operarios expertos) se realizaron las actividades necesarias para encontrar las causas de tal problema y, para ello, se usó como guía la pregunta: ¿Cuáles son las causas que provoca el decremento en la eficiencia de los procesos productivos?, y como metodología al diagrama Ishikawa. Al analizar el problema principal con base en ella, se llegó al acuerdo de que el problema radicaba en el área de Extrusión.

Además de ser la única área que posee relación con todas las demás, esta es responsable del incremento en el porcentaje de desperdicio, especialmente en el área de vulcanizado, por falta de documentación y especificaciones, operarios sin capacitación adecuada, falta de comunicación y principalmente se desconoce los beneficios de utilizar técnicas estadísticas.

Figura 23. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Con base en el diagrama de Ishikawa se analiza cada una de las posibles causas que afectan el decremento en la eficiencia de los procesos productivos, y se llegó a la conclusión de que el problema se debía a la falta de establecimiento de especificaciones, para mantener un control estadístico adecuado de la banda de reencauche en la operación de extrusión.

Esto provocaba que la banda preformada variará su peso debido al cambio constante del material que se utiliza para su fórmula y falta de conocimiento de las especificaciones de la misma.

2.6. Fortalezas del Departamento de Producción

La empresa Grupo Cobán S. A. posee las siguientes fortalezas en el Departamento de Producción: la diferenciación, supervisión activa, ventajas competitivas, habilidades competitivas, imagen positiva ante los clientes, liderazgo en el mercado, marca reconocida, entre otros. Es una planta de segunda categoría que permite aprovechar la iluminación y ventilación natural, soporta grandes cargas, es amplio en su interior, los costos de fabricación son buenos, la ubicación de las distintas máquinas, puestos de trabajo, áreas de servicio al cliente, almacenes, oficinas, zonas de descanso, pasillos y personas dentro de la planta, se encuentran de forma tal que, consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones.

El Departamento de Producción consta de mayor flexibilidad para cambios en los productos y en el volumen de demanda, acumulación de experiencia en el proceso. Es más fácil de mantener el proceso de la producción constante en caso de que se presente: máquinas o equipos dañados, falta de materiales y operarios ausentes.

A continuación se presenta un cuadro de situación que resume las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que enfrenta Grupo Cobán S. A., y que permite trazar cursos de acción tanto interno (debilidades y fortalezas) como externo (oportunidades y amenazas).

Tabla VII. **Análisis Foda**

Análisis interno	
Fortalezas	Debilidades
Premios nacionales e internacionales ganados muestran la capacidad, prestigio, larga trayectoria y reconocimiento de marca.	Falta de establecimiento de métodos y especificaciones del proceso de producción.
Liderazgo en el mercado. Las alianzas formadas permiten distribuir los productos en diversos países.	Maquinaria y equipo obsoletos. No se utiliza tecnología de punta.
Flexibilidad en la producción. El tipo de proceso y flujo de materiales permite adaptarse a cambios.	Inexistencia de un programa de mejora continua.
Análisis externo	
Oportunidades	Amenazas
El mercado de bandas de reencauche está en crecimiento. Por sus cualidades ecológicas y calidad.	La competencia actualiza sus métodos de producción mediante la utilización de tecnología de punta.
Existe apoyo estatal y promoción local para la industria de reencauche.	La competencia no solo produce la banda de reencauche sino que también se encarga de pegarlas en el casco ofreciendo las llantas reencauchadas.
Los tratados de libre comercio favorecen un crecimiento en las exportaciones.	La competencia internacional es cada vez más fuerte, e invierte millones de dólares en difusión.

Fuente: elaboración propia.

Las acciones planteadas para aprovechar las oportunidades detectadas y contrarrestar las amenazas, teniendo en cuenta las debilidades y fortalezas se presentan a continuación:

Tabla VIII. **Matriz de estrategias**

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
OPORTUNIDADES	<p>F-O Estrategia MAX-MAX Crear una página web con tienda virtual que muestre la diversidad de productos que ofrece Grupo Cobán. Anunciar en sitios de anuncio clasificados en internet, anunciar en diarios y revistas especializadas.</p>	<p>D-O Estrategia MIN-MAX Estandarizar el flujo del proceso y capacitar al personal en el método de trabajo.</p>
AMENAZAS	<p>F-A Estrategia MAX-MIN Adicionar servicio de entrega a domicilio a clientes más rentables para aumentar su satisfacción.</p>	<p>D-A Estrategia MIN-MIN Mantener un control de calidad en todos los procesos cuidando que todos cumplan con los criterios establecidos, rechazando aquellos que no lo hagan.</p>

Fuente: elaboración propia.

El plan de trabajo para llevar a cabo las estrategias se presentan en la siguiente figura:

Figura 24. Plan de trabajo

ACTIVIDAD	MES											
	en - 15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ag - 15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15
Crear página Web												
Colocar anuncios												
Estandarizar el flujo del proceso												
Capacitar al personal												
Identificar clientes más rentables												
Comunicar a clientes rentables del servicio a domicilio												
Revisar reportes de control de producción												
Reunión para análisis de resultados y toma de decisiones												
Realizar evaluación de satisfacción de clientes externos												
Generar proyectos de mejora												

Fuente: elaboración propia.

El plan se debe ejecutar y dar seguimiento periódico, evaluando todo el proceso de la operación anual de la organización, para actualizar su concepto reconsiderando estrategias, objetivos específicos y planes financieros.

2.6.1. Identificación de oportunidades de mejora

Con base en el análisis Foda (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) de la tabla VII, se decide la siguiente estrategia, que permite aprovechar las oportunidades que el mercado ofrece, sobre la base de sus fortalezas, equilibrando las debilidades en el proceso de producción y teniendo en vista las amenazas identificadas:

En el proceso de producción de una banda de reencauche, se detecta un alto nivel de desperdicio de materia prima, el cual puede disminuirse para contribuir con la mejora del proceso, por medio de las cartas de control. Dichas cartas, corrigen las causas; además, conducen a la ejecución o revisión de un plan de mejora, por medio de un análisis objetivo de los antecedentes del problema y se conoce la variabilidad que tiene el proceso. Los problemas los atienden de forma metódica, toma en cuenta la variabilidad, distingue entre cambios especiales y comunes.

Para producir un resultado diferente del actual, se puede generar un cambio en la manera de planear, controlar e informar. Por lo tanto, se logra suministrando diferentes tipos de sistemas gerenciales y capacitando a los empleados para que utilicen de manera óptima estos nuevos sistemas, obteniendo así un mejoramiento del flujo de la productividad.

Los siguientes elementos son clave, para mejorar el proceso de producción de una banda de reencauche Hc Radial Drive 18 talla 9:

- Medición de la productividad: la capacidad de medir la productividad de forma lógica y fácil para controlar y tomar decisiones de acción correctivas, por parte de la Gerencia.
- Sistemas de programación a intervalos cortos: la capacidad de conocer los problemas que afectan el proceso de forma rápida, con tal, de atacar a tiempo el problema con mayor impacto.
- Supervisión activa/facilitadores para el mejoramiento del personal: el supervisor debe seguir el sistema de programación a intervalos cortos para potenciar al personal de forma proactiva realizar las actividades asignadas con tiempos, materiales y normas de calidad específicos.
- Sistemas de información de productividad para la Gerencia: la capacidad de resumir la información representativa sobre el comportamiento de la producción en un informe, el cual, debe presentarse en un período establecido de forma sistemática, para el gerente general, para que identifique y compare las actividades realizadas con el plan.
- Detección y corrección de pérdidas: la capacidad de tomar acciones sobre los problemas identificados, con el fin de corregirlos y mantener el control del plan.

3. PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

3.1. Banda de reencauche

Con el propósito de lograr mejorar los niveles de productividad mediante la reducción de desperdicios de materia prima en el proceso productivo, con base en que idealmente la relación salidas/entradas deberá ser 1/1, aunque no siempre es factible cumplir con esta relación, por lo que una de las vías para mejorarla es analizando algunas de las herramientas más utilizadas para el control del proceso conocido como “Control Estadístico del Proceso” (CEP). El CEP es una serie de herramientas utilizadas para la solución de problemas orientados a lograr la estabilidad del proceso y mejorar su habilidad, a través de la disminución de la variabilidad producida por diferentes factores en el proceso.

Para que un producto cumpla especificaciones del cliente en forma consistente, debe ser producido por un proceso estable y recurrente, con poca variación alrededor del valor nominal de las características de calidad del producto. Por lo que durante esta investigación se definirán conceptos importantes del CEP y la aplicación de algunas de las herramientas más importantes como son las cartas de control, las hojas de verificación y el ciclo PHVA.

3.1.1. Estadística en la producción

Se llevará a cabo en el área de Proceso de Extrusión mediante la determinación de límites de control, para obtener estadísticas del peso que debe tener la banda de reencauche y reducir el desperdicio.

En el campo de la estadística existen diferentes distribuciones, una de las más importantes es la distribución normal. Su gráfica recibe el nombre de curva normal, esta representa situaciones que ocurren en la industria, la naturaleza y en la investigación. Con esta distribución se pueden expresar medidas físicas y mediciones sobre partes que pertenecen a un proceso.

Una variable aleatoria continua que tiene una distribución en forma de campana se le llama variable aleatoria normal y su ecuación depende de la media y desviación estándar de dicha distribución, figura 25. La notación para esta variable que se distribuye normalmente es $x \approx N(\mu, \sigma^2)$.

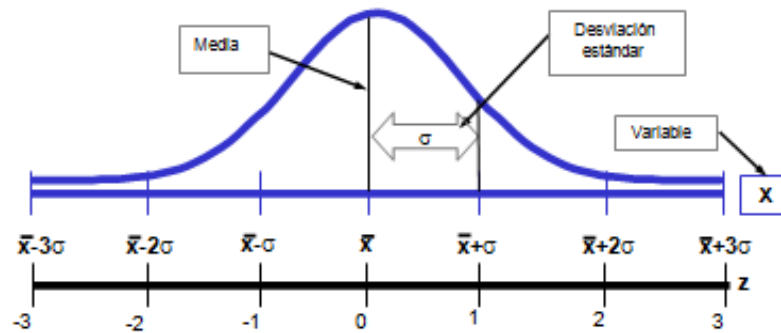
Esta distribución es simétrica, unimodal y en forma de campana. Las áreas entre las diferentes desviaciones estándar son:

$$\mu \pm 1\sigma \text{ 68,26 \%}$$

$$\mu \pm 2\sigma \text{ 95,46 \%}$$

$$\mu \pm 3\sigma \text{ 99,73 \%}$$

Figura 25. **Curva de distribución normal**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. **Control estadístico del proceso**

Los métodos en el control estadístico del proceso se fundamentan en que los productos no pueden ser exactamente iguales en un proceso de producción, por lo que existen variaciones inevitables y el análisis de esta variación se realiza con el apoyo de la estadística.

Un concepto importante dentro del CEP es la distribución normal, de la cual se describe en la sección 3.1.1 del capítulo 3.

El control estadístico del proceso está formado por una serie de herramientas hacia la solución de problemas mediante la disminución de la variabilidad del proceso, orientados a alcanzar la estabilidad y mejorar la habilidad del proceso. Las herramientas básicas de control estadístico son:

- Gráfica de Pareto
- Estratificación

- Hojas de verificación
- Diagrama de causa-efecto (Ishikawa)
- Diagrama de dispersión
- Histograma y análisis de capacidad
- Cartas de control

De las que se aplicarán las hojas de verificación, diagrama de Pareto y cartas de control que serán definidas en las siguientes secciones del capítulo 3.

3.1.3. Aplicación del control estadístico del proceso

Las cartas de control se utilizaron dentro de este estudio para monitorear el proceso de una banda de reencauche Hc Racial Drive 18 talla 9. Este proceso, maneja y entrega un producto tangible (banda de reencauche, cantidad) y un producto intangible (tiempo de entrega, oportunidad y atención), y dentro del proceso existe variabilidad natural (causas comunes) y probablemente otras fuentes de variabilidad que pueden deberse a causas tales como errores de operadores, máquinas, material defectuoso, mantenimiento inadecuado, entre otros, producidos por causas especiales provocando que el proceso opere fuera de control estadístico.

Mediante el control estadístico del proceso se pretende contar con una herramienta para la detección pertinente de la existencia de causas especiales, con el objetivo de tomar acciones correctivas antes de producir o entregar unidades defectuosas o servicios no conformes. Existiendo de gran utilidad las cartas de control, que permiten la estimación de la habilidad del proceso y la reducción continua de la variabilidad hasta minimizarlo progresivamente.

En las etapa más vital (área de Extrusión) e importante del proceso que establecen la calidad del producto y servicio, existe principalmente una variabilidad natural del cual hay que analizar y controlar, con el objetivo de evitar la existencia de una variabilidad especial, permitiendo asimismo conocer que tan hábil es el proceso para cumplir con especificaciones del cliente y así reducir en forma continua la variabilidad de este proceso.

Para evaluar la habilidad del proceso en estudio, es necesario saber antes estadísticamente si el proceso está en control y si es estable, por lo que primero se utilizará hojas de verificación y la carta de control de medias y rangos ($\bar{X} - R$) en el área de Extrusión. Después se realizará un análisis de los resultados para determinar las acciones a tomar en el proceso.

En el área de Extrusión se dispone de información y datos en forma diaria y constante. Se iniciará recolectando datos e información necesaria para obtener las cartas de control a fin de interpretar, analizar y tomar decisiones sobre el proceso para la mejora en su desempeño. Esta parte del proceso determina la calidad del producto, debido a que las medidas específicas que se toman de la preforma de la banda de reencauche, afectan directamente el comportamiento del material en las siguientes etapas del proceso, dando como resultado la calidad apropiada del producto terminado.

Al ser aplicada esta carta y haber verificado que el proceso esté en control, es decir cuando únicamente hay causas comunes de variación, el siguiente paso es establecer un plan de mejora continua del proceso.

3.1.4. Cartas de control y variables útiles para la banda

Por motivos de conocimiento general se explicará a continuación las diferentes cartas de control de variables, descartando las cartas de control para atributos, debido a que en este proceso se requiere instrumentos de medición, siendo el peso en unidades de kilogramos.

3.1.4.1. Cartas de lecturas individuales

Estos son para casos en los que el tamaño de la muestra es $n=1$ como ejemplo de este tipo de procesos son:

- Las mediciones cercanas solo se diferencian por el error de medición en el proceso.
- Cuando existe inspección automática de piezas individuales.
- Industrias en las que deben pasar desde una hasta más de cien horas para obtener los resultados de los procesos. Es decir, la producción es muy baja y es inconveniente tomar muestras de más de una pieza.

Analiza cada medición individual del proceso y le detecta cambios grandes principalmente en la media y la amplitud de la dispersión. Si la distribución no es normal, la carta se puede ver un poco afectada.

3.1.4.2. Cartas de control ($\bar{X} - R$)

Esta carta se aplicará en el área de Extrusión con el propósito de analizar las medias (\bar{X}) de subgrupos, como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso. También analiza los rangos (R) como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso.

Para estas gráficas de control se requiere que el tamaño de la muestra para estimar los límites de control se tomen de 10 o 25 muestras preliminares, donde el tamaño del subgrupo puede ser de 3 a 11 normalmente.

3.1.4.3. Aplicación de la carta de control apropiada

Se aplicará la carta de control de medias y rangos para el proceso de producción de una banda de reencauche Hc Radial Drive 18 T 9, el tamaño que se va a utilizar en este estudio es de 10 partes con 10 subgrupos, siendo la más completa para observar la variación de un proceso con datos numéricos.

Este gráfico es el más completo, más exacto y el que proporciona mayor información, dado que utiliza las variables media y rango. Además, se considera como buena alternativa esta carta en procesos con mal desempeño respecto a especificaciones.

3.2. Determinación del procedimiento para aplicar la técnica estadística

El procedimiento de aplicación de la técnica estadística consiste en los siguientes pasos:

- Registrar datos sobre las características de la banda de reencauche.
- Medición de la variable peso (en kilogramos) de la banda preformada Hc Radial Drive 18 T9 en el área de Extrusión en cada descarga del producto. Se utilizará la siguiente tabla para su registro:

Tabla IX. **Tabla de registro de pesos**

Muestra	Peso de preformas de banda de reencauche (kg)									
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Fuente: elaboración propia.

- Presentar datos con los diez subgrupos de diez muestras cada uno en una tabla de MS Excel.
- Realización de cálculos de media y rangos para cada muestra.
- Cálculo de media de las medias de los subgrupos y media de los rangos de los subgrupos.
- Identificar en la tabla de los factores para la construcción de una carta de control $\bar{X} - R$ (anexo 1), las constantes de cada carta para el cálculo de sus límites de control. En este caso las constantes son:

Tabla X. **Factores para la construcción de las cartas de control**

Tamaño de la muestra n	Carta X	Carta R	
	A ₂	D ₃	D ₄
10	0,308	0,223	1,777

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de sus límites de control para la gráfica de medias (\bar{X}). Utilizando la fórmula de la figura 8 en el capítulo primero.
- Trazar los puntos de la gráfica de control de medias.
- Analizar la gráfica de medias.
- Cálculo de sus límites de control para la gráfica de rangos (R). Utilizando la fórmula de la figura 8 en el capítulo primero.
- Trazar los puntos de la gráfica de control de rangos.
- Analizar la gráfica de rangos.
- Definir medidas correctivas en caso las cartas de control del proceso en estudio estén fuera de control estadístico. Basándose en las herramientas básicas de control estadístico utilizadas en el diagnóstico como lo son la lluvia de ideas, diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa.
- Establecimiento del método, personal responsable y especificaciones del producto en el área de Extrusión.
- Establecimiento del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) para la mejora continúa.

Para este estudio se aplicaron algunas de las técnicas estadísticas más adecuadas al proceso, como son las hojas de verificación, diagrama causa-efecto, cartas de control y criterios para su interpretación, y así como el uso del

ciclo PHVA, las cuales proporcionan bases para que se identifiquen debilidades del proceso, se eliminen sistemáticamente diversos tipos de desperdicio, y pueda la organización mejorar y ser consistentes en la calidad del producto y mejora del servicio.

3.2.1. Descripción del problema

En el proceso de producción se identifican los siguientes problemas con su respectiva propuesta:

- Especificaciones de la banda Hc Radial Drive 18 T 9:
 - Fórmula: actualmente se tiene constantes cambios en la fórmula.
Por tanto, se propone mantener la fórmula:
 - Master 1847
 - Óxido de zinc
 - Ácido esteárico
 - Vulkacit
 - Azufre micronizado
 - Hule natural
 - Negro de humo
 - Hule polibutadieno

Las dimensiones de la banda no estaban registradas, los pesos que se manejan actualmente son:

Tabla XI. **Peso y porcentaje de rebaba**

Estilo	Talla	Dado	Largo (m)	Base	Profundidad	Peso bruto (kg)	Desviación (kg)	Peso Neto Antes de Lijado (kg)	Peso Neto Después de Lijado (kg)	% Rebaba
Banda Radial Drive 18 T 9	9	7-16	3.43	8 1/2	18/32	14,00	0,28	13,25	12,75	8,93

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse existe alto porcentaje de rebaba, y se definió el estado deseado a un dos por ciento (2 %) de rebaba para reducir costos, desperdicio y reprocesos. Para cumplir con la propuesta se identifico el área a mejorar, basándose en el resultado del diagnóstico del proceso productivo y la determinación de las causas generadoras, se consideró como área que puede ser mejorada, extrusión. Por tanto, para mantener el dos por ciento (2 %) de rebaba se tiene que manejar un peso bruto de trece kilogramos (13 kg).

Tabla XII. **Propuesta peso banda Hc Radial Drive 18 T 9**

Datos de la Banda			Preforma		Pesos Banda (kg)		% Rebaba	PROPUESTA	
Estilo	Talla	Profundidad	Largo (m)	Peso Bruto (kg)	Peso Neto Antes Lijado	Peso Neto Después Lijado		% Rebaba	Peso bruto (kg)
Radial Drive 18	9	18/32	3,43	14,00	13,25	12,75	8,93	2	13,00

Fuente: elaboración propia.

Dimensiones de la banda:

- Talla: 9
- Base: 8 1/2
- Profundidad: 18/32
- Peso: 13,00 Kg
- Largo: 3,43 metros
- Dado: 7 – 16

Para cumplir con el dos por ciento (2 %) de rebaba se necesita hacer cambios en el proceso de producción, estos cambios se explicarán en los siguientes incisos.

- Estación de trabajo: en las siguientes figuras se observa las condiciones que se tienen en el área de Extrusión.

Figura 26. **Área de Extrusión**



Fuente: área de Extrusión, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

Figura 27. **Desperfectos de la mesa**



Fuente: área de Extrusión, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

Como puede observarse en las figuras 26 y 27, la mesa de trabajo de la extrusora no tiene soporte porque las patas de la mesa están en mal estado y no están fijadas al suelo, lo cual provoca inestabilidad y mucho movimiento durante el proceso. También el material de alimentación obstaculiza el área y puede tropezarse, por tanto, se recomienda colocar material de alimentación de forma ordenada de lado izquierdo de la máquina, para que permita al operario responsable cargar la máquina de extrusión más fácilmente.

Figura 28. **Material cortado**



Fuente: área de Extrusión, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

En las figuras 28 y 29, se muestra como colocan material cortado encima y alrededores de la máquina extrusora, lo cual obstaculiza sus actividades.

Figura 29. **Estación de trabajo**



Fuente: área de Extrusión, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

Los rociadores están acumulados en la parte de abajo de la mesa, y el cuchillo que se utiliza para cortar banda, está colocado encima de la máquina, el metro no está fijo en la mesa; estos aspectos puede ocasionar algún tipo de riesgo al operario y afectar la ergonomía del lugar de trabajo.

Propuesta para la estación de trabajo:

- Nivelar mesa de trabajo de la extrusora: soldando nuevamente patas de la mesa y fijarlas al piso.
- Adherir cinta métrica a la mesa: fijar cinta métrica en la mesa de extrusora para simplificar el trabajo.
- Colocar canasta: debajo de la mesa para colocar trozos de material no utilizado.
- Colocar mesa: en la parte de abajo para colocar rociador, cepillo y cuchillo.
- Equipo de protección: utilizar guantes, mascarilla, tapones y cinturón.
- Mantener tablero de control y hojas de verificación: en la mesa del lado derecho de la balanza para escribir los pesos de las bandas de forma práctica. Al igual que el crayón para identificar la banda de reencauche Hc Radial Drive 18 T 9.

Figura 30. Propuesta de estación de trabajo



Fuente: área de Extrusión, planta de producción, Grupo Cobán S. A.

Al tener una estación de trabajo adecuada se puede tener mayor exactitud en los pesos y dimensiones de la banda y sobretodo mejor productividad.

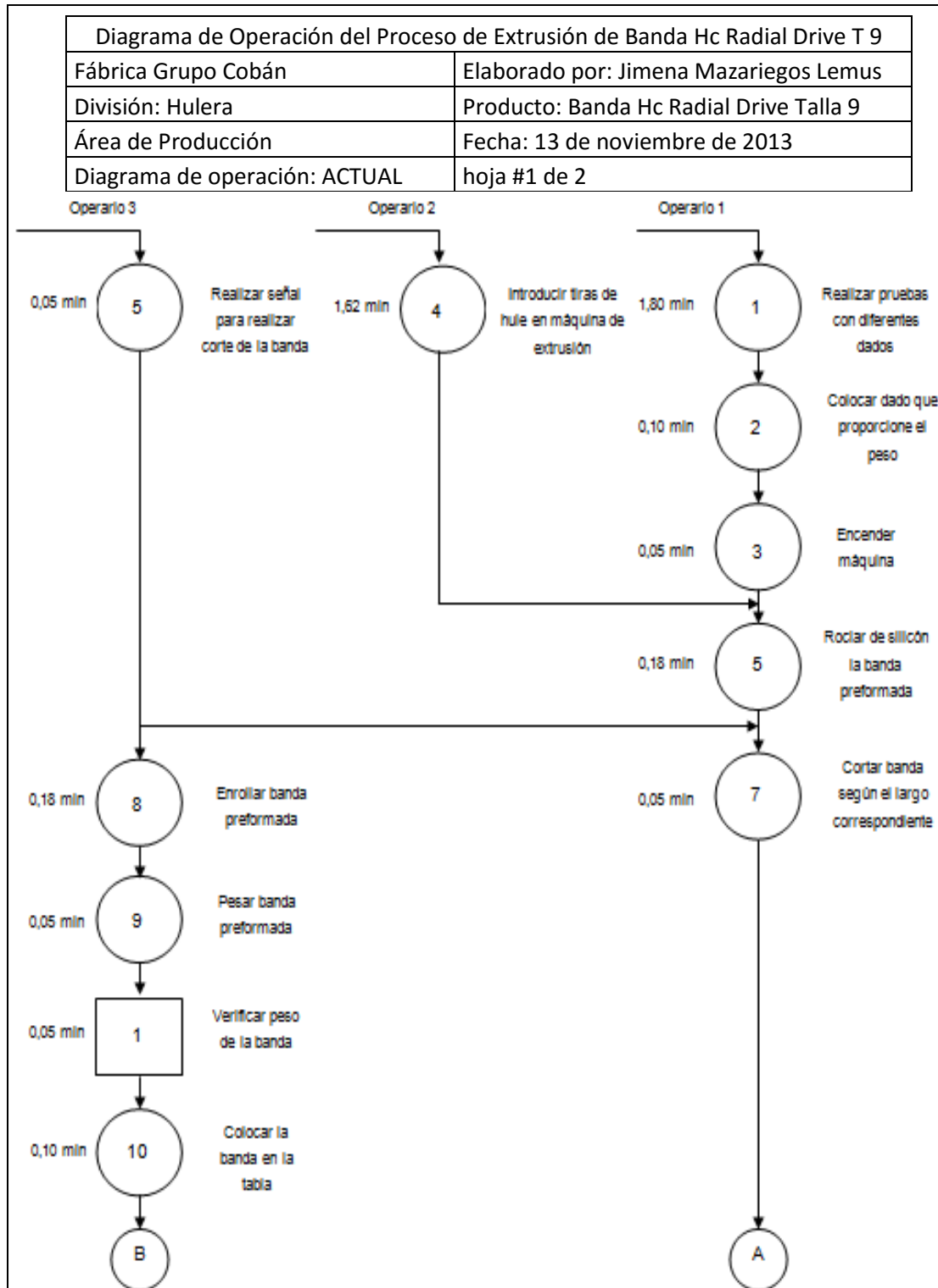
- Método: comprende parte importante del procedimiento que se utiliza para desarrollar el trabajo de extrusión, que a continuación se describe:

Actualmente cada uno de los tres operarios realiza el proceso de extrusión de la siguiente forma:

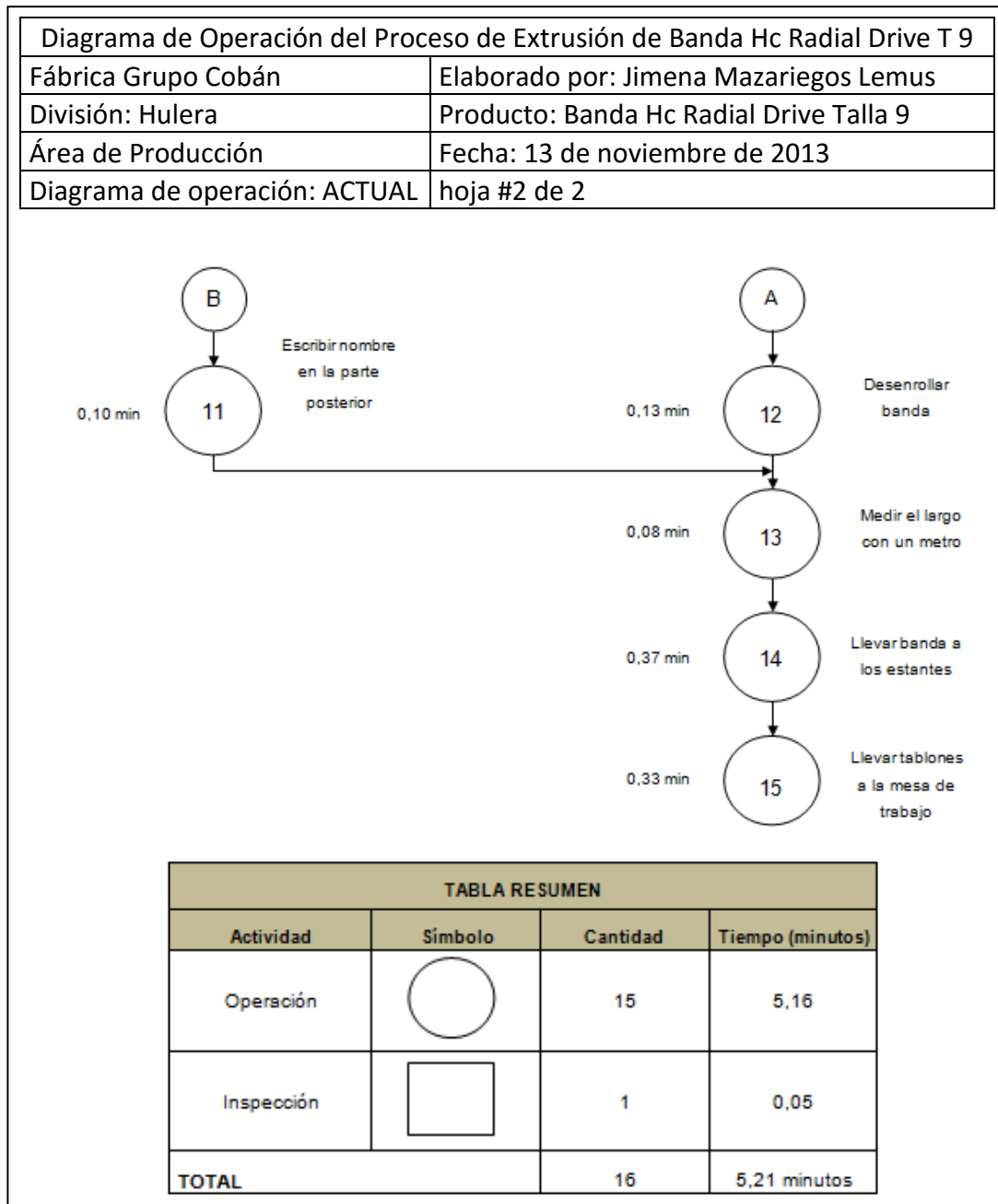
- Operario 1. Realizar pruebas con diferentes dados hasta encontrar el dado que proporcione el peso especificado.
- Operario 1. Colocar dado y encender máquina.
- Operario 2. Alimentar extrusora durante toda la producción.
- Operario 1. Rociar de silicón conforme sale la banda.
- Operario 3. Realizar señal de corte.
- Operario 1. Realizar el corte.
- Operario 3. Enrollar banda preformada (enrollar banda de abajo hacia arriba para evitar que se estire).
- Operario 3. Pesar y verificar que esté dentro de las indicaciones de Supervisor según su criterio.
- Operario 3. Colocar banda en la tabla.
- Operario 3. Escribir nombre de la banda en la parte posterior.
- Operario 1. Desenrollar banda.
- Operario 1 y 3. Medir el largo con un metro, si tiene un largo mayor del requerido se corta y se comprime manualmente, en caso contrario se envía a reprocesar la banda preformada.
- Operario 1 y 3. Llevar banda a los estantes.
- Operario 1 y 3. Llevar tablonces a la mesa de trabajo. Se continúa el mismo proceso desde el paso rociar la banda.

Para mover el estante lleno y traer el siguiente, se realiza con la cooperación de operarios que estén dispuestos a ayudarles, para trasladarlo al área de Vulcanizado. Se para el proceso cada vez que se llena el estante de bandas preformadas.

Figura 31. Diagrama de operación del proceso de extrusión actual



Continuación de la figura 31.



Fuente: elaboración propia.

Debido a la falta de especificaciones del peso, largo, tamaño del dado de la banda preformada, control de datos y más importante aún, no mantienen la misma fórmula, da como resultado un proceso ineficiente con una mayor pérdida de tiempo y desperdicio de material.

Propuesta: a continuación se describe el nuevo método.

Antes de empezar verificar que la estación de trabajo se encuentre limpia, que se tenga todo los recursos necesarios. También que cada herramienta se encuentre en su lugar.

A continuación se presenta una breve explicación de la actividad que realiza cada uno de los tres operarios en el área de Extrusión:

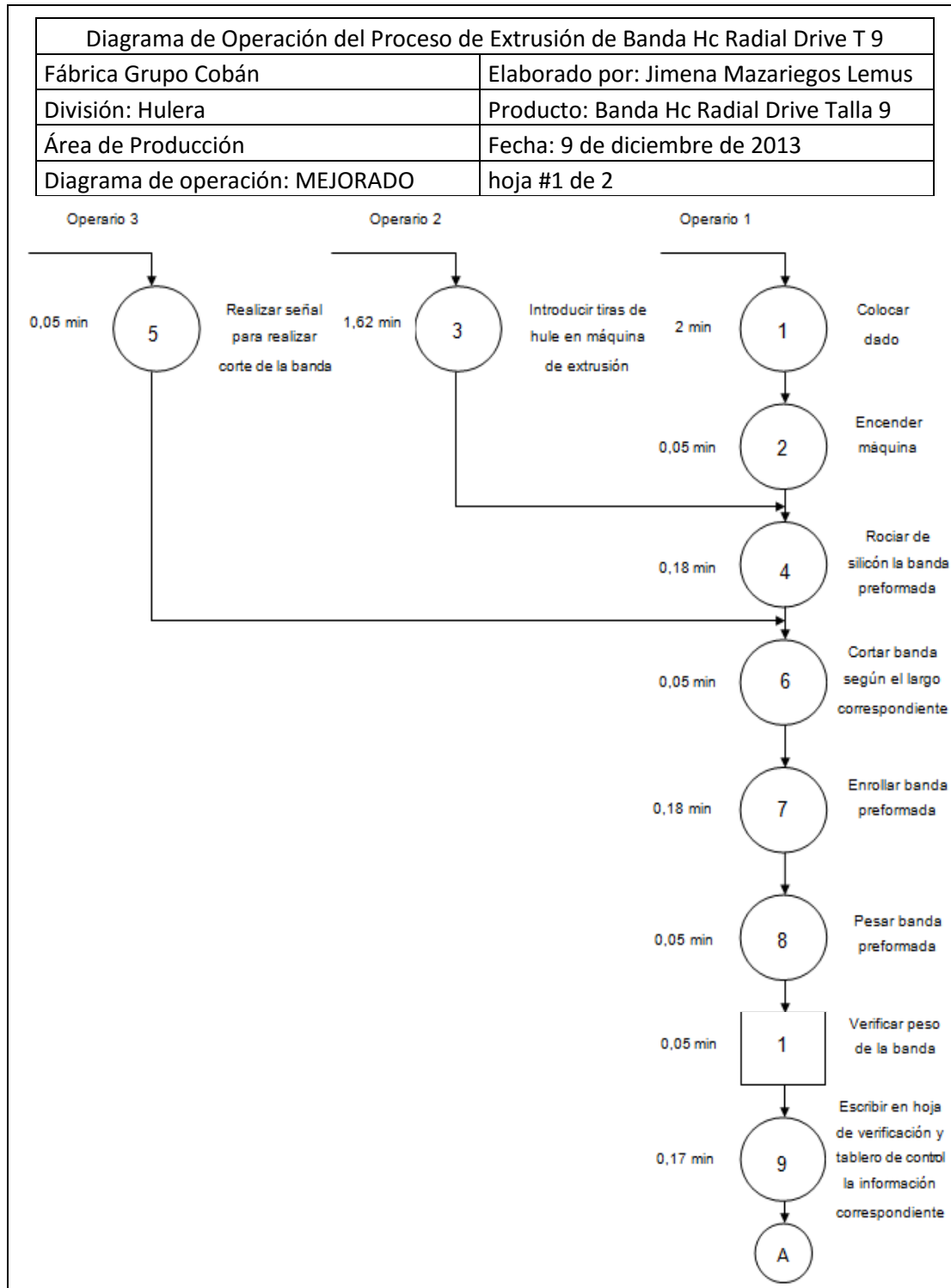
- Operario 1. Colocar dado y encender máquina.
- Operario 2. Alimentar extrusora durante toda la producción.
- Operario 1. Rociar de silicón conforme sale la banda.
- Operario 3. Realizar señal de corte.
- Operario 1. Realiza el corte y colocar cuchillo debajo en la mesa. El corte se realiza desde la marca del metro adherido a la mesa para evitar medir nuevamente la banda preformada.
- Operario 3. Enrollar banda preformada (enrollar banda de abajo hacia arriba para evitar que se estire).
- Operario 3. Pesar y verificar que este dentro de los límites de la carta de control.
- Operario 1. Apuntar en la hoja de verificación el peso de la banda y en caso de algún paro colocar en el tablero de control el tiempo y la causa.

- Operario 3. Colocar banda en la tabla.
- Operario 3. Escribir nombre de la banda en la parte posterior.
- Operario 1. Desenrollar banda.
- Operario 1 y 3. Llevar banda a los estantes.
- Operario 1 y 3. Llevar 2 tablones a la mesa de trabajo. Se continúa el mismo proceso desde el paso rociar la banda.

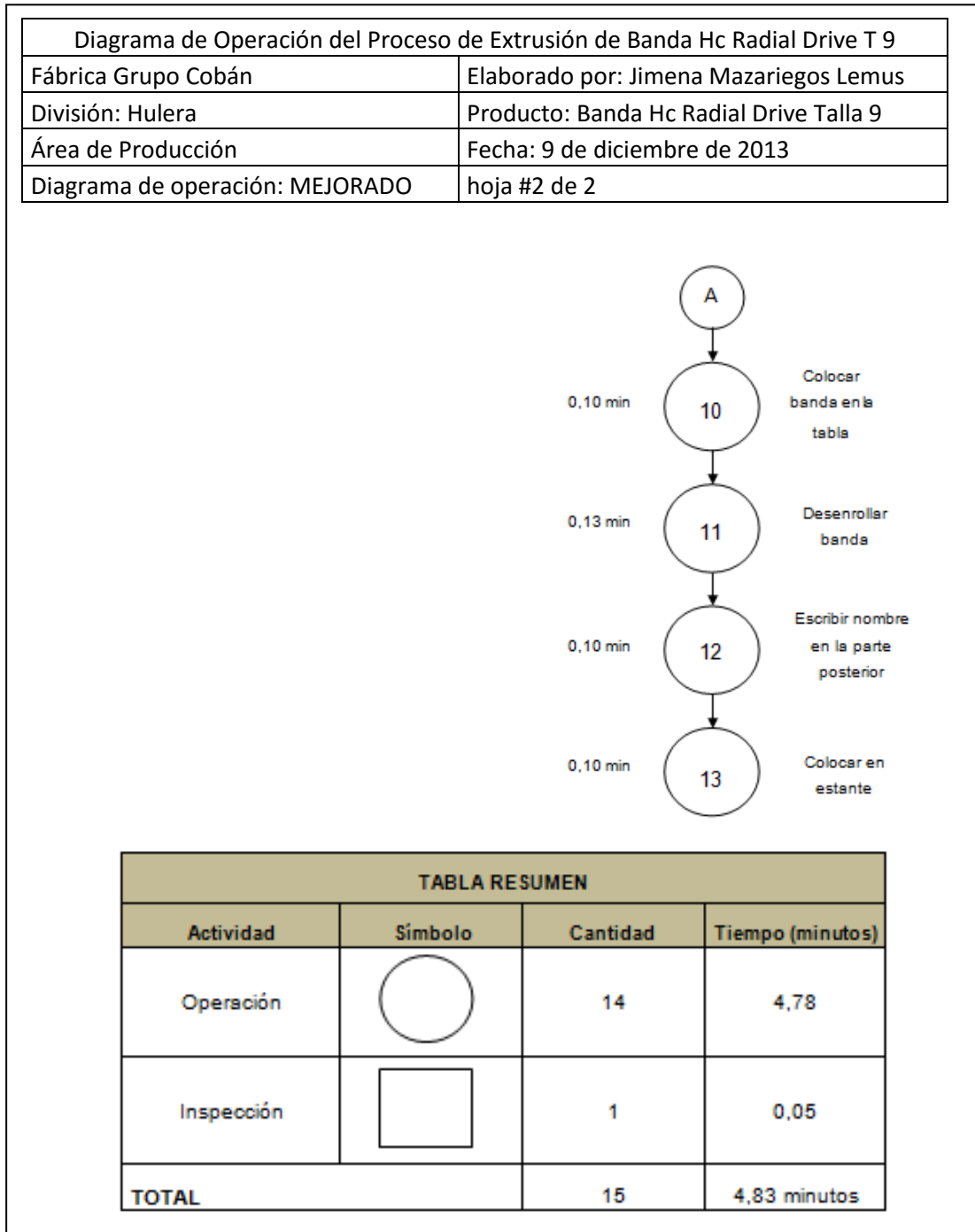
Para mover el estante lleno de bandas preformadas y traer el siguiente estante, se debe realizar cuidadosamente. Esta actividad la realizan los tres operarios del área de Extrusión junto con la ayuda de otro operario del área de Vulcanizado. Se para el proceso de extrusión cada vez que se llena el estante de bandas preformadas.

En la siguiente figura se visualiza el diagrama de operación del proceso de extrusión mejorado al aplicar la propuesta explicada anteriormente, con tiempos en actividades e inspección y descripción breve de los mismos. Como resultado se obtuvo una reducción del tiempo de operación de siete coma veintinueve por ciento (7,29 %).

Figura 32. Diagrama de operación del proceso de extrusión mejorado



Continuación de la figura 32.



Fuente: elaboración propia.

Se tiene una reducción del tiempo de proceso de extrusión de 0,38 minutos al sistematizar el proceso por medio de las especificaciones y modificaciones en la estación de trabajo y en su método. Este método mejorado trae como resultado una reducción de costos y material desperdiciado.

Respecto al tablero de control de extrusión, se requiere de una actualización, a continuación se presenta el diseño actual:

Figura 33. Tablero de control actual

CODIGO OP		OPERARIO:		COBAN		Fecha: 28 / 14																	
Línea: REENCAUCHE		Prensa: EXTRUDER		TABLERO DE CONTROL - EXTRUDADO		No. de Programa: 09																	
						Turmo: AM																	
CÓDIGO DE PRODUCTO	CANTIDAD PRODUCCION	Meta	PRODUCTO/ESTILO	Talla Molde	Color	AGREGAR PRODUCCIÓN POR PERÍODOS												TOTAL	CUMPLIMIENTO	REBABA PUN	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO		
						REAL	META	REAL	META	REAL	META	REAL	META	REAL	META	REAL	META				REAL	META	REAL
04-101	04-100 P-05	22	A Banda Hc Sp-18 Apolo T 8 - 8 - 18/32	8	NEGRO	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	22							
04-102	04-100 P-05	22	B Banda Hc Crossbar Apolo T 5 - 6.38 - 18/32	5	NEGRO	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	22							
04-103	04-100 P-05	22	C Banda Hc Sp-18 Apolo T 9 - 8 1/2 - 18/32	9	NEGRO	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	22							
04-104	04-100 P-05	22	D Banda Hc Radial Drive 18 Apolo T 10 - 9.28 - 18/32	10S	NEGRO	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	22							
04-105	04-100 P-05	22	A Banda Hc Kgr Apolo T 9 - 4.58 - 18/32	9	NEGRO	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	22							
04-106	04-100 P-05	22	B Banda Hc Waste Hatcher Rib Apolo T 9 - 8 1/2 - 26/32	9	NEGRO	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	22							
04-108	04-100 P-05	22	C Banda Hc Honey Rib Apolo T 8 - 6.38 - 16/32	5	NEGRO	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	22							
TOTAL		154				28	21	28	21	28	28	28	28	28	154								

CUMPLIMIENTO: % % % % % % % %

MOTIVO DE PAROS	TIEMPO DE PAROS		Observaciones
	No. CAVIDAD DEL MOLDE	Moivo	
P00 NO PESAR HAY MASTER P01 Cambio de molde P02 Falta de material laminado P03 Material defectuoso P04 Material contaminado P05 Falta de material preformado P06 Cambio de operador en prensa P07 Falta de operador P08 Ancho de producción P09 Pruebas P10 Operario no da motivo	P11 Presión no programada P12 Se terminó material P13 Defectuosos mecánicos P14 Defectuosos de cámara P15 Resquebraje de material P16 Material cruído P17 Falta de carretas P18 Problema en la máquina M01 Cambio de empuje M02 Lote rechazado M03 Fuga de aceite en cilindro	M04 Cargador de platina despegado M05 Soldar lámina al molde M06 Molde dañado M07 Falta de sistema eléctrico M08 Molde frías M09 Falta de presión M10 Limpieza de molde M11 Tapaderas cruzadas M12 Otros M13 Problemas con el mecánico M14 Calibrar la máquina	M15 Prensa descalibrada M16 Falta de energía eléctrica M17 Falta de vapor M18 Inventario físico M19 Almuerzo M20 Refacciones M21 Receso noche M22 Reunión M23 Cambio de inserto M24 Válvula M25 Mayor tiempo vulcanizado

ENTREGADO PROGRAMACION: _____ FIRMA DEL SUPERVISOR: _____

FIRMA DEL OPERADOR: _____

Fuente: Departamento de Producción, Grupo Cobán S. A.

Como puede observarse no se tiene un diseño acorde a la estación de trabajo. Para este proceso no se trabaja diferente banda cada hora, tampoco corresponde a este proceso la verificación del porcentaje de rebaba, no todos los motivos de paros se aplican a este proceso. Hace falta también

especificaciones de las bandas de reencauche, lo cual, es resultado de la falta de documentación y control.

Se propone el siguiente tablero de control:

Figura 34. Tablero de control propuesto

CODIGO OP:

OPERARIO:

Línea: REENCAUCHE

Fecha: Día Mes Año

Preisa: EXTRUDER

No. de Programar:

Turno:

TABlero DE CONTROL - EXTRUDADO

Orden de Producción	Codigo Producto terminado	Producto/Estilo	Talla-Molde		Pesos (kg)		Largo (m)	Acumulado (unidades de producción)	
			Dado		Mín	Máx		Real	Meta
							22	22	7:00-8:30
							22	22	8:30-10:00
							22	22	10:00-11:30
							22	22	11:30-13:00
							22	22	14:00-15:30
							22	22	15:30-17:00
							22	22	17:00-18:00
								154	

MOTIVO DE PAROS

P00 Falta de sistema eléctrico

P01 Cambio de molde

P02 Falta de material laminado

P03 Material defectuoso

P04 Material contaminado

P05 Cambio de operador

P06 Rechazo de producción

P07 Se termino material

P08 Desperfectos mecánicos

P09 Reproceso de material

P10 Molde dañado

P11 Limpieza de molde

ENTREGADO PROGRAMACIÓN: _____

FIRMA DEL OPERADOR: _____

FIRMA DEL SUPERVISOR: _____

Cumplimiento %

Producto/Estilo	Motivo	Tempo	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

Este tablero se puede aplicar de mejor forma en la banda de reencauche Hc Radial Drive 18 T 9 y en las demás bandas, debido a que contiene la información necesaria para mantener estable el proceso y un mejor control del mismo.

Al colocar la casilla talla-molde se puede reducir el tiempo de cambio de molde, dado que se relacionan todas las bandas que tienen un mismo peso las cuales se producen con el mismo tamaño de dado.

El peso mínimo y máximo es de gran importancia colocarlo para que el operador trabaje bajo estas especificaciones, y se evite aumentar el nivel de error, porcentaje de rebaba y toma de medidas correctivas. También se coloca el largo que debe tener cada banda para que en el área de Vulcanizado la banda preformada case correctamente en los moldes y se evite reprocesar material preformado.

Al finalizar cada orden de producción, se llena la casilla de producción real de los totales programados. Por último al final del día registrar material no utilizado y pesarlo, para mantener un registro de entradas y salidas.

3.2.2. Definición de la utilidad para evaluar

Detecta causas especiales de variación, que ayuda a establecer acciones de mejora. Al generar propuestas para la solución del problema, se contará con una base de datos amplia, por tal motivo dichas soluciones se evaluarán mediante cierta metodología que permitirá jerarquizar y determinar cuáles de las tantas soluciones se realizará.

La evaluación proporciona información sobre la satisfacción del cliente, la aprobación con las especificaciones del producto, las tendencias y características de los procesos y productos, las oportunidades para realizar acciones preventivas y los proveedores.

3.2.3. Objetivos planteados

- Diseñar una carta de control para la reducción de desperdicios de materia prima que mejore la productividad de la empresa.
- Proporcionar una base metodológica para que se pueda estudiar la variabilidad del proceso.
- Asegurar mediante el conocimiento de esta herramienta, que el personal tiene la habilidad para contribuir al cálculo, análisis, interpretación, solución y mejora del desempeño de los procesos que afectan directamente la calidad del producto.

3.2.4. Operación de una carta de control

Es indispensable para monitorear y controlar adecuadamente los procesos, por ello, en esta sección se comprenderán algunas actividades a desarrollar para una mejor implementación y operación de la carta de control.

3.2.4.1. Problema identificado

Basándose en el resultado del diagnóstico del proceso productivo y la determinación de las causas generadoras del decremento en la eficiencia, se consideró como área que puede ser mejorada, la de Extrusión, con todas sus actividades en el proceso productivo. Que se obtuvo mediante un análisis basado en algunas de las herramientas básicas de control estadístico: lluvia de

ideas, Diagrama de Pareto y Diagrama de Ishikawa. Además, se determinó la acción a tomar respecto a las oportunidades de mejora en la empresa mediante un análisis Foda (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).

3.2.4.2. Beneficio

Las cartas de control facilitan la respuesta apropiada al proceso de variación, desiguando una variación aleatoria que es inherente en un proceso estable de una variación que es probablemente debida a causas especiales.

El papel e importancia de las gráficas de control en diversas actividades relacionadas con procesos son indicadas a continuación:

- En el control de proceso: las cartas de control de variables se utilizan para detectar cambios en el centro del proceso o variabilidad del proceso y realizar acciones correctivas, además de mantener o reanudar la estabilidad en el proceso.
- En el análisis de capacidad del proceso: si el proceso es estable, la información de las cartas de control deberá ser utilizada sucesivamente para estimar la capacidad del proceso.
- En el análisis del sistema de medición: en la introducción de límites de control que muestran la variabilidad inherente del sistema de medición, la carta de control refleja además que el sistema de medición es capaz de detectar la variabilidad del proceso o producto de interés. Las cartas de control pueden ser utilizadas también para controlar las mediciones del mismo proceso.
- En el análisis de causa y efecto: relación entre eventos del proceso y patrones de la carta de control pueden ayudar a deducir las causas especiales y un plan de acción efectivo.

- En la mejora continúa: las cartas de control se usan para supervisar y apoyar en la identificación de causas de la variación del proceso; además ayudan a reducir las mismas.

3.2.4.3. Objetivos

- Determinar límites de control y su revisión futura.
- Proporcionar al personal responsable la metodología adecuada de análisis de variabilidad, del proceso de producción de una banda de reencauche.
- Desarrollar procesos que de forma sistemática detecten cambios de manera oportuna en el proceso.

3.2.4.4. Enumeración de variables

Las diferentes variables que aportan información sobre los distintos aspectos de la situación de interés, que pueden analizarse mediante la carta de control son las siguientes:

- Longitud (3,43 m)
- Temperatura (155 °C \pm 5 °C)
- Peso (13,00 kg)
- Volumen (34,30 m³)
- Densidad (0,38 kg/m³)
- Resistencia (350 nbs)

3.2.4.5. Preselección de variables prioritarias

Para la preselección de variables se hizo una votación con el equipo de mejora formado anteriormente, y se obtuvo las siguientes variables basándose en su aporte para cumplir con los objetivos descritos en el punto 3.2.4.3. de tal forma que reflejen la magnitud del problema, en términos de calidad, costos, productividad o tiempo de ciclo.

A continuación se enlistan las variables candidatas:

- Peso
- Densidad
- Resistencia

3.2.4.6. Elección primer variable

Para este paso se selecciona la variable por votación y se llega a la conclusión que la variable peso atiende la necesidad percibida, por ser una característica de calidad del producto que refleja los resultados obtenidos por el proceso; a través de ella se evalúa la calidad del desempeño del proceso. Además, este tipo de variable dependiente, por lo general, es utilizada para determinar especificaciones, como en el caso de la banda preformada que se obtiene de la extrusora, las dimensiones de estas deben caer dentro de cierto rango, de lo contrario se desperdiciaría parte del material y se tendría que reprocesar.

Cuando se satisfacen estos requerimientos se dice que el proceso cumple las especificaciones de calidad, por tanto, aporta mejora al proceso y ayuda en la toma de decisiones.

3.2.4.7. Selección de carta apropiada

Para este caso se disponen de datos numéricos, para los cuales se cuenta con las cartas de control por variables y dentro de este paso se determinará en función de la recopilación de datos el tipo de carta control por variable a usar, ya sea $\bar{X} - R$ o individual. De acuerdo al punto 3.1.4.3. de este capítulo la carta es medias y rangos ($\bar{X} - R$).

3.2.4.8. Determinación tamaño y frecuencia de muestreo

Cada muestra contendrá diez valores ($n=10$), que serán medidos a una frecuencia de treinta minutos, en el área de Extrusión. Con la finalidad de detectar las causas fuera de control, se propone tomar productos consecutivos de producción para formar la muestra de tamaño diez, minimizando de esta manera las diferencias dentro del subgrupo.

A continuación se presenta la información de los pesos en kilogramos medidos durante noviembre de 2013.

Tabla XIII. **Datos correspondientes a la medición en kilogramos de la extrusión de banda de reencauche Hc Radial Drive 18 T 9**

Muestra	Peso de preformas de banda de reencauche (kg)										Desviación	Media	Rango
1	13,64	14,18	14,18	14,09	14,09	14,09	13,95	13,82	14,18	13,82	0,19	14,00	0,55
2	14,18	14,00	14,18	14,27	14,09	14,18	13,59	13,64	13,73	13,73	0,26	13,96	0,68
3	14,00	14,64	14,09	14,55	14,64	14,18	14,45	14,36	14,27	14,45	0,22	14,36	0,64
4	13,82	13,73	14,27	13,55	14,18	14,09	13,27	13,73	13,82	13,73	0,30	13,82	1,00

Continuación de la tabla XIII.

5	13,64	13,73	13,73	14,18	14,45	13,91	13,64	14,09	14,27	14,27	0,30	13,99	0,82
6	14,45	14,45	14,09	14,18	14,27	14,45	14,09	13,64	13,64	13,64	0,34	14,09	0,82
7	14,27	14,27	14,09	13,64	13,64	13,64	14,45	14,45	14,09	14,18	0,33	14,07	0,82
8	13,27	13,73	13,82	13,73	13,64	14,09	14,27	14,45	13,64	13,73	0,34	13,84	1,18
9	13,73	13,73	14,18	14,36	13,82	13,73	13,73	14,18	14,27	14,45	0,30	14,02	0,73
10	13,95	13,82	14,18	13,82	13,59	13,64	13,64	13,73	13,73	14,18	0,22	13,83	0,59

Fuente: elaboración propia.

3.2.4.9. Media de la carta de control

Una vez determinado el tipo de carta de control se calcula la media, que es el promedio de las medias de los subgrupos ($\bar{\bar{X}}$).

$$\bar{\bar{X}} = 14 \text{ kg}$$

3.2.4.10. Desviación estándar

Luego de calcular la media se prosigue a calcular la desviación estándar, que es el promedio de la desviación estándar de los subgrupos de datos de la tabla XIII.

$$\bar{S} = 0,28 \text{ kg}$$

3.2.4.11. Límites de control

Se calcula el límite superior como inferior para el promedio de la media del grupo de datos, con una muestra $n = 10$ con $\bar{X} = 14$ kg. Para este cálculo se necesita obtener el promedio de los rangos de los subgrupos que se presenta en la tabla XIII, que tiene el valor de $\bar{R} = 0,78$ kg.

Las constantes para la construcción de la carta se muestran en la tabla X, ubicada en la sección 3.2., para un tamaño de muestra $n=10$, los valores son:

$$A_2 = 0,308, D_3 = 0,223, D_4 = 1,777$$

Límites de control de la carta de medias:

Figura 35. **Cálculo de límites de control de la carta de medias**

$LCS = \bar{X} + A_2\bar{R} = 14 + 0,308 (0,78) = 14,24 \text{ kg}$ $\text{Línea central} = \bar{X} = 14 \text{ kg}$ $LCI = \bar{X} - A_2\bar{R} = 14 - 0,308 (0,78) = 13,76 \text{ kg}$
--

Fuente: elaboración propia.

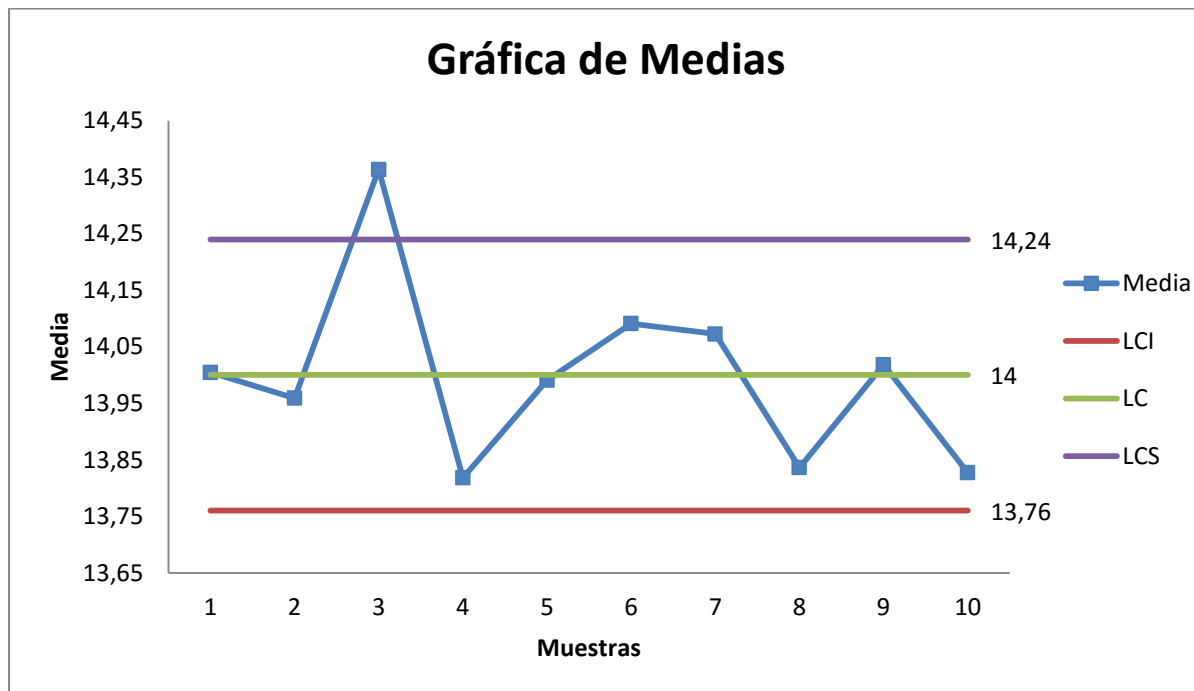
Tabla XIV. **Límites de control de la carta de medias**

X	LSC _x	X _C	LIC _x	Tercio Inf	Tercio Sup
14	14,24	14	13,76	13,92	14,08

Fuente: elaboración propia.

- Trazo de los puntos: los límites de control superior como inferior y los promedios, se trazan en la gráfica con los datos disponibles de la media.

Figura 36. **Gráfica de medias banda Hc Radial Drive 18 T 9**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

- Análisis de la gráfica \bar{X} : se puede observar que existe un punto fuera de los límites de control y cierto flujo de puntos que tienden a crecer y luego se presenta un flujo similar de forma descendente que se repite. Esta carta debe considerarse para tomar acciones correctivas y re calcular los límites.

Cálculo de los límites de control para la gráfica R:

Figura 37. **Cálculo de límites de control de la carta de rangos**

$$\begin{aligned} LCI &= D_3\bar{R} = 0,223 * 0,78 = 0,17 \text{ kg} \\ \text{Línea central} &= \bar{R} = 0,78 \text{ kg} \\ LCS &= D_4\bar{R} = 1,777 * 0,78 = 1,39 \text{ kg} \end{aligned}$$

Fuente: elaboración propia.

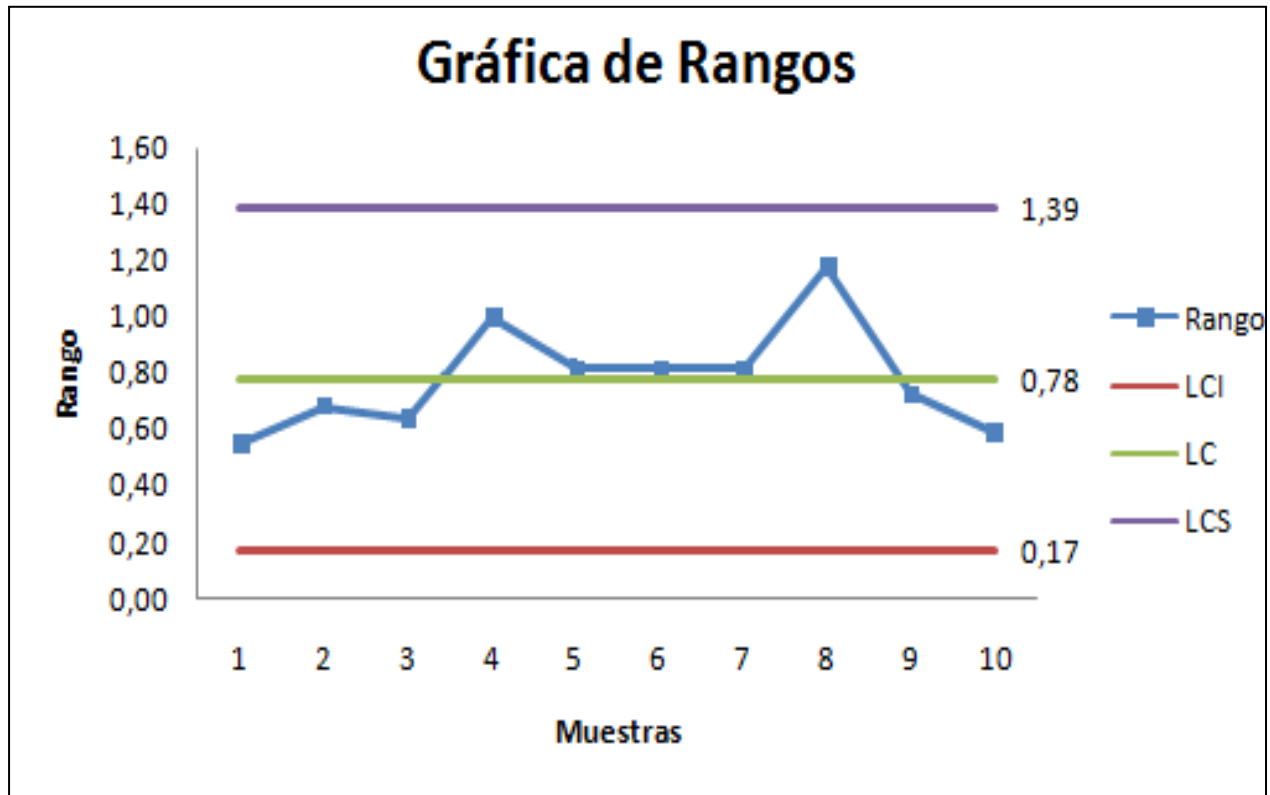
Tabla XV. **Límites de control de la carta de rangos**

R	LSC _R	R _C	LIC _R	Tercio Inf	Tercio Sup
0,78	1,39	0,78	0,17	0,58	0,98

Fuente: elaboración propia.

- Trazo de los puntos: los límites de control superior como inferior y los promedios, se trazan en la gráfica con los datos disponibles del rango.

Figura 38. Gráfica de rango Banda Hc Radial Drive 18 T 9



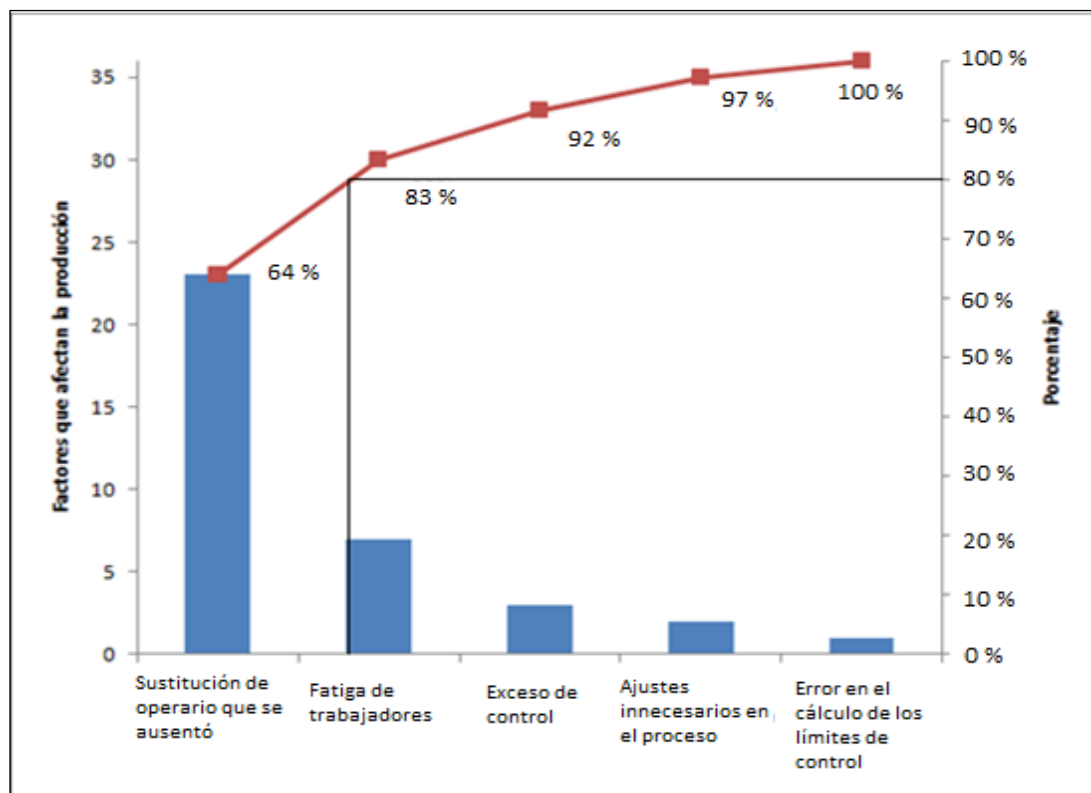
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

- Análisis de la gráfica \bar{R} : se puede observar que todos los puntos caen dentro de los límites de control, por lo que el proceso en la amplitud de la dispersión está estadísticamente estable.

Con base en lo observado y analizado en las gráficas de control de medias se concluye que el proceso en estudio está fuera de control o es inestable. Por tanto se requiere tomar acciones correctivas mediante el análisis de sus causas para recalcular los límites de control.

- Análisis de causas: se realizó una lluvia de ideas para determinar la causa y se obtuvo la siguiente lista:
 - Sustitución de operario que se ausentó
 - Fatiga de trabajadores
 - Exceso de control
 - Ajustes innecesarios en el proceso
 - Error en el cálculo de los límites de control
- Del listado de lluvia de ideas se realizó el diagrama de Pareto para identificar el elemento que genera la mayor parte del efecto.

Figura 39. **Diagrama de Pareto**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

En el diagrama de Pareto se observó que el sesenta y cuatro por ciento (64 %) de las posibles causas que provocaron un punto fuera de los límites de control de la carta de medias, se debía a la sustitución de operario que se ausentó debido a suspensión por el IGSS (Instituto Guatemalteco de Seguridad Social). Esto a su vez afectó de tal forma que provocó un punto (14,36 kg) de la muestra tuviera mayor peso que el límite superior.

- Acción correctiva: se capacita al personal mediante la información descrita del método basándose en el diagrama de operación del proceso de la figura 32. Esto a su vez, ayuda a que el personal operativo tenga el conocimiento del proceso total y de esta forma mantener un ambiente laboral agradable.
- Re cálculo de los límites: los datos nuevamente recopilados durante diez días para el primer turno, bajo las condiciones establecidas en la propuesta de la sección 3.2.1., se muestran a continuación:

Tabla XVI. **Pesos de la banda Radial Drive 18 T 9**

Muestra	Peso de preformas de banda de reencauche (kg)										Desviación	Media	Rango
1	13,00	13,10	13,00	12,98	13,00	12,94	13,12	12,98	13,00	13,00	0,06	13,01	0,18
2	12,94	12,84	13,00	12,94	13,12	13,04	13,00	13,04	12,80	12,94	0,10	12,97	0,32
3	13,24	13,26	12,78	13,20	13,00	13,00	12,92	12,94	13,08	12,98	0,15	13,04	0,48
4	12,80	12,78	13,10	12,84	12,98	12,78	12,88	13,10	13,00	13,04	0,14	12,94	0,32
5	13,12	13,12	12,98	12,98	12,86	13,00	12,90	13,00	12,82	12,96	0,10	12,97	0,30
6	12,96	13,12	13,24	13,00	12,88	13,00	13,06	13,10	13,00	12,89	0,11	13,03	0,36
7	13,10	13,00	13,08	12,82	12,95	13,27	13,00	12,96	13,16	13,10	0,13	13,04	0,45
8	13,04	12,98	13,00	13,00	13,10	12,98	13,10	12,90	12,88	13,12	0,08	13,01	0,24
9	13,08	12,95	13,26	13,00	12,92	13,18	13,00	13,10	12,94	13,00	0,11	13,04	0,34
10	13,15	13,20	13,22	12,90	12,88	13,00	13,00	12,78	12,86	13,00	0,15	13,00	0,44

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvo el promedio de la media de las muestras, el promedio del rango y el promedio de la desviación de la tabla XVI:

$$\bar{\bar{X}} = 13 \text{ kg}$$

$$\bar{R} = 0,34 \text{ kg}$$

$$\bar{S} = 0,11 \text{ kg}$$

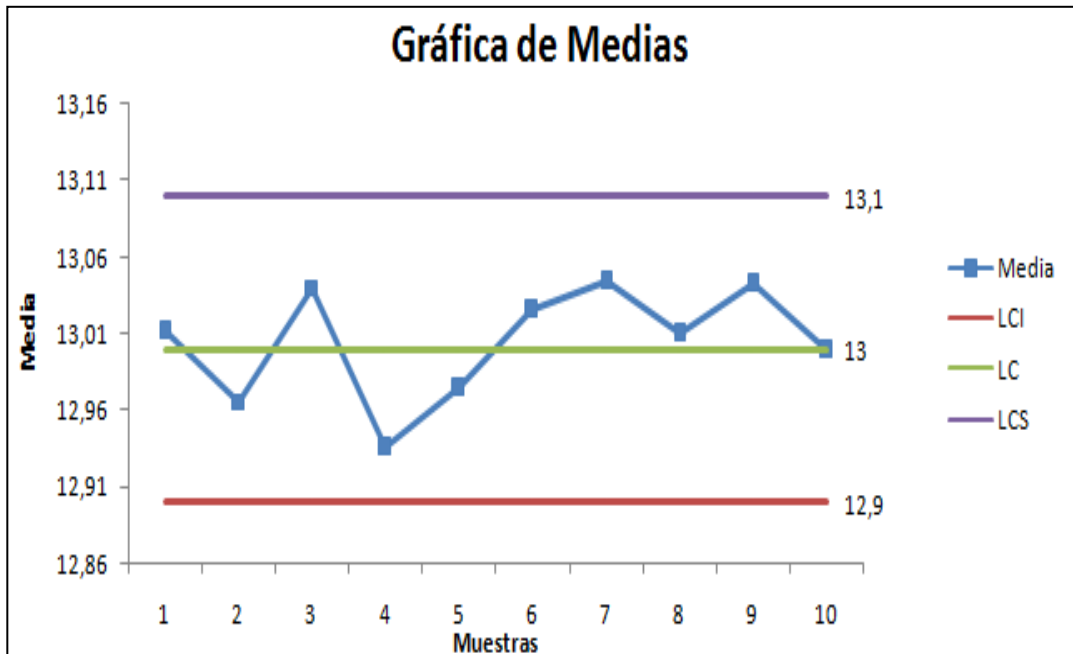
Por lo tanto, los límites propuestos para usar en la carta de control de medias y rangos son:

Tabla XVII. **Límites de control**

Carta de Rangos			Carta de Medias		
LIC _E	R _c	LSC _R	LIC _x	X _c	LSC _x
0,17	0,78	1,39	12,90	13,00	13,10

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Gráfica de medias de banda Hc Radial Drive 18 T 9



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Con base en las cartas de control observada en las figuras 38 y 40, se determina que no existen puntos fuera de los límites de control, ni patrones, por lo que el proceso tanto en las medias como en los rangos está estadísticamente estable. Estos límites de control (tabla XVII) se van a utilizar como referencia para el control continuo del proceso, con el objetivo de que el personal supervisor tome las acciones necesarias ante cualquier indicación de falta de control en la carta de control $\bar{X} - R$.

3.3. Interpretación de la carta de control

Los criterios para analizar una carta de control y tomar decisiones sobre la misma, se tomarán basándose en los cinco patrones expuestos en el capítulo

primero sección 1.4., que permiten detectar patrones no aleatorios en las cartas de control.

3.3.1. Patrones

Para detectar patrones se utilizará como base las causas de inestabilidad definidas en el capítulo primero sección 1.4. tabla I. Cuando alguno de los patrones se presenta en una carta, es debido a que en el proceso existe una situación especial (proceso inestable o fuera de control estadístico).

3.4. Hoja de verificación

Es un formato creado para recolectar datos del peso de la banda de reencauche preformada, de tal forma que su registro sea fácil y sistemático. La hoja de verificación contiene información acerca de las especificaciones inferior y superior del producto, que permiten evaluar el efecto del proyecto de mejora.

3.4.1. Obtención de datos

Los datos del peso de la banda de reencauche se obtienen durante el proceso de extrusión descrito en la sección 3.2.1., utilizando la balanza para medir y verificar dicho peso.

3.4.2. Formato

La siguiente hoja está diseñada para mantener un control de las especificaciones del peso de la banda Hc Radial Drive 18 Apolo T 9.

Figura 41. **Hoja de verificación de peso banda preformada**

Producto _____ Especificaciones _____
 Sección _____ Fecha _____

Frecuencia total										
Frecuencia	25									
	20									
	15									
	10									
	5									
Dimensiones		12.6	12.8	13	13.2	13.4	13.6	13.8	14	14.2
		Especificación inferior				Especificación superior				

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

En la figura 41 se presenta la especificación inferior y superior de peso de la banda preformada, para analizar si se trabaja dentro de los mismos y verificar la frecuencia total que se mantiene en el proceso.

3.4.3. Frecuencia

Apuntar y registrar en la hoja de verificación los pesos, cada vez que se pese la banda de reencauche en la balanza localizada en el área de extrusión.

3.5. Ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar)

La mejora de la calidad está dirigida a aumentar y mantener la capacidad para cumplir en lo requerido por los clientes o en los requisitos de calidad del producto. La decisión de implantar el ciclo Deming o conocido como el ciclo

PHVA se tomó por la Alta Dirección de la organización. El ciclo planear, hacer, verificar y actuar (PHVA), son acciones a tomar en una organización para asegurar el mejoramiento de la calidad y la productividad en cualquier nivel jerárquico en una organización, siendo conocido como el ciclo de control.

El ciclo de calidad (PHVA) proporciona una metodología enfocada en la mejora continua o mejora constante en los procesos de una organización. Cada elemento del PHVA tiene el siguiente objetivo:

- Planear (P): establecer planes, con el propósito de plantear el problema y definir soluciones.
- Hacer (H): llevar a cabo el plan establecido.
- Verificar (V): verificar si el resultado está conforme a lo planeado.
- Actuar (A): actuar para eliminar los problemas encontrados en la verificación y así tomar decisiones para establecer un plan futuro (repetición del ciclo PHVA).

3.5.1. Planear

El primer paso para la solución de un problema identificado es definir y analizar su magnitud. Las herramientas que se van a utilizar en esta etapa del ciclo es:

- Diagrama de Pareto
- Hoja de verificación
- Carta de control

Para buscar todas las posibles causas, se utilizarán las siguientes herramientas de control:

- Lluvia de ideas
- Diagrama de Ishikawa

El tercer paso de esta etapa consiste en investigar cual es la causa principal por medio de las siguientes herramientas:

- Diagrama de Pareto
- Estratificación
- Diagrama de Ishikawa

Como paso final se consideran las medidas remedio utilizando preguntas, que permiten obtener una información completa del contenido, las preguntas que se hacen son las siguientes:

- ¿Por qué?, esta pregunta define la necesidad
- ¿Qué?, determina el objetivo
- ¿Dónde?, el lugar
- ¿Cuánto?, tiempo y costo
- ¿Cómo?, define el plan

3.5.2. Hacer

Implementar las medidas remedio del plan elaborado a pequeña escala, conforme a los métodos de operación del inciso 3.2.1, además incluir a los participantes afectados para exponerles la importancia del problema y los objetivos que se deben lograr.

3.5.3. Verificar

En esta etapa se revisan los resultados obtenidos después de haber funcionado en un lapso de tiempo prudencial, utilizando las siguientes herramientas de control estadístico:

- Lluvia de ideas
- Diagrama de Pareto
- Cartas de Control
- Hoja de verificación
- Diagrama de Ishikawa
- Ciclo PHVA
- Tabla de priorización
- Diagrama de relaciones
- Análisis de cambio de proceso
- Orden de prioridades
- Análisis de preguntas lógicas

3.5.4. Actuar

En esta última etapa se concluye acerca del plan revisando los resultados obtenidos en las figuras 39, 40 y 41. Si las soluciones dieron resultado satisfactorio se documenta el procedimiento y plantea trabajo futuro.

Si las medidas remedio no dieron resultados positivos se debe detectar y corregir los errores, aprender de la experiencia, obtener conclusiones y con base en esto iniciar de nuevo el ciclo desde la primer etapa.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Proceso de extrusión

El proceso de extrusión se llevo a cabo conforme el diagrama propuesto en el capítulo 3, que dio como resultado una reducción en el tiempo de ciclo de 5,21 minutos a 4,83 minutos con una disminución del siete coma veintinueve por ciento (7,29 %) del tiempo, logrando así aumentar las capacidades y reducir continuamente los desperdicios, los reprocesos, la lentitud del proceso, los costos, lo cual conducirá a un aumento en la productividad.

4.1.1. Procedimiento de operación

Antes de comenzar operaciones se debe tener todo lo necesario y eliminar del área de trabajo lo que no sea útil, tener cada cosa en su lugar, organizando el espacio de trabajo acorde al procedimiento, debe estar limpio el lugar y herramientas y mantener autodisciplina, es decir realizar el procedimiento de operación en una forma natural de actuar.

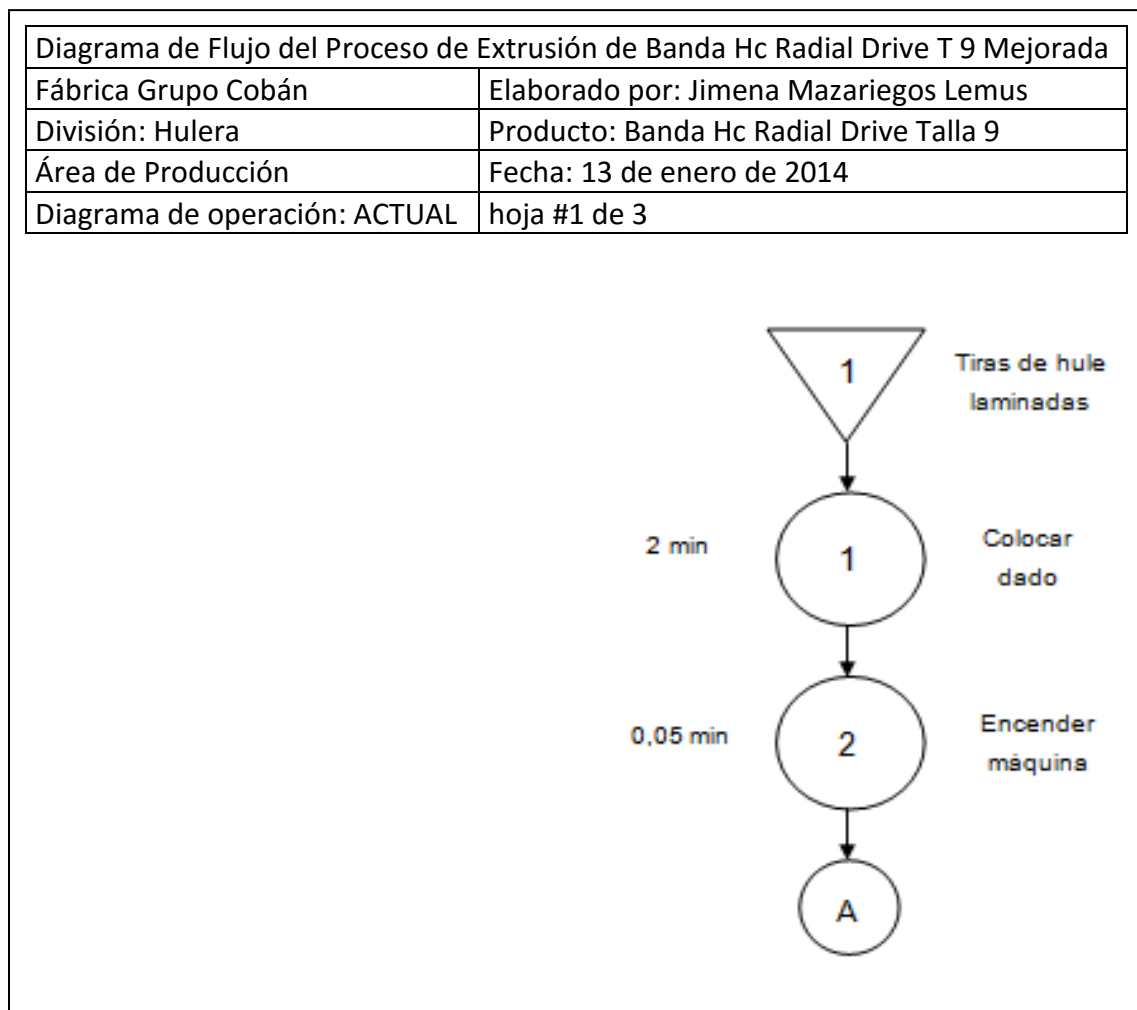
Colocar el dado 7-16 en la máquina extrusora, encender máquina y empezar a alimentarla, rociar con silicón conforme sale la banda preformada, cortar a un largo de 3,43 metros, enrollar banda preformada, pesar en balanza cumpliendo con los límites de control, registrar datos del peso en la hoja de verificación (figura 41), en caso de algún paro registrarlo en el tablero de control (figura 34), colocar banda en la tabla, escribir nombre de la banda en la parte posterior, llevar banda preformada a los estantes, y por último trasladar dos tablones a la mesa. Se realiza este procedimiento sistemáticamente parando el

proceso cada vez que se llenan los estantes y se traslada el siguiente estante al área de trabajo.

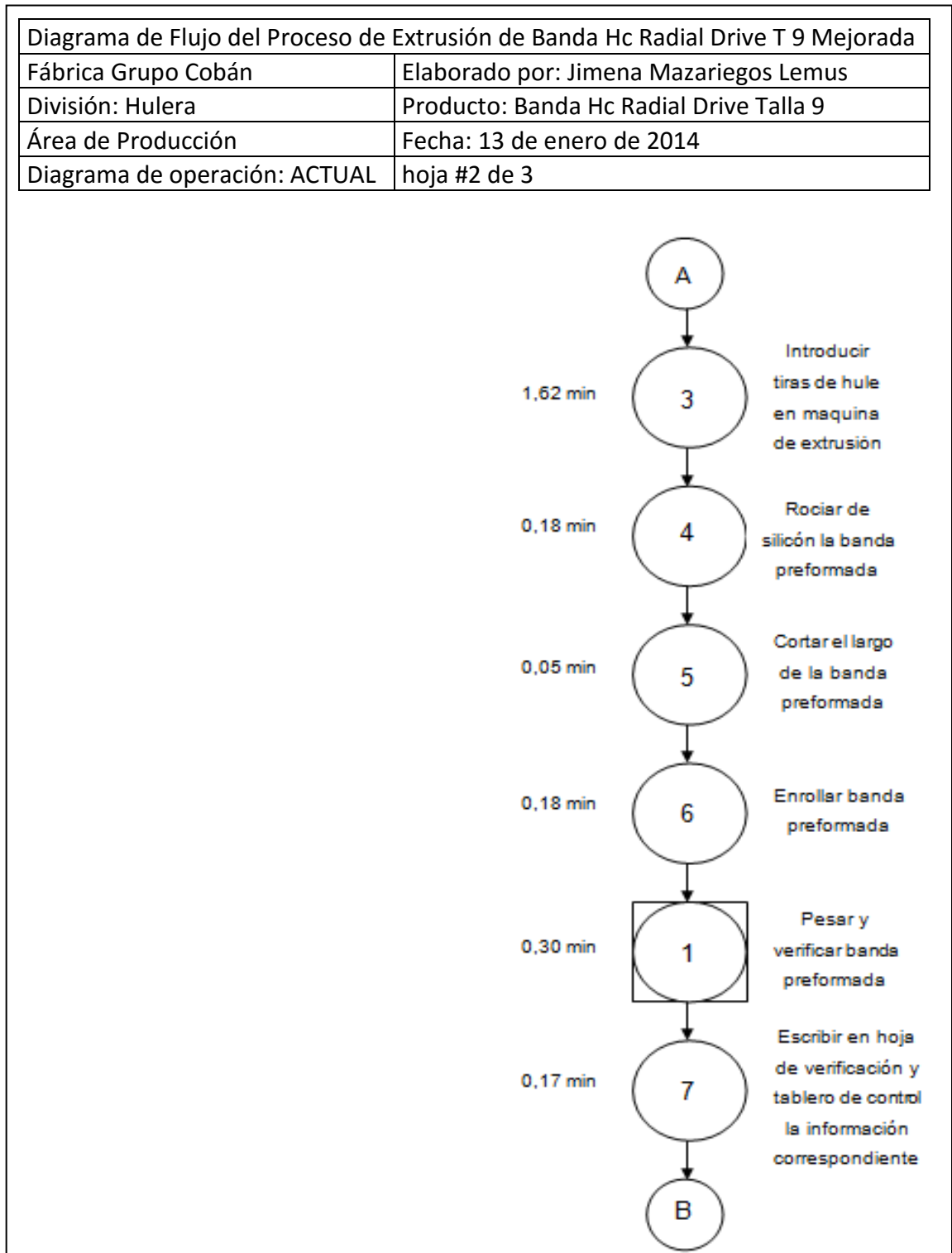
4.1.1.1. Diagrama de flujo del proceso

A continuación en la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del proceso de extrusión actual, junto con tiempos de operación, inspección y transporte.

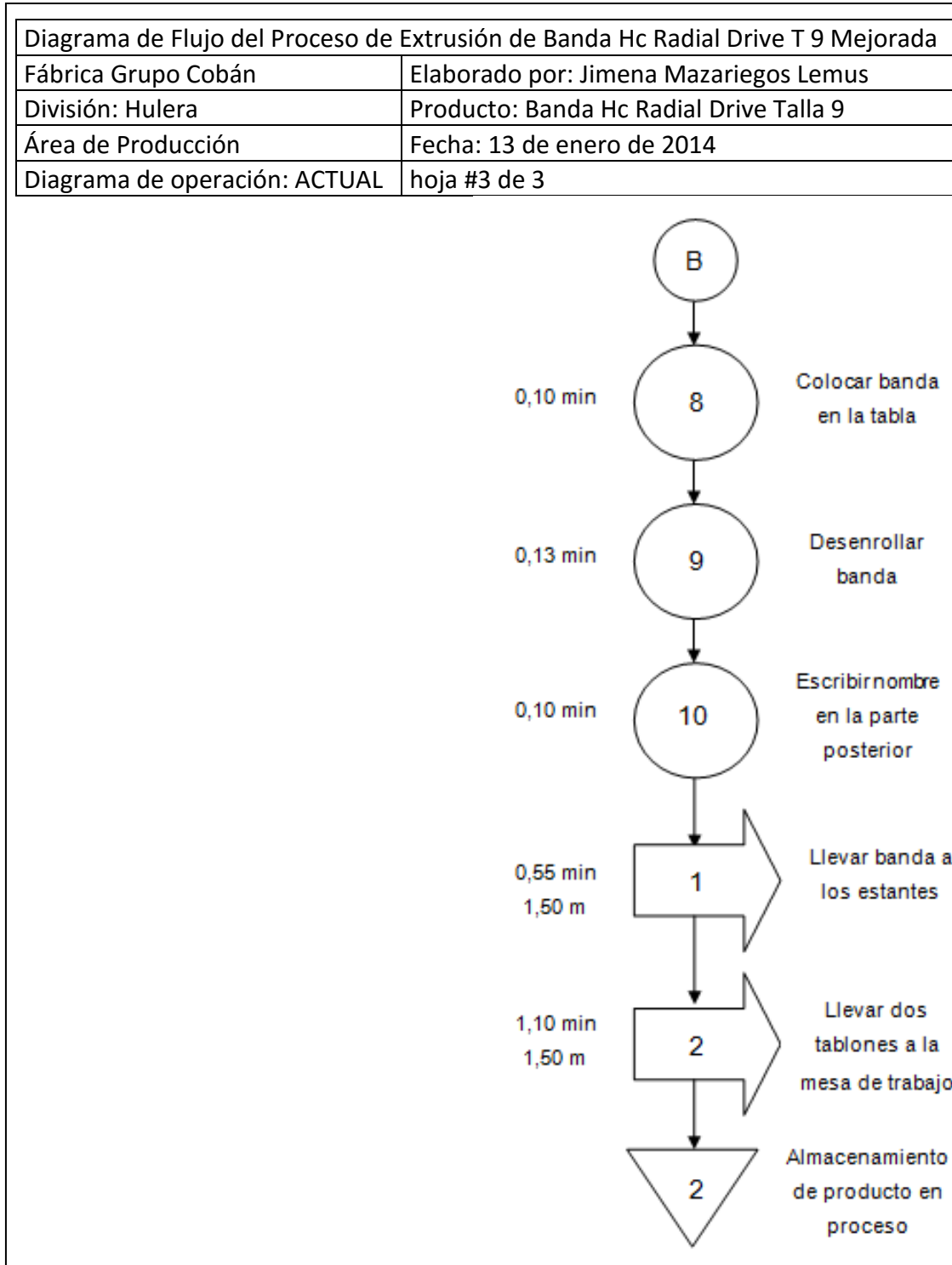
Figura 42. Diagrama de flujo del proceso de extrusión actual



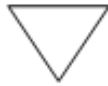


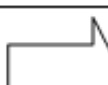
Continuación de la figura 42.



Continuación de la figura 42.



Continuación de la figura 42.

TABLA RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)
Almacenaje		2	-	-
Operación		10	4,58	-
Inspección		1	0,30	-
Transporte		2	1,65	3
TOTAL		15	6,53 minutos	3 metros

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvo una productividad del 73,97 % al cambiar el método del proceso de extrusión. A continuación se observa en la figura 43:

Figura 43. **Productividad**

$$P = \frac{\sum TDOP}{\sum TDFOP} \times 100 = (4,83 / 6,53) \times 100 \% = 73,97 \%$$

Fuente: elaboración propia.

P = productividad

TDOF = tiempo total diagrama de operación del proceso

TDFOF = tiempo total diagrama de flujo del proceso

4.1.1.2. Cuantificación de la materia prima

Mediante la utilización del tablero de control, hojas de verificación y cartas de control que se registran diariamente en el proceso, se cuantifica la materia prima por su peso, fórmula, tipo de banda de reencauche, pedido, cantidad de materia prima entrante a la estación y la saliente para determinar la materia prima desperdiciada, y bajo este sistema llevar a cabo un control.

4.1.1.3. Características de la materia prima

Las características de la materia prima de la banda de reencauche son las siguientes:

- Caucho natural: es transparente, inodoro, mal conductor de electricidad, a altas temperaturas es pegajoso y blando.
- Negro de humo: formada por pigmentos de carbono.
- Plastificantes: flexible y elástico.
- Agentes protectores: soluble en ácidos, alta capacidad calorífica, capa protectora en el zinc, protege de oxidación y versátil.
- Azufre: color amarillento o anaranjado, maleable, suave, blando, es insoluble en agua y multivalente.
- Acelerantes: polvo de color blanco gris o amarillo claro y no decolorante.

La banda de reencauche se fabrica con caucho natural que contiene notables propiedades de elasticidad, negro de humo que aporta diferentes cualidades como: resistencia a la abrasión, resistencia a la tensión, y disipación de calor, entre otras. Para facilitar las operaciones de fabricación se utilizan plastificantes, agentes protectores que evitan la degradación prematura del

caucho, azufre que permite la vulcanización y acelerantes que reducen el tiempo de vulcanización.

4.1.2. Ejecución de la técnica estadística en la banda

En este capítulo se aplicará mediante una secuencia propuesta, las técnicas estadísticas con las que se podrá evaluar el comportamiento del proceso y facilitar la toma de decisiones en la producción de la banda de reencauche radial drive 18 talla 9. Para cubrir esta práctica, se requiere principalmente de datos o información actual e histórica. La información disponible es la del peso de la banda de reencauche en el proceso de extrusión, además del tiempo de producción. Para la obtención de esta información se realiza con un equipo de medición internacional el cual determina los tiempos de ciclo y el peso de la banda de reencauche. La estadística aplicada, fue dirigida a una de las variables del proceso y fue analizada utilizando las cartas de control, diagramas causa efecto y con un análisis de los diagramas de proceso.

4.1.2.1. Carta de control

Con el apoyo de la secuencia propuesta para la realización de la carta de control en el capítulo anterior se desarrollo lo siguiente:

4.1.2.2. Procedimiento de aplicación

- Registro de datos: se recolectaron datos sobre el peso de la banda preformada con el tablero de control de producción cada hora.
- El supervisor de producción suministra el plan de trabajo a cada área del proceso.

- Al final del turno el supervisor registra el total de material utilizado y producción real, obtenidos del tablero de control y basándose en la hoja de verificación.
- El supervisor realiza un “informe de producción diario” al final del turno, con base en los resultados obtenidos.
- Con base en el informe diario se hace un análisis en la “reunión diaria de revisión de producción”, quince minutos al día siguiente con el jefe de Producción. Al finalizar la reunión se envía el “Tablero de control de producción” completado a la persona encargada de mantener y actualizar la información sobre estándares de planeación de producción y costos. Se transmite la información a una base de datos instalado en un sistema de cómputo. Este sistema recolecta la cantidad de bandas de reencauche producidas en la extrusora y el tiempo, así como el desperdicio de materia prima, bandas defectuosas y motivos de paros en la estación.
- La persona encargada verifica lo real contra el estándar, hace los ajustes pertinentes e informa sobre los cambios al Departamento de Planeación de la Producción.

4.1.2.3. Personal responsable

El principal responsable es la Alta Dirección que se encarga de determinar el sistema y que los trabajadores se adapten al mismo. El sistema está formado por el diseño del producto, procesos, procedimientos, métodos y políticas.

4.1.2.4. Especificaciones

La fórmula para la banda de reencauche es la siguiente:

- Master 1847
- Óxido de zinc
- Ácido esteárico
- Vulkacit
- Azufre micronizado
- Hule natural
- Negro de humo
- Hule polibutadieno

Dimensiones de la banda:

- Talla: 9
- Base: 8 1/2
- Profundidad: 18/32
- Peso: 13,00 kg
- Largo: 3,43 metros
- Dado: 7 – 16
- Límites de control superior, central e inferior consecutivamente para la carta de medias y rangos es: 13,10, 13, 12,90; para la carta de rangos, 1,39, 0,78, 0,17 en kilogramos.

4.1.2.5. Acciones correctivas

Una vez determinada la causa que originó que los puntos estuvieran fuera de los límites de control estadístico o un elevado valor estimado de sigma σ , se estableció las siguientes acciones:

- Desarrollar las propuestas anteriormente descritas. Principalmente las siguientes acciones:
 - Establecer un sistema de documentación y registro de la banda de reencauche, para actualizar los pesos y demás dimensiones.
 - Establecer especificaciones de la banda de reencauche Radial Drive 18 Apolo T 9.
 - Elaborar plan de inducción al personal del proceso productivo.
 - Establecer círculos de control de calidad.
 - Diseñar plan de acciones correctivas y preventivas de defectos.
- Se suministraron los recursos necesarios para implantar en las áreas correspondientes las acciones definidas.
- Después de aplicar dichas acciones, se le dio seguimiento a la acción tomada para verificar el cumplimiento y su efectividad, y así mantener un proceso estadísticamente controlado.
- Al aplicar el análisis de causa efecto, se detectaron las causas asignables, y las acciones necesarias para corregir y estabilizar el proceso.

- La efectividad se observó al proceder a recopilar y analizar datos nuevos, con el objetivo de verificar la estabilidad de la carta de control, y constatar si las acciones determinadas proporcionan un proceso estadísticamente controlado.
- Los datos nuevamente recopilados durante 10 días para el primer turno, que se muestran en el capítulo tres sección 3.2.4.11., tabla XVII se establecen como los límites definitivos de las cartas de control para su aplicación futura hasta que cambien las condiciones del proceso.
- Estos límites se van a utilizar como referencia para el control continuo del proceso, con el objetivo de que el personal supervisor tome las acciones necesarias ante cualquier indicación de falta de control en la carta de control de medias y rangos ($\bar{X} - R$).

4.2. Aplicando el ciclo PHVA

El ciclo PHVA debe organizarse con base en seis categorías, las cuales son:

Tabla XVIII. **Categorías del ciclo PHVA**

Etapa del ciclo	Núm.	Categorías
Planear (P)	1	Metas y Objetivos
	2	Métodos para asegurar el cumplimiento
Hacer (H)	3	Capacitación
	4	Aplicación
Verificar (V)	5	Verificación de resultados
Actuar (A)	6	Determinación de la acción apropiada

Fuente: elaboración propia.

4.2.1. Metas y objetivos

La Alta Dirección debe fijar políticas con la finalidad de establecer metas, las cuales deben tener un plazo máximo y mínimo para ser alcanzadas, estas se definirán sobre la base de problemas que la organización desea resolver, asegurando la contribución de todas las áreas. Al fijar metas es importante que estas sean concretas, explícitas e informativas:

- Nombre del estudio: mejorar el proceso de producción de una banda de reencauche en la empresa Grupo Cobán S. A.
- Objetivo: analizar estadísticamente el proceso de extrusión de la banda de reencauche Radial Drive 18 T9 en función de los datos disponibles.
- Meta: garantizar la mejora del proceso de producción de una banda de reencauche Radial Drive 18 T9 con la aplicación herramientas estadísticas.

Procesos de producción de la banda de reencauche Radial Drive 18 T9:

- Recibo de la materia prima
- Pesar materia para fórmula
- Realizar mezcla
- Laminar mezcla
- Extrusión de banda de reencauche
- Vulcanización de banda preformada
- Acabados de banda reencauchada
- Almacenamiento de banda de reencauche
- Continúa el ciclo desde el inicio

Es importante priorizar las actividades y tareas por su relevancia para lograr el objetivo fundamental, basada en las limitaciones y recursos.

La siguiente pregunta es: ¿cuál etapa afecta en forma más significativa la estadística del proceso?

Una vez que se tenga todas las etapas del proceso de producción de una banda de reencauche se procede a formar la tabla de priorización. El grado de importancia para este fin es asignando un valor de 0 a la prioridad baja y un valor de 1 a la prioridad alta, comparando la primera columna con cada una de las filas indicando su grado de prioridad hasta completar la tabla XIX. Después ordenar de mayor a menor; en el caso de contar uno con el mismo valor de prioridad, colocar un signo + y tomar la decisión en equipo para determinar el más importante.

El orden de prioridad se presenta a continuación:

Tabla XIX. **Tabla de priorización**

Etapa del proceso		1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Recibo de la materia prima	1	-	1	1	1	0	0	0	0	3
Pesar materia prima	2	0	-	1	0	0	0	1	0	2
Realizar mezcla	3	0	0	-	0	0	0	0	0	0
Laminar mezcla	4	0	1	1	-	0	0	0	1	3
Extrusión de banda de reencauche	5	1	1	1	1	-	1	1	1	7
Vulcanización de banda preformada	6	1	1	1	1	0	-	1	1	6
Acabados de banda reencauchada	7	1	0	1	1	0	0	-	1	4
Almacenamiento de banda de reencauche	8	1	1	1	0	0	0	0	-	3

Fuente: elaboración propia.

Una vez identificadas las principales etapas del proceso para analizar estadísticamente y que proporcione una mejora en el desempeño del mismo proceso. El nuevo objetivo y meta de acuerdo al grado de priorización de las etapas del proceso es:

- Proponer un análisis estadístico para la mejora del desempeño en el proceso de extrusión de banda de reencauche.

Tabla XX. **Orden de prioridades**

Prioridad Núm.	Puntaje total	Núm. de etapa	Descripción de la etapa
1	7	5	Extrusión de banda de reencauche
2	6	6	Vulcanización de banda preformada
3	4	7	Acabados de banda reencauchada
4	3	8	Almacenamiento de banda de reencauche
5	3	1	Recibo de la materia prima
6	3	4	Laminar mezcla
7	2	2	Pesar materia prima
8	0	3	Realizar mezcla

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. **Métodos para asegurar el cumplimiento**

Al establecer las metas y objetivos, estas deberán ser conducidas por métodos para alcanzarlos. La determinación de un método corresponde a sistematizar una actividad, convertirlo en reglamento y agregarlo en la tecnología y propiedad de la organización. El trabajo de sistematizar, es necesaria para delegar autoridad a los subalternos, es la clave del éxito.

Para alcanzar el objetivo se procedió a lo siguiente:

- Identificar las fortalezas y debilidades de las etapas más importantes utilizando preguntas lógicas, que deben contener todo procedimiento de planificación de trabajo, para desempeñar correctamente las actividades como se muestra en la tabla XXI.

Es importante describir las características del problema y definir su situación actual. La extrusión, es una de las etapas o procesos vitales de la producción de banda de reencauche, donde lo importante de esta etapa es cumplir con las especificaciones en conformidad con lo solicitado por el cliente. Durante la extrusión, se cuenta con una balanza industrial el cual controla el peso exacto en kilogramos previamente indicada en este sistema, realizando la extrusión con un método determinado. En una base de datos se almacena la información correspondiente al peso de la banda de reencauche.

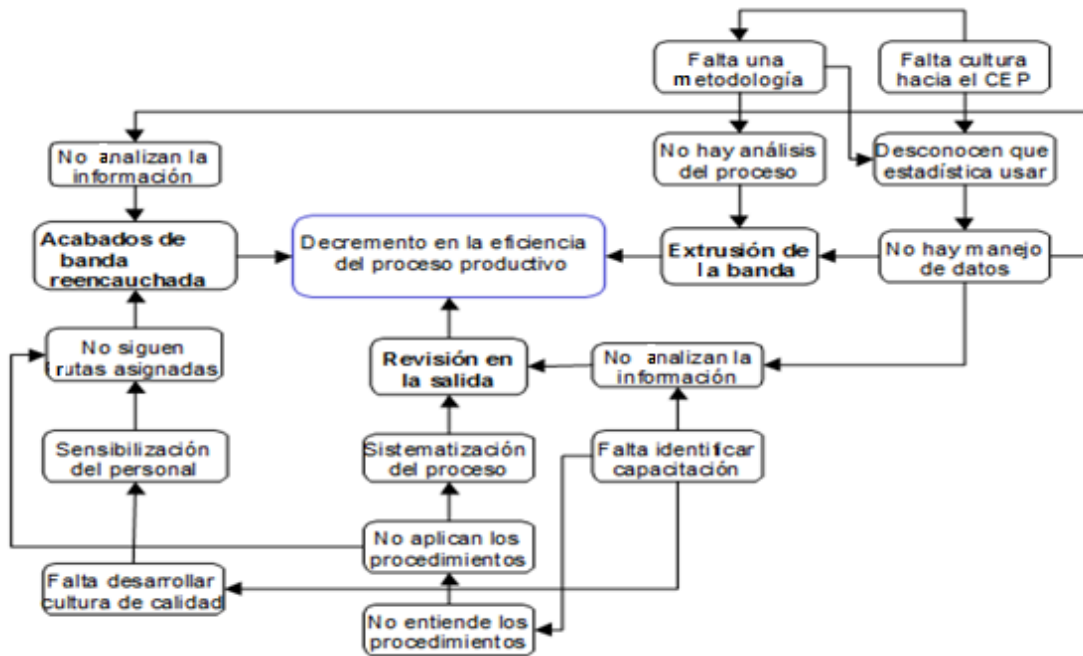
Tabla XXI. **Análisis de preguntas lógicas**

Etapa	Que	Quien	Cuando	Donde	Como	Porque
Extrusión de banda de reencauche	Falta de mejora	Jefatura de Operación	Durante la extrusión de producción	En la extrusora	Utilizar los datos para aplicar propuesta estadística	Tomar decisiones para la mejora
Vulcanización de banda preformada	Falta de control	Jefatura de Operación	En cada reporte	En descarga de vulcanizado	Controlar, sistematizando las actividades	Disminuir errores en los documentos
Acabados de banda reencauchada	Falta de información	Jefatura de Operación	En cada pedido de producción	En acabados y empaque	Asegurar información, capacitar	Asegurar una producción sin percances

Fuente: elaboración propia.

A través de un diagrama de relaciones se identifican las relaciones lógicas, causales y secuenciales sobre el problema (figura 44).

Figura 44. **Diagrama de relaciones del proceso de producción de una banda de reencauche**



Fuente: elaboración propia.

Es importante encontrar lo que origina este tipo de problema, el cual al ser corregido impedirá que se vuelva a presentar. Para esto se recurre al diagrama de flujo presentado en el capítulo 2 sección 2.4.

Una vez identificados los principales factores, los cuales son la principal causa del decremento en la eficiencia del proceso productivo de la banda de reencauche Hc Radial Drive 18 T9, se identifica los factores claves para un

mejor desempeño mediante un análisis del cambio 6M como se muestra en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Análisis de cambio del proceso**

Ramas principales	Estado anterior	Estado actual mejorado
Material	Falta disponibilidad para el almacenamiento de datos.	Disponibilidad para el almacenamiento de datos.
Mano de obra	Carencia de capacitación y falta de adiestramiento.	Capacitación y adiestramiento.
Métodos	Carencia de metodología.	Existencia de una metodología.
Máquinas	Carencia en la calibración de equipos de medición.	Calibración de equipos de medición.
Medición	Falta disponibilidad de las medidas requeridas para detectar o prevenir el problema.	Disponibilidad de las medidas requeridas para detectar y prevenir problemas.
Medio ambiente	Falta de cultura para aplicar el control estadístico.	Cultura para aplicar el control estadístico.

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Capacitación

Se asigna a una persona con experiencia para que ayude al principiante a conocer la forma de realizar el trabajo, utilizar herramientas, máquinas y otros procedimientos pertinentes.

Es importante, aparte de la capacitación, el educar al personal mediante el trato personal, no es suficiente las reuniones formales de capacitación. Una

vez educado el subalterno, se debe confiar en él y delegar autoridad y darle libertad para realizar la acción.

4.2.4. Aplicación

Si se lleva a cabo las actividades con el método definido, no debe presentarse algún problema. Pero se debe tomar en cuenta que quienes hacen las actividades son seres humanos y puede haber fallas, debido a que aun los métodos son siempre inadecuados. Lo que compensa la imperfección de estos métodos es la experiencia y habilidad de quien hace el trabajo. Para asegurar que el método es correcto, es necesario preguntarse si va a disminuir o prevenir la recurrencia al eliminar o controlar el problema.

Para valorar la efectividad de la acción se tiene que tomar en cuenta los costos, tanto el costo por realizar el trabajo y el costo por no tomar acciones o el costo de tener el problema.

Para la buena adaptación de la mejora, se debe tener una plena comunicación con quienes participan en la realización de la tarea, dándoles a conocer él porque y para que de estas acciones a realizar.

4.2.5. Verificación de resultados

A continuación se indican las actividades para realizar de manera eficaz la verificación:

Tabla XXIII. **Actividades de verificación de resultados**

Actividad	Responsable	Frecuencia	Herramienta	Alcance
Comunicar y aplicar el plan de mejora en todas las áreas de Grupo Cobán.	Gerente general, jefe de Producción, jefe de Sistemas, jefe de Control de Calidad y jefe de Mantenimiento.	Cada inicio de mes.	Plataforma de Grupo Cobán interno, tablero informativo y comunicación directa.	Mantener la mejora continua y comunicación abierta entre operario-supervisor-jefe.
Supervisar área responsable.	Gerente general, jefe de Producción, jefe de Sistemas, jefe de Control de Calidad y jefe de Mantenimiento.	Diario	Informes diarios	Identificar necesidades internas para efectuar la verificación.
Supervisar área de Producción.	Supervisores de Producción.	Diario	Documentos de registro.	Documentar resultados de plan de mejora.
Reunión del equipo de mejora continua.	Gerente general, jefe de Producción, jefe de Sistemas, jefe de Control de Calidad y jefe de Mantenimiento.	Cada quince días.	Reporte semanal, diagrama de pareto, cartas de control, hoja de verificación.	Analizar y revisar resultados obtenidos y establecer acciones correctivas o preventivas.
Documentar el procedimiento y planear trabajo futuro.	Gerente General, jefe de Producción, jefe de Sistemas, jefe de Control de Calidad y jefe de Mantenimiento.	Cada quince días al final de la reunión del equipo de mejora.	Estandarización, inspección, supervisión, hojas de verificación y carta de control.	Prevenir la recurrencia del problema, obtener conclusiones y en base a esto iniciar de nuevo el ciclo desde la primer etapa (PHVA).

Fuente: elaboración propia.

También es importante establecer todos los costos asignados con las acciones propuestas, lo cual dará la pauta para proceder con aquella acción que de mayor relevancia e impacto a los costos por servicio o producto procesado.

4.2.6. Determinación de la acción apropiada

Se resalta la necesidad de encontrar los factores causales de las fallas o irregularidades y tomar la acción apropiada.

Es importante aplicar la acción apropiada, ya que se debe tener medidas que eviten la repetición de las irregularidades. No se trata solamente de hacer ajustes a los factores causales, sino que hay que eliminar aquellos que han producido las irregularidades. El ajuste es tomar una acción por el momento y la prevención busca el origen de los problemas y la causa raíz, para que se tomen las acciones que eviten la recurrencia de la falla, por tanto, se recomienda estandarizar las acciones preventivas, ya que sin estándares el problema volverá gradualmente.

Durante la estandarización es necesario que desarrollen programas de capacitación y adiestramiento sobre lo nuevo, así como un sistema que asegure la existencia y mantenimiento de los estándares o métodos, con la finalidad de mejorar continuamente y evitar la recurrencia del problema.

El ciclo PHVA no finaliza en esta etapa, sino que busca cada día la solución de problemas que se presenten y los proyectos futuros de las acciones para prevenir las causas.

4.3. Monitoreo y control

El monitoreo se realiza diariamente con la utilización de los formatos propuestos en el capítulo tres, de los cuales se obtiene un informe semanal que se encarga de reportar el día viernes el supervisor de producción, en el formato

de hoja que se presenta en la figura 45, que identifica si se presentó en el proceso algún problema.

4.3.1. Utilización de la hoja de verificación

La hoja de verificación que se usa actualmente (figura 41) es de uso diario en el área de extrusión, permite mantener las especificaciones del proceso. Al terminar la semana se hace un resumen de los resultados como se presenta a continuación:

Figura 45. Formato reporte semanal

Fecha de reporte: _____			
Orden de producción	Código de producto	% de producción total	Rechazados
Firma del supervisor: _____			

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Equipo de medición

El equipo utilizado para medir las especificaciones de la banda de reencauche Radial Drive 18 T9 en el área de Extrusión, está compuesto por una balanza industrial y un metro, las cuales determinan el peso en kilogramos y el largo de la banda en metros. La banda preformada se mide con el metro fijado en la mesa de descarga de banda preformada, la cual se corta a un largo de 3,42 metros con un cuchillo, para el proceso de pesado el operario enrolla la banda preformada, la carga y coloca sobre la balanza industrial.

4.3.3. Frecuencia

La frecuencia en que se realizan las actividades diarias de verificación, para decidir diariamente que acción debe emprenderse para generar el máximo impacto en el área de producción, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla XXIV. Frecuencia de actividades de producción

Actividad	Responsable	Frecuencia	Objetivo
Verificar las condiciones del área de trabajo.	Operario de máquina extrusora.	Cada inicio de turno.	Mantener orden y limpieza, evitar accidentes o incidentes.
Registrar resultados en hoja de verificación.	Operario de máquina extrusora.	Cada vez que se pese la banda preformada.	Mantener el control de las especificaciones del peso.
Registrar resultados del peso en tablero de control.	Operario de máquina extrusora.	Cada vez que se termina la orden de producción.	Tener evidencia de los resultados para el control del proceso.
Registrar material no utilizado y pesarlo.	Operario de máquina extrusora.	Final del turno.	Mantener un registro de entradas y salidas.

Continuación de la tabla XXIV.

Revisar datos del tablero de control.	Supervisor de Producción.	Cada hora.	Atender a tiempo desviaciones en el proceso.
Elaborar reporte semanal.	Supervisor de Producción.	Cada viernes de la semana.	Presentar resumen de los resultados.
Elaborar programa de producción.	Jefe de Producción.	Cada viernes de la semana.	Presentar programa de producción a inicio de la siguiente semana sin atrasos y equivocaciones.
Suministrar el programa de producción.	Supervisor de Producción.	Cada lunes de la semana.	Mantener control de producción.
Registrar el total de material utilizado y producción real.	Supervisor de Producción.	Final del turno.	Control de producción y materia prima.
Realizar informe de producción diaria.	Supervisor de Producción.	Final del turno.	Documentar resultados.
Reunión de revisión de producción.	Jefe de Producción y supervisor de Producción.	Diario, 15 minutos a primera hora.	Tomar decisiones y establecer acciones con base en resultados.
Enviar tablero de control de producción a jefe de Sistemas.	Supervisor de Producción.	Diario, al finalizar reunión de revisión de producción.	Mantener y actualizar la información en la base de datos de los estándares de planeación de producción y costos.
Verificar resultados reales contra estándares.	Gerente de Producción.	Diario, al contar con la información actualizada en la base de datos.	Realizar ajustes necesarios e informar los cambios de planeación de la producción cuando aplique.

Fuente: elaboración propia.

4.3.4. Interpretación

En caso se presente incumplimiento del porcentaje de producción planificado y aumento de productos rechazados, se investiga el problema

mediante la utilización de las herramientas básicas de control estadístico, para tomar la mejor decisión en el proceso.

4.3.5. Documentación

La importancia de la documentación es aportar valor a la operación y efectividad al sistema de producción. Esto permite cumplir con los requisitos del cliente, mejorar el proceso, proporcionar información adecuada, aporta evidencia objetiva, evaluar la eficacia y adaptarse continuamente al sistema de producción.

La organización tiene que contar con los siguientes documentos, para mantener información y evidencia objetiva de las actividades realizadas y de los resultados obtenidos:

- Diagrama de procedimiento (figura 21).
- Procedimientos generales y específicos (capítulo tres).
- Expediente de acciones de control (capítulo tres).
- Registro (figura 41).

También debe existir otros documentos como:

- Dibujos del área de proceso (figura 20).
- Informes (figura 45).
- Reglamentos (información confidencial, la contiene el área de Recursos Humanos).
- Facturas.

El proceso de documentación se realiza de la siguiente forma:

Tabla XXV. **Proceso de documentación**

Etapas	Entrada	Salida
Planificación de la elaboración	Identificación de necesidad de documentación.	Plan de elaboración de documentos.
Elaboración	Investigación de información actualizada.	Revisión y corrección.
Revisión	Revisión del documento pre a su autorización.	Corrección del documento.
Aprobación	Revisión de la Gerencia General.	Revisión final.
Identificación	Documento aprobado.	Documento identificado por un código.
Reproducción	Recepción del documento identificado.	Registro de reproducción.
Distribución	Entrega del documento a las personas autorizadas.	Registro de entrega.
Archivo	Colocación en el archivo.	Actualización de archivo.
Comprobación	Comprobación de la adecuación del documento.	Decisión sobre modificar, anular o mantener vigente.
Liberación	Devolución del documento.	Solución de los problemas detectados.

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA

5.1. Resultados obtenidos

Con el proceso diseñado y una vez implementado a nivel local, es indispensable llevar a cabo mecanismos de seguimiento y mejora continua que permitan medir su calidad. Estos mecanismos deben utilizarse sistemáticamente para conocer todos los aspectos claves en el desarrollo de seguimiento.

Aspectos tales como:

- La variabilidad se mantiene dentro de los límites aceptables.
- La efectividad del proceso deseada.
- Los clientes satisfechos.
- La eficiencia en la utilización de los recursos.
- La mejora del trabajo de las personas que intervienen en el desarrollo del proceso.

5.1.1. Interpretación

Se considera que el proceso está en control cuando:

- Se conoce su misión.
- Están definidos sus procesos.
- Los puntos de la carta de control están dentro de los límites y no existe cualquier patrón de puntos que tenga poca probabilidad de ocurrir en condiciones normales.

- Están identificadas sus entradas y salidas.
- Están identificados sus clientes y proveedores.
- Existe compromiso y responsabilidad del personal.
- Se mide y mejora su efectividad y eficiencia.

Esto garantiza que el plan propuesto se ejecuta, se controla y se ajusta constituyendo una mejora del proceso.

5.1.2. Aplicación

Se basa en la evaluación continua, a través de la aplicación del ciclo de PHVA, de todos los aspectos que conforman el mismo: su diseño, ejecución, las medidas de control y su ajuste.

Tabla XXVI. **Ciclo PHVA**

Etapa	Categoría	Disposición
Planear (P)	Metas y objetivos	Sección 4.2.1 capítulo 4
	Métodos para asegurar el cumplimiento	Sección 3.2.1 capítulo 3, sección 4.2.2 capítulo 4
Hacer (H)	Capacitación	Sección 4.2.3 capítulo 4
	Aplicación	Sección 3.2.1 capítulo 3
Verificación (V)	Verificación de resultados	Sección 4.2.5 capítulo 4
Actuar (A)	Determinación de la acción apropiada	Sección 3.5.4 capítulo 3, Sección 4.2.6 capítulo 4

Fuente: elaboración propia.

5.2. Ventajas y beneficios

Estas son razones suficientes para justificar la aplicación de la mejora continua en las organizaciones:

- Menores niveles de desperdicio.
- Disminución de accidentes.
- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados.
- Capacidad para adaptarse continuamente a las fluctuaciones en el mercado.
- Disminución en fallas y paros de los equipos y herramientas.
- Aumento de productividad.
- Reducción en los tiempos de preparación de maquinarias.
- Aumento de satisfacción de los clientes.
- Disminución de fallas y errores en procesos.
- Aumento en la motivación del personal al mejorar las condiciones de la estación de trabajo extrusión.
- Reducción en los costos.
- Mejoramiento en los diseños y funcionamiento de los productos y servicios.
- Importantes reducciones en los ciclos de diseño y operativos.
- Disminución en los tiempos de repuestas.
- Mejora en los flujos de efectivo.
- Disminución de rotación de clientes y empleados.
- Aumento de solidez económica.
- Ventaja estratégica ante los competidores.
- Mejora en la cultura empresarial de directivos y personal para la implementación continua de cambios.

- Acumulación de aprendizaje aplicable a los procesos organizacionales.
- Mayor capacidad para enfrentar a los mercados globalizados.
- Elimina barreras que impiden trabajar en equipo.

5.3. Acciones correctivas

Se define e implanta la solución al problema siguiendo el siguiente procedimiento:

- Aplicación de acciones correctivas.
- Controlar el proceso de su aplicación.
- Detectar y disminuir la resistencia al cambio.
- Considerar soluciones alternativas.
- Listar todas las posibles soluciones a la causa principal.
- Evaluar las diferentes alternativas con base en criterios que permitan la optimización de la solución, en cuanto a eficacia en la resolución del problema, costo de la solución, relación beneficio/costo, resistencia al cambio de los impactos derivados de la solución, tiempo de implantación.
- Diseñar la solución seleccionada con definición de los nuevos procedimientos, modificaciones de recursos humanos y materiales, ajustes o modificación de infraestructuras.
- Diseñar el sistema de control de la solución seleccionada de forma que se disponga de mediciones periódicas del nuevo proceso y de los resultados alcanzados. Dentro de las mediciones que se requieren están los parámetros a controlar y estándares de funcionamiento, procedimientos de actuación para el control sistemático y ante desviaciones, recursos necesarios para garantizar el funcionamiento del sistema de control.

Para proceder a la implantación se realizan los siguientes tres pasos:

- Manejar la resistencia al cambio: es un aspecto crítico para la implantación exitosa de la solución. Para evitar la resistencia al cambio se procede de la siguiente manera:
 - Identificar las fuentes de resistencia.
 - Valorar y priorizar las fuentes en función de su impacto potencial.
 - Identificar acciones para eliminar los impedimentos mediante información, participación y contacto con líderes.

- Desarrollar el plan de implantación:
 - Ejecutar actividades para la implantación.
 - Designar responsables.
 - Seguimiento del plan.

- Cuando la implantación de la solución involucre significativos cambios sobre la organización existente, se debe, anticipadamente, comprobar su eficacia mediante implantaciones controladas.

Para controlar las acciones correctivas se utilizan los siguientes documentos:

Tabla XXVII. **Control de acciones correctivas**

Documentos	Descripción	Disposición
Plan de mejora continua	Es el mapa de todas las actividades que se deben realizar diariamente.	Sección 4.2.5 del capítulo 4
Métodos	Describe la forma en que se debe llevar a cabo cada actividad.	Sección 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3, 2.4.4, 2.4.5, 2.4.6, 2.4.7, 2.4.8 del capítulo 2
Instructivos	Describe procedimientos específicos.	Sección 3.2.1 del capítulo 3
Especificaciones	Criterios en que se basa la producción.	Sección 4.1.2.4 del capítulo 4

Fuente: elaboración propia.

5.4. Auditorías

Es un examen sistemático e independiente que se ejecuta para determinar si las actividades y los resultados correspondientes a la calidad cumplen las disposiciones previamente constituidas, y si las mismas están implantadas de forma efectiva y son adecuadas para alcanzar los objetivos.

Es un instrumento de análisis y mejora con el objetivo de transformar los datos en información mediante el análisis de los mismos. Asimismo, la auditoría debe ser la entrada de información de la mejora continua, al proporcionar un

sistema de control permanente que permite identificar las áreas con problemas e implantar soluciones de mejora.

Debe seguir un procedimiento previamente establecido para garantizar el alcance de los objetivos planificados y comparar los resultados, además de disminuir el sesgo de la subjetividad del auditor y las influencias del auditado.

La auditoría la deben realizar profesionales de diferentes ámbitos y estamentos que sean independientes al área que se va a auditar, que aseguren la objetividad del proceso y fomenten la cultura de la actividad sistemática entre profesionales.

Para el desarrollo de la auditoria se procede con las siguientes fases:

- Inicio: una autoridad decide el elemento o ámbito de la auditoria y los responsables de efectuarla.
- Preparación: es el plan de auditoría que debe contener información sobre procesos a auditar, lugar temporal, equipo auditor, fecha, lugar, personas que deben estar presentes y documentación que debe estar disponible.
- Ejecución: es el contacto con los responsables, actividades y documentos que proveen información sobre el proceso que se va a auditar. Es la visita sobre el área a auditar, donde se constatan solo los hechos, utilizan evidencia, anotan solamente lo que se conoce con seguridad y registran las desviaciones encontradas.
- Síntesis e informe: a partir de los hechos observados, el equipo auditor emitirá el informe; la eficacia de las conclusiones estará en función de la rigidez en el método y el análisis estadístico ejecutado para la selección de la muestra. Usualmente, el auditor ofrece orientación sobre las posibles causas de las desviaciones encontradas. Estas deben ser

analizadas por el auditado y brindar orientación sobre posibles acciones de mejora.

- Establecimiento y seguimiento de las acciones de mejora: el auditado debe establecer las acciones de mejora que se consideren efectivas y proponer plazos para su implantación; siempre es necesario hacer un seguimiento de estas acciones para evidenciar su efectividad.

Las auditorías pueden clasificarse también en función de quien sea el auditor y del impacto obtenido como auditorías internas y auditorías externas, que a continuación se explican.

5.4.1. Internas

La auditoría interna la establece la institución, proporciona una mayor confianza a los empleados y la realizan profesionales con amplio conocimiento de las actividades que controlan. Se hace de forma sistemática para tener gran impacto en la mejora del proceso.

5.4.2. Externas

Las auditorías externas pueden realizarse de dos formas, según el organismo que la propone puede ser del cliente o instituciones proveedoras de recursos, tiene impacto en la mejora de procesos porque toman en cuenta sus expectativas. También, existen las auditorías de acreditación o certificación solicitada por la institución después de un período de preparación previo, tiene gran impacto sobre los clientes por la difusión mediática y publicitaria de sus resultados.

5.5. Beneficio/costo

Se establece con el objetivo de evaluar la eficiencia con que se implementa la mejora en el proceso de producción. Mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo.

La relación beneficio costo consiste en aceptar aquella con la relación más alta y que sea mayor o igual a uno. Si el resultado es menor que uno, quiere decir que el valor actual de los ingresos sería menor que el valor actual de los costos y por tanto se tendría pérdidas. La utilidad de determinar la relación beneficio/costo se basa en valorar la necesidad y oportunidad de la realización de la mejora del proceso.

A continuación se analiza el beneficio/costo de la propuesta mediante el siguiente procedimiento:

- Colocar datos provenientes de factores importantes para el cálculo de costos y beneficios del proceso actual y el mejorado.
- Se determina el costo total para el proceso de producción de una banda de reencauche.
- Se determina el ingreso total de una banda de reencauche. Es necesario tener presente que los beneficios pueden ser tangibles e intangibles.
- Se obtiene la relación B/C.
- Se compara las relaciones beneficios costos, la mejor solución será la que tenga la relación más alta.
- Por último se comparan los costos totales proyectados en un año para la producción de las bandas de reencauche, en el cual se observa el ahorro logrado con la implementación de la mejora del proceso de producción.

Tabla XXVIII. **Beneficio/costo del proceso actual**

Proceso Actual para una banda	
Peso Bruto	14 kg
Peso Neto	12,75 kg
Desperdicio (PB - PN)	1,25 kg
Costo materia prima	Q 2,98
Costo de producción por kg	Q 2,66 / kg
Costo total de producción (Q2,66 * Peso Bruto)	Q 37,33
Costo reproceso por kg	Q 4,75 / kg
Costo total de reproceso (Q 4,75 * Desperdicio)	Q 5,94
Ingreso total (precio por banda)	Q 59,75
Costo total (CTP + CMP + CTR)	Q 46,25
B/C (Ingreso total/Costo total)	1,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Beneficio/costo del proceso mejorado**

Proceso Mejorado para una banda	
Peso Bruto	13 kg
Peso Neto	12,75 kg
Desperdicio (PB - PN)	0,25 kg
Costo materia prima	Q 2,76
Costo de producción por kg	Q 2,66 / kg
Costo total de producción (Q2,66 * Peso Bruto)	Q 34,66
Costo reproceso por kg	Q 4,75 / kg
Costo total de reproceso (Q 4,75 * Desperdicio)	Q 1,19
Ingreso total (precio por banda)	Q 59,75
Costo total (CTP + CMP + CTR)	Q 38,61
B/C (Ingreso total/Costo total)	1,55

Fuente: elaboración propia.

- Porcentaje de reducción de costos:
 - Proceso actual:
CT = Q 46,25
 - Proceso mejorado:
CT = Q 38,61

Se obtuvo una reducción del dieciséis coma cincuenta y dos por ciento (16,52 %) de los costos totales después de la implementación de la mejora.

- Aumento de utilidades

Figura 46. **Fórmula de utilidad**

Utilidad = IT – CT IT = Ingreso Total CT = Costo Total
--

Fuente: *El análisis costo volumen utilidad*. <http://www.monografias.com/trabajos89/analisis-cvu/analisis-cvu.shtml>. Consulta: 17 de marzo de 2013.

- Proceso actual:

$$\text{Utilidad} = \text{Q } 59,75 - \text{Q } 46,25 = \text{Q } 13,50$$

- Proceso mejorado:

$$\text{Utilidad} = \text{Q } 59,75 - \text{Q } 38,61 = \text{Q } 21,14$$

Se obtuvo un aumento de cincuenta y seis coma cincuenta y nueve por ciento (56,59 %) en las utilidades.

- Proyección de costos en un año:

- Proceso actual:

Costo total = Q 46,25/banda * 22 bandas/día * 6 día/semana * 4 semanas/mes * 12 meses/año = Q 293, 040,00

- Proceso mejorado:

Costo total = Q 38,61/banda * 22 bandas/día * 6 día/semana * 4 semanas/mes * 12 meses/año = Q 244, 632,96

Ahorro = Q 293, 040,00 – Q 244, 632,96 = Q 48, 407,04 al año.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de técnicas estadísticas en el proceso de producción, se logra la mejora del proceso aumentando setenta y tres coma noventa y siete por ciento (73,97 %) la productividad del desempeño del proceso. Asimismo, se tiene la capacidad de identificar cambios e irregularidades que provoquen una banda de reencauche Radial Drive 18 T9 con tendencia a estar fuera de especificación.
2. Al analizar el proceso se identifica el área de extrusión como la estación que origina el alto nivel de desperdicio del material, a dicho proceso se le recopiló datos e información para la ejecución de la carta de control, en la cual se observó un proceso inestable. Se corrigieron los problemas, observando para estos nuevos datos un proceso estadísticamente estable con variaciones comunes, logrando así un aumento del cincuenta y seis coma cincuenta y nueve por ciento (56,59 %) de las utilidades.
3. Por medio de la implementación de las cartas de control se logra una reducción del dieciséis coma cincuenta y dos por ciento (16,52 %) del costo total. También se establecieron especificaciones y métodos de operación que disminuyen continuamente el desperdicio y variabilidad del proceso.

Esto a su vez, permite la disminución de costos como se muestra en el análisis de los costos proyectados a un año, donde se obtuvo un ahorro de Q 48, 407,04.

4. Para prevenir la recurrencia de los problemas de variabilidad en el proceso de extrusión se llevó a cabo la aplicación del ciclo PHVA, el cual contiene una serie de herramientas de control estadístico que reducen un sesenta coma setenta y uno por ciento (60,71 %) la desviación del peso de la banda de reencauche, que permite mantener un treinta y nueve coma veintinueve por ciento (39,29 %) de variación del proceso.
5. Los límites de control superior, central e inferior para la carta de medias son 13,10, 13,00, 12,90 respectivamente. Para la carta de rangos 1,39, 0,78 y 0,17, estos límites logran disminuir el 8,93 % de rebaba a un 2 % aceptable en el proceso.
6. Para el procedimiento del nuevo sistema se diseñó un tablero de control que registra la cantidad producida, detecta motivos de pérdidas de producción y tiempo, también se diseñó la hoja de verificación y un método de trabajo optimizado.

Los cuales se aplican de la siguiente forma: el operario de la máquina extrusora llena el tablero de control de producción cada hora, el supervisor tiene la responsabilidad de proporcionar el plan de trabajo en el documento y calcular los totales al final del turno, utiliza los formatos para detectar variaciones y tomar acciones correctivas, cuando termina el turno el supervisor realiza el informe de producción diario y luego usa el documento como base de análisis en la reunión diaria de revisión de producción.

Cuando finaliza la reunión, el supervisor envía el tablero de control de producción a la persona encargada de mantener y actualizar la información sobre estándares de planeación de producción y costos.

Esta persona hace los ajustes pertinentes e informa sobre cambios al Departamento de Planeación. En cuanto al nuevo método de trabajo en el área de extrusión se estableció la actividad que debe realizar cada operario y la forma en que deben realizar dichas actividades mediante el diagrama de proceso de operación.

7. Los patrones definidos en el capítulo 1 sección 1.4 se utilizan para identificar y analizar las posibles causas de variabilidad de los procesos. Al presentarse alguno de los patrones, o un punto fuera de los límites de control se partirá a investigar inmediatamente las causas utilizando la metodología del ciclo planear, hacer, verificar y actuar. Esta misma propuesta facilita y guía al personal, para que en función del análisis estadístico que realice, se tomen las decisiones más apropiadas hacia la mejora del desempeño.

RECOMENDACIONES

1. Estos procedimientos se deben emplear con la colaboración y entusiasmo de un equipo de mejora, ya que es vital el involucramiento no solo de la máxima autoridad de la organización sino también del compromiso del personal que tiene que ver con la calidad y necesidades del cliente. Asimismo, si se cuenta con la participación del equipo facilitará el desarrollo de cada uno de los pasos propuestos en el trabajo de graduación, a fin de asegurar un buen desempeño en el uso y análisis de las técnicas estadísticas planteadas. Y que el resultado de esta aplicación sea la base para la toma de decisiones relacionadas con la mejora del proceso de la empresa Grupo Cobán S. A.
2. Implementar el mismo procedimiento de mejora para cada una de las bandas que se producen en la Empresa Grupo Cobán S. A., para alcanzar el máximo aprovechamiento de los recursos y reducir los costos.
3. Establecer especificaciones y políticas de calidad para todas las bandas de reencauche.
4. Llevar a cabo un registro del largo de los diferentes moldes de las bandas que se colocan en la prensa vulcanizadora para evitar reprocesar o rechazar las bandas de reencauche que no cumplan con el largo requerido.

5. Para la medición de la productividad se recomienda utilizar los indicadores del anexo 2, para facilitar el control y la acción por parte de la Gerencia.

Es esencial tener una unidad de medición común y exacta para planear, programar y prometer fechas de entrega realistas a los clientes. Estos indicadores deben tomar en cuenta el efecto de la mezcla de productos y registrar los incrementos de productividad contra una base histórica.

6. Establecer un manual que contenga todos los procedimientos de producción que se ejecutan en la planta. También es necesario que dentro del mismo se determine el plan de seguridad ocupacional y salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. DUNCAN, Acheson. *Control de la calidad y estadística industrial*. México: Alfa y Omega, 2000. 309 p.
2. GONZALEZ CARDONA, Henry Elias. *Implementación de un sistema de control de calidad en una planta de lámina galvanizada corrugada de acero*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 75 p.
3. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1997. 216 p.
4. HERAS BARRAS, Carlos. *Estudio del comportamiento dinámico de la banda de rodadura de un neumático*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial. España: Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior, 2010. 10 p.
5. REYNOSO RUIZ, Miguel Esaú. *Control de calidad estadístico en el proceso de extrusión de películas de plástico de polipropileno*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 84 p.
6. SUÁREZ BARRAZA, Manuel Francisco. *El Kaizen: la filosofía de mejora continua e innovación Incremental detrás de la administración por calidad total*. México: Panorama, 2007. 358 p.

ANEXOS

Anexo 1. Factores para la construcción de las cartas de control X-R

Tamaño de la muestra, n	Carta X	Carta R	
	A_2	D_3	D_4
2	1,880	0	3,267
3	1,023	0	2,575
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,115
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777
11	0,285	0,256	1,744
12	0,266	0,283	1,717
13	0,249	0,307	1,693
14	0,235	0,328	1,672
15	0,223	0,347	1,653
16	0,212	0,363	1,637
17	0,203	0,378	1,622
18	0,194	0,391	1,608
19	0,187	0,403	1,597
20	0,180	0,415	1,585
25	0,153	0,459	1,541

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Indicadores propuestos para la medición de productividad

PROCESO	INDICADOR	
VENTAS	Aumento de ventas =	$\frac{\text{Ventas año actual}}{\text{Ventas año anterior}}$
	Cuota anual de ventas =	$\frac{\text{Total ventas}}{\text{Pronostico de ventas}}$
ALMACEN	Entregas Completas:	$\frac{\# \text{ Pedidos entregados}}{\# \text{ total de pedidos}}$
	Entregas a Tiempo:	$\frac{\# \text{ No de pedidos entregados a tiempo}}{\# \text{ total de pedidos}}$
PRODUCCION	Productividad de maquinaria =	$\frac{\text{Producción total}}{\# \text{ Máquinas}}$
	Eficiencia de calidad =	$\frac{\text{Cantidad de piezas conformes}}{\text{Total de piezas fabricadas}}$
CALIDAD	No conformidades de clientes	$\frac{\text{Total de Reclamos}}{\text{Total de despachos}}$
COMPRAS	Reclamos a Proveedores =	$\frac{\text{Reclamos generados}}{\text{Total de Recepciones de MP}}$
	Plazo de Entregas =	$\frac{\text{Plazo de entrega medio}}{\text{Plazo objetivo}}$
MANTENIMIENTO	Reducción del número de paros por mantenimiento =	$\frac{\text{Paros de mantenimiento periodo anterior}}{\text{paros de mantenimiento periodo actual}}$
RECURSOS HUMANOS	Indicador de rotación de trabajadores =	$\frac{\text{Total de trabajadores retirados}}{\text{Número promedio de trabajadores}}$
PLANEACION	Cumplimiento de la producción programada =	$\frac{\text{Total producción}}{\text{Producción planeada}}$
	Capacidad utilizada =	$\frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad total de producción}}$

Fuente: elaboración propia.