

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
DISMINUIR LA PERDIDA DE TRAZABILIDAD,  
AL CAMBIAR LOS CODIGOS DE BARRAS NO  
CONFORMES DE LAS LLANTAS EN EL AREA  
DE INSPECCION FINAL, PARA EL PRIMER  
CUATRIMETRE DEL AÑO 2021, EN LA  
EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA.

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN  
INGENIERIA INDUSTRIAL

AUTOR: JASON MORERA QUIROS

TUTOR: ING. NAHUM MONTIEL SALAS.

HEREDIA, ABRIL 2021

# CARTA DEL TUTOR

Lunes 22 de febrero 2021

## CARTA DEL TUTOR

Registro  
Ingeniería Industrial  
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores

El estudiante **Jason Morera Quirós**, cédula número **1-1243-0909**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación el trabajo de investigación denominado: **"DISMINUIR LA PERDIDA DE TRAZABILIDAD, AL CAMBIAR LOS CODIGOS DE BARRAS NO CONFORMES DE LAS LLANTAS EN EL AREA DE INSPECCION FINAL, PARA EL PRIMER CUATRIMETRE DEL AÑO 2021, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA."** el cual ha elaborado para optar por el grado académico de licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, eh verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría, y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

<b>A.</b>	ORIGINALIDAD DEL TEMA	<b>10%</b>	10%
<b>B.</b>	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	<b>20%</b>	18%
<b>C.</b>	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	<b>30%</b>	30%
<b>D.</b>	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	<b>20%</b>	20%
<b>E.</b>	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	<b>20%</b>	20%
	<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>98%</b>

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura

Atentamente:

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:09:31 -06'00'

Ing. Nahum Montiel Salas Lic.

Cédula: 3030980713

# CARTA DEL LECTOR

## CARTA DE LECTOR

**San José,**

**Universidad Hispanoamericana  
Sede Llorente  
Carrera**

**Estimado señor**

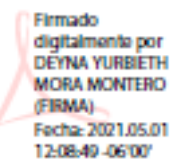
El estudiante **Jason Morera Quiros**, cédula de Identidad 1-1243-0909 me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de Investigación denominado **DISMINUIR LA PERDIDA DE TRAZABILIDAD, AL CAMBIAR LOS CODIGOS DE BARRAS NO CONFORMES DE LAS LLANTAS EN EL AREA DE INSPECCION FINAL, PARA EL PRIMER CUATRIMETRE DEL AÑO 2021, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA**, el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la Investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones Indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

DEYNA  
YURBIETH  
MORA  
MONTERO  
(FIRMA)



Firmado digitalmente por  
DEYNA YURBIETH  
MORA MONTERO  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.05.01  
12:08:49 -06'00'

**Deyna Yurbieth Mora Montero  
Cédula 1-1622-0956**

# ACTA DE GRADUACIÓN



## Acta de Graduación

Ante el Tribunal Calificador de la Universidad Hispanoamericana, integrado por: Ing. Ana Catalina Leandro Sandi, representante dirección de carrera, Ing. Nahum Montiel Salas tutor y Ing. Deyna Mora Montero lectora, se presenta al postulante Morera Quirós Jason José Cédula n° 1-1234-0909 quien hace defensa pública de su trabajo final de graduación, titulado: "DISMINUIR LA PERDIDA DE TRAZABILIDAD, AL CAMBIAR LOS CODIGOS DE BARRAS NO CONFORMES DE LAS LLANTAS EN EL AREA DE INSPECCION FINAL, PARA EL PRIMER CUATRIMETRE DEL AÑO 2021, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA". Para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

Una vez escuchada la exposición del postulante y habiendo procedido al período de preguntas por parte de los miembros del Tribunal, se procede en privado a la deliberación de rigor y se concluye que al estudiante: Morera Quirós Jason José, ha aprobado su requisito de graduación con un puntaje de 95 en la escala de 0 a 100.

**Firmado en la Universidad Hispanoamericana el día: viernes 07 de mayo del 2021.**

Director(a) de Carrera:	Ana Catalina Leandro Sandi	Firmado digitalmente por Ana Catalina Leandro Sandi Fecha: 2021.05.11 18:31:08 -06'00'
Tutor(a):	NAHUM MONTIEL SALAS (FIRMA)	Firmado digitalmente por NAHUM MONTIEL SALAS (FIRMA) Fecha: 2021.05.11 18:36:11 -06'00'
Lector(a):	DEYNA YURBIETH MORA MONTERO (FIRMA)	Firmado digitalmente por DEYNA YURBIETH MORA MONTERO (FIRMA) Fecha: 2021.05.11 19:07:01 -06'00'
Estudiante:	<u>Jason Morera Quirós</u>	

# CARTA DE AUTORIZACIÓN CENIT

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLÓGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 20 de mayo del 2021

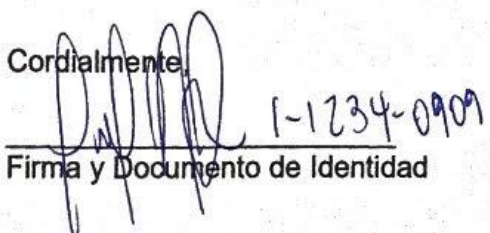
Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) JASON JOSE MORERA QUIRÓS con número de identificación 1-1234-0909 autor (a) del trabajo de graduación titulado " DISMINUIR LA PERDIDA DE TRAZABILIDAD, AL CAMBIAR LOS CODIGOS DE BARRAS NO CONFORMES DE LAS LLANTAS EN EL AREA DE INSPECCION FINAL, PARA EL PRIMER CUATRIMETRE DEL AÑO 2021, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA." presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar por el título de licenciatura en ingeniería industrial; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

  
Firma y Documento de Identidad

# DECLARACIÓN JURADA

## DECLARACIÓN JURADA

Yo JASON JOSE MORERA QUIRÓS, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1234-0909, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de grado de licenciatura en ingeniería industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Disminuir la pérdida de trazabilidad al cambiar los códigos de barras no conformes de las llantas en el área de inspección final, para el primer cuatrimestre del año 2021, en la empresa Bridgestone de Costa Rica, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público, en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 22 días del mes de marzo del año dos mil veintiuno.

  
Firma del estudiante  
Cédula 1-1234-0909.

# ASISTENCIA Y CONTROL DE TUTORÍAS

## Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA.
FECHA	01/10/2020
LUGAR	SESIÓN VIRTUAL.

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X									

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00PM	5:00PM.	

#### TEMAS TRATADOS :

REVISIÓN DE ANTEPROYECTO, EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA A MEJORAR. CON DATOS E INDICADORES.

#### ACUERDOS:

DEFINICIÓN DE RESPONSABILIDADES, PLAZOS DE REVISIONES Y ENTREGABLES.

#### AVANCES

N/A

#### LIMITACIONES

N/A.

PROXIMA SESIÓN : FECHA 11/10/2020 HORA 4:00PM LUGAR HEREDIA.

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)

Firmado digitalmente por NAHUM  
MONTIEL SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22 15:59:48 -06'00'

## Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	11/10/2020
LUGAR	SESION VIRTUAL

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X								

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00PM	5:00PM	

#### TEMAS TRATADOS :

REVISIÓN RIGUROSA DEL DOCUMENTO DEL ANTEPROYECTO Y REVISIÓN DEL CROMOGRAMA DEL PROYECTO (GANT#).

#### ACUERDOS:

PRÓXIMA SESIÓN, PRESENTACIÓN DE LOS CAPÍTULOS I, II

#### AVANCES

DOCUMENTO DE ANTEPROYECTO Y DIAGRAMA DE GANT DEL PROYECTO

#### LIMITACIONES

N/A

PROXIMA SESIÓN : FECHA 21/11/2020 HORA 4:00PM LUGAR HEREDIA

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:00:08 -06'00'

### Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	21/11/2020.
LUGAR	SESION VIRTUAL.

#### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			X							

HORA DE INICIO
4:00 PM

HORA DE CIERRE
5:30 PM

PUNTUALIDAD

#### TEMAS TRATADOS :

REVISION DE LOS CAPITULOS I Y II

#### ACUERDOS:

PRÓXIMA SESIÓN, CAPÍTULOS I Y II COMPLETOS Y CON CORRECCIONES Y PRESENTACIÓN CAPÍTULO III

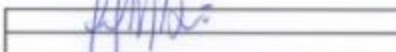
#### AVANCES


CAPÍTULOS I Y II

#### LIMITACIONES

N/A

PROXIMA SESIÓN : FECHA 02/12/2020 HORA 4:00 PM LUGAR HEREDIA

Firma Estudiante: 

Firma Tutor: 

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:00:22 -06'00'

## Universidad Hispanoamericana

SEDE	HERRERIA.
FECHA	02/12/2021
LUGAR	SESION VIRTUAL

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X						

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00PM	5:15PM	

#### TEMAS TRATADOS :

CAPITULOS I Y II COMPLETOS.  
REVISION DEL CAPITULO III

#### ACUERDOS:

PROXIMA SESION CAPITULO III COMPLETO Y CON  
CORRECCION Y AVANCE CAPITULO IV

#### AVANCES

CAPITULOS I Y II COMPLETOS.  
CAPITULO III

#### LIMITACIONES

NA

PROXIMA SESION : FECHA 10/12/2020 HORA 4:00PM LUGAR HERRERIA.

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:00:35 -06'00'

### Universidad Hispanoamericana

SEDE	HERGEDIA.
FECHA	10/12/2021.
LUGAR	SESION VIRTUAL.

#### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X					

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00 PM	5:20 PM	

#### TEMAS TRATADOS :

CAPITULO III COMPLETO Y REVISION DEL AVANCE DEL CAPITULO IV

#### ACUERDOS:

PRÓXIMA SESIÓN CAPITULO IV COMPLETO.

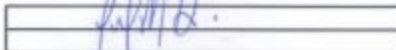
#### AVANCES

CAPITULO III COMPLETO.  
REVISION AVANCE CAPITULO IV

#### LIMITACIONES

N/A.

PROXIMA SESIÓN : FECHA 27/03/2020 HORA 4:00 PM LUGAR HERGEDIA.

Firma Estudiante:   
Firma Tutor:

NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:00:50 -06'00'

## Universidad Hispanoamericana

SEDE	HECEPIA
FECHA	27/12/2020
LUGAR	SESIÓN VIRTUAL

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						X				

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00PM	4:45PM.	

#### TEMAS TRATADOS :

REVISIÓN DEL CAPÍTULO IV COMPLETO.

#### ACUERDOS:

PRÓXIMA SESIÓN AVANCE DEL CAPÍTULO II

#### AVANCES

CAPÍTULO IV COMPLETO

#### LIMITACIONES

N/A.

**PROXIMA SESIÓN :** FECHA 17/01/2021 HORA 4:00PM LUGAR HECEPIA

Firma Estudiante: [Firma]

Firma Tutor: [Firma]

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:01:02 -06'00'

## Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	17/01/2021
LUGAR	SESIÓN VIRTUAL

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							X			

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00 PM	5:45 PM	

#### TEMAS TRATADOS :

REVISIÓN DE AVANCE CAPÍTULO V

#### ACUERDOS:

PRÓXIMA SESIÓN CAPÍTULO V COMPLETO.

#### AVANCES

CAPÍTULO V COMPLETO.

#### LIMITACIONES

N/A

PROXIMA SESIÓN : FECHA 01/02/2021 HORA 4:00 PM LUGAR HEREDIA

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:01:16 -06'00'

### Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	01/02/2021
LUGAR	SESION VIRTUAL.

#### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								X		

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00PM	4:50 PM.	

#### TEMAS TRATADOS :

REVISION DEL CAPITULO II COMPLETO.

#### ACUERDOS:

ACTUALIZACION DE DATOS Y AVANCE DEL CAPITULO III

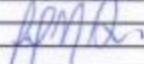
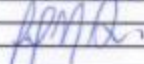
#### AVANCES

CAPITULO II COMPLETO.

#### LIMITACIONES

N/A.

PROXIMA SESION : FECHA 26/02/2021 HORA 4:00PM LUGAR HEREDIA

Firma Estudiante:   
 Firma Tutor: 

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS  
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por NAHUM MONTIEL SALAS (FIRMA)  
 Fecha: 2021.03.22 16:01:27 -06'00'

### Universidad Hispanoamericana

SEDE	HEREDIA
FECHA	26/02/2021
LUGAR	SESION VIRTUAL.

#### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									X	

HORA DE INICIO
4:00 PM

HORA DE CIERRE
5:10 PM.

PUNTUALIDAD

#### TEMAS TRATADOS :

REVISION DEL AVANCE DEL CAPITULO VI

#### ACUERDOS:

PROXIMA SESION, PRESENTACION DEL DOCUMENTO FINAL, PRESENTAR DATOS ACTUALIZADOS.

#### AVANCES

AVANCE DEL CAPITULO VII

#### LIMITACIONES

NA

PROXIMA SESION : FECHA | 11/03/2021 | HORA | 4:00 PM | LUGAR | HEREDIA.

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

--

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:01:41 -06'00'

## Universidad Hispanoamericana

SEDE	
FECHA	11/03/2021
LUGAR	SESION VIRTUAL

### REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										X

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
4:00PM	6:00PM	

#### TEMAS TRATADOS :

REVISION DEL DOCUMENTO FINAL.

#### ACUERDOS:

ENVIAR POR CORREO DOCUMENTO FINAL, CON CORRECCIONES.

#### AVANCES

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO.

#### LIMITACIONES

N/A.

PROXIMA SESIÓN : FECHA NA HORA NA LUGAR NA

Firma Estudiante:  
Firma Tutor:

--	--

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por NAHUM MONTIEL  
SALAS (FIRMA)  
Fecha: 2021.03.22  
16:01:53 -06'00'

## DEDICATORIA

A mis padres, Hannia Quirós y Bernardo Miranda, quienes con claro ejemplo han forjado la persona que soy hoy en día, los que me enseñaron que todo en la vida se consigue a base de esfuerzo, esto es por ustedes. A mi hijo Matías por ser mi más grande motivación.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a Dios por el regalo diario de la vida y permitirme concluir este proyecto. A mi tutor Nahum Montiel Salas por todo el apoyo, la comprensión y disponibilidad que mostró siempre.

Además, quiero agradecer profundamente al señor Sergio Vincenti, jefe del departamento de inspección final de Bridgestone de Costa Rica, por su apoyo para poder desarrollar este proyecto en esta gran empresa.

## Acrónimos y siglas

- **Llanta verde:** Este término se refiere a la llanta que aún no ha recibido el proceso de vulcanización, es decir que el hule no cumple las condiciones que necesita el producto final.
- **Vulcanización:** Es un proceso en el que el hule crudo con presencia de azufre en su compuesto es calentado haciéndolo más duro y resistente.
- **MSA:** Por sus siglas en inglés, Measurement System Analysis, es un análisis estadístico que evalúa los efectos de la variación de un sistema de medición, por lo general, Operador y Parte.
- **Conveyer:** Es sistema mecánico de bandas transportadoras utilizadas en la industria para mover el material en el proceso de forma automatizada.
- **CB:** Código de barras.
- **PCS:** (Production Code System) Sistema de información interno para trazabilidad y códigos de barras.
- **Panelview:** Pantalla generalmente táctil para manipular de manera más dinámica ciertos tipos de software.
- **TZ:** Trazabilidad
- **IF:** Inspección final
- **Minitab:** Software estadístico.
- **Alphamiss:** Indicador de calidad referente a las unidades conformes clasificadas como no conformes.
- **AMEF:** Herramienta de análisis de modo y efecto de falla.

# INDICE

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>27</b>
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>28</b>
<b>1.2 IDENTIFICACION DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>1.2.2 Política integrada del sistema de gestión de Seguridad, Medioambiente y Calidad...32</b>	
<b>1.2.3 Misión de Bridgestone de Costa Rica S.A. ....</b>	<b>33</b>
<b>1.2.4 Visión de Bridgestone de Costa Rica S.A.....</b>	<b>33</b>
<b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>35</b>
<b>1.3.1 Justificación del problema. ....</b>	<b>35</b>
<b>1.3.2 Definición del problema .....</b>	<b>35</b>
<b>1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>37</b>
<b>1.4.1 Objetivo General.....</b>	<b>37</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>37</b>
<b>1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.1 Alcances.....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.2 Limitaciones.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>39</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>40</b>
<b>2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....</b>	<b>40</b>
<b>2.1.1 Ingeniería Industrial.....</b>	<b>40</b>
<b>2.1.2 Proceso de producción .....</b>	<b>40</b>
<b>2.1.3 Productividad.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1.4 Calidad de un producto o servicio.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1.5 Importancia de la calidad.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1 Metodología DMAIC.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1.1 Definir .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1.2 Medir .....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.1.3 Analizar.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.1.4 Implementar .....</b>	<b>44</b>

2.2.1.5	Controlar .....	44
2.2.2	Gráficos Estadísticos .....	45
2.2.2.1	Tipos de datos .....	45
2.2.2.2	Gráfico de barras .....	45
2.2.2.3	Gráfico de líneas de tendencia .....	45
2.2.3	Diagrama de flujo .....	46
2.2.4	Código de barras .....	46
2.2.5	Trazabilidad .....	47
2.2.5.1	Trazabilidad en cadena .....	47
2.2.5.2	Trazabilidad interna .....	48
2.2.5.3	Trazabilidad en procesos de fabricación .....	49
2.2.5.4	Importancia de la trazabilidad .....	50
2.2.6	Sistemas de información .....	51
2.2.6.1	Transferencia de información .....	52
2.2.7	Diagrama de Pareto .....	52
2.2.8	Inspección de calidad .....	52
2.2.9	Estudio de tiempos y movimientos .....	53
2.2.10	Diagrama de Causa – Efecto (Ishikawa) .....	53
2.2.11	Análisis de los 5 porque .....	54
2.2.12	Análisis de sistema de medición (MSA) .....	54
2.2.13	Poka-Yoke .....	56
2.2.14	Diagrama de Gantt .....	56
2.2.15	Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) .....	57
2.2.16	Metodología de las 5's .....	58
2.2.17	Criterios de decisión .....	59
2.2.17.1	Valor Actual Neto (VAN) .....	59
2.2.17.2	Período de Recuperación de la Inversión (PRI) .....	59
2.2.17.2	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	59
2.2.17.3	Tasa Interna de Retorno (ROI) .....	60
2.2.17.4	Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) .....	60
2.2.18	Prueba de chi cuadrado .....	60
2.3	EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO .....	62
2.4	ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES .....	63

<b>CAPÍTULO III</b> .....	65
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	66
<b>3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	66
3.1.1 Etapa de definir.....	66
<b>3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.</b> ..68	
3.2.1. Etapa de Medir .....	68
<b>3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO</b> .....	70
3.3.1. Etapa de Analizar .....	70
<b>3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.</b> .....	72
3.4.1. Etapa de Implementar. ....	72
<b>3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS</b> .....	73
3.5.1. Etapa de Control. ....	73
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	74
<b>4. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS</b> .....	75
<b>4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	75
<b>4.2 MAPEO GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN</b> .....	76
4.2.1 Materia prima .....	77
4.2.2 Banbury .....	77
4.2.3 Preparación de materiales .....	77
4.2.4 Armado .....	78
4.2.5 Vulcanización.....	78
4.2.6 Inspección final .....	78
4.2.7 Almacén de producto terminado.....	79
<b>4.3 MAPEO DEL PROCESO DE CAMBIO DE CÓDIGO DE BARRAS</b> .....	79
<b>4.4 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE TRAZABILIDAD Y CÓDIGOS DE BARRAS</b> .....	81
4.4.1 Código de barras.....	81
4.4.2 Sistema de trazabilidad PCS .....	82
4.4.3 Transferencia de información de trazabilidad .....	84
<b>4.5 MEDICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	86
4.5.1 Cuantificación de datos.....	86
4.5.2 Porcentaje de pérdida de información de trazabilidad .....	87

<b>4.5.3 Principales causas de pérdida de información de trazabilidad</b> .....	88
<b>4.5.4 Muestreo de sistemas de trasferencias de información</b> .....	90
<b>4.5.5 Criterio de inspectores de calidad</b> .....	91
<b>4.5.6 Tiempo estándar con método actual</b> .....	92
<b>4.6 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	93
<b>4.6.1 Prueba de chi-cuadrado</b> .....	93
<b>4.6.2 Diagrama Ishikawa causa - efecto</b> .....	94
<b>4.6.3 Análisis causal de los 5 porqués</b> .....	95
<b>4.6.3.1 Fallo en el sistema de transferencia de información, panelview</b> .....	96
<b>4.6.3.2 Transferencia de información</b> .....	96
<b>4.6.3.3 Criterios de inspección</b> .....	96
<b>4.3.8 Análisis del criterio de inspección</b> .....	98
<b>4.7 JUTIFICACIÓN FINANCIERA</b> .....	100
<b>CAPÍTULO V</b> .....	102
<b>5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	103
<b>5.1 REDISEÑO DEL SISTEMA DE REEMPLAZO DE CÓDIGOS DE BARRAS</b> .....	103
<b>5.1.1 Desarrollo de la propuesta</b> .....	103
<b>5.1.1.1 Software de copia de código de barras</b> .....	104
<b>5.1.1.2 Máquina impresora de códigos de barras</b> .....	104
<b>5.1.1.2 Diagrama de flujo para nuevo sistema de cambio de CB</b> .....	105
<b>5.1.2 Plan de implementación de la propuesta</b> .....	106
<b>5.1.3 Resultados obtenidos</b> .....	106
<b>5.1.3.1 Cambio de tendencia en la pérdida de trazabilidad</b> .....	106
<b>5.1.3.2 Mejora en el tiempo estándar del proceso de cambio de CB</b> .....	107
<b>5.1.3.3 Mejora en las condiciones de 5s</b> .....	108
<b>5.1.4 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)</b> .....	108
<b>5.1.5 Herramientas de control</b> .....	111
<b>5.2 CRITERIO DE LOS INSPECTORES DE CALIDAD</b> .....	112
<b>5.2.1 Desarrollo de la propuesta</b> .....	112
<b>5.2.1.1 Diseño de la pieza propuesta</b> .....	112
<b>5.2.1.2 Integración al estándar</b> .....	113
<b>5.2.2 Plan de implementación de la propuesta</b> .....	115
<b>5.2.3 Resultados obtenidos</b> .....	115

5.2.4 Herramientas de control.....	116
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>117</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>6.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
6.1.1 Objetivo general .....	118
6.1.2 Objetivos específicos.....	119
6.1.2.1 Evaluar el método, las herramientas y la materia prima que se utilizan para el reemplazo de códigos de barras no conformes.....	119
6.1.2.2 Cuantificar totalidad de códigos de barras reemplazados y con pérdida de trazabilidad en el año 2020.....	120
6.1.2.3 Realizar un estudio de tiempos y movimientos del método de cambio de códigos no conformes actual y del método propuesto.....	121
6.1.2.4 Analizar el criterio de los inspectores de calidad relacionado con el cambio de códigos de barras.....	122
6.1.2 Impacto económico .....	123
<b>6.2 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>126</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>127</b>
<b>Anexos: .....</b>	<b>129</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Bridgestone Costa Rica.....	30
Figura 2 Misión y Visión de Bridgestone de Costa Rica S.A. ....	33
Figura 3 Organigrama aseguramiento a la calidad y producción.....	34
Figura 4 Mapeo general del proceso código de barras .....	34
Figura 5 Fórmula para calcular la productividad.....	41
Figura 6 Las cinco etapas de la metodología DMAIC.....	43
Figura 7 Código de barras de una llanta. ....	47
Figura 8 Trazabilidad en cadena. ....	48
Figura 9 Trazabilidad interna.....	49
Figura 10 Trazabilidad en los procesos de fabricación. ....	50
Figura 11 Pasos para realización de un estudio de MSA.....	56
Figura 12 Mapeo General de proceso de producción.....	76
Figura 13 Diagrama de flujo del proceso de cambio de código de barras.....	80
Figura 14 Tipos de códigos de barras.....	81
Figura 15 Información de trazabilidad de códigos de barras. ....	82
Figura 16 Árbol de información de trazabilidad incluido en el código de barras. ....	83
Figura 17 Almacenamiento de códigos de barras de reemplazo. ....	84
Figura 18 Sistema de transferencia de información de código de barras .....	85
Figura 19 Sistema de transferencia de información de código de barras, panelview. ....	86
Figura 20 Diagrama Ishikawa.....	94
Figura 21 Análisis causal de los 5 porqués.....	95
Figura 22 Colocación del código de barras.....	97
Figura 23 Inclinación del código de barras.....	97

Figura 24 Cuadro resumen MSA. ....	98
Figura 25 Reporte de exactitud MSA. ....	99
Figura 26 Reporte de clasificación de errores MSA.....	100
Figura 27 Nuevo software de copia de código de barras. ....	104
Figura 28 Máquina impresora de código de barras, modelo ZT410. ....	105
Figura 29 Diagrama de flujo, cambio de CB. ....	105
Figura 30 Plan de implementación para nuevo sistema de reemplazo de CB.....	106
Figura 31 Análisis de efecto y modo de falla (AMEF).....	109
Figura 32 Diseño de pieza de poka yoke propuesto.....	113
Figura 33 Monitoreo del método de inspección.....	114
Figura 34 Plan de implementación para integración de herramienta Poka Yoke. ....	115
Figura 35 Comparación de muestreo, gráficos de códigos de barras conformes rechazados. ....	116
Figura 36 Impacto económico del proyecto. ....	124

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Códigos de barras no conformes reemplazados, año 2020. ....	36
Gráfico 2 Porcentaje de pérdida de trazabilidad, año 2020. ....	88
Gráfico 3 Principales causas de pérdida de información de trazabilidad. ....	90
Gráfico 4 Conformidad de la trazabilidad según sistema de transferencia de información. ....	91
Gráfico 5 Cantidad de códigos de barras conformes rechazados. ....	92
Gráfico 6 Tendencia de pérdida de trazabilidad, año 2020. ....	107

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades a realizar en la etapa de definir .....	67
Tabla 2 Actividades a realizar en la etapa de medir .....	69
Tabla 3 Actividades a realizar en la etapa de analizar .....	71
Tabla 4 Actividades a realizar en la etapa de implementar.....	72
Tabla 5 Actividades a realizar en la etapa de controlar.....	73
Tabla 6 Cálculo del tiempo estándar para el método de cambio de CB. ....	93
Tabla 7 Prueba de chi cuadrado, sistemas de transferencia de información. ....	93
Tabla 8 Cálculo del tiempo estándar para el nuevo método de cambio de CB.....	108
Tabla 9 Herramientas para el control del nuevo sistema de cambio de CB. ....	111
Tabla 10 Herramientas para el control de la implementación de Poka Yoke. ....	116
Tabla 11 Porcentajes de mejora en disminución de pérdida de trazabilidad. ....	118
Tabla 12 Impacto económico del proyecto.....	123
Tabla 13 Tabla resumen de tasa interna de retorno. ....	125

## RESUMEN EJECUTIVO

El desarrollo de esta tesis se realiza en la empresa Bridgestone de Costa Rica ubicada en la Ribera de Belén de Heredia, con el propósito de optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

La empresa Bridgestone de Costa Rica es una compañía multinacional dedicada a la producción de llantas para diferentes mercados a nivel mundial y para diferentes propósitos, terrenos y equipos automotrices.

El proyecto consiste en analizar el proceso de cambio de códigos de barras no conformes en el departamento productivo de inspección final, esto, con la finalidad de identificar las principales variables que afectan a la permanencia de la información de trazabilidad ligada a cada llanta producida.

El proyecto está desarrollado bajo la metodología Seis Sigma y se integran cada una de las etapas del proceso DMAIC con las herramientas ingenieriles aplicables en cada una de las etapas.

Se desarrollan dos principales propuestas, que se derivan en varias implementaciones de mejora para disminuir la pérdida de trazabilidad, de esto se obtiene como resultado una mejora del 88.48% en la pérdida de información de trazabilidad, representando una reducción promedio de costos mensuales de \$2,230 aproximadamente.

# **CAPÍTULO I**

# 1. INTRODUCCION

## 1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

En la segunda mitad del siglo XVIII, se da una transformación económica, social y tecnológica sin precedentes llamada revolución industrial; este momento marca un antes y un después en la historia de la humanidad, influenciando y cambiando directamente la vida cotidiana de las personas a nivel mundial, ya que se inicia con una transición que acabaría con siglos de mano de obra basada en trabajo manual o artesanal, siendo estos sustituidos por maquinaria de producción industrial, dando paso a una espectacular capacidad de producción.

A raíz de esta revolución en la industria y con el nacimiento de nuevas compañías de manufactura, empiezan a surgir ciertas necesidades para mantener la competitividad, estas necesidades están enfocadas en la optimización de los recursos para ahorro de costos, al mejoramiento y aseguramiento de la calidad de los productos, a la seguridad ocupacional y protección del medio ambiente. Costa Rica se ha convertido en un país atractivo para la inversión de empresas transnacionales, que cada vez son más exigentes en cuanto a la calidad de la mano de obra calificada.

El presente proyecto es desarrollado en la empresa de manufactura de llantas Bridgestone de Costa Rica, en donde dentro de la filosofía corporativa, se encuentra la satisfacción del cliente final mediante la calidad del producto final, esto mediante procesos que se encuentren alineados bajo control estadístico, y que permitan un mejoramiento continuo mediante la toma de decisiones con base a datos. Además, la empresa busca la optimización de los recursos a través de toda su cadena de valor, mejorando la productividad, permitiéndose ser una de las manufactureras de llantas, más competitivas del mercado local e internacional.

Este proyecto se enfoca en disminuir la pérdida de información de trazabilidad que contiene cada código de barras, de cada llanta que es enviada al mercado para su funcionamiento en carretera, cabe destacar que esta información es vital para el aseguramiento a la calidad, ya que es de suma importancia en caso de que se requiera segregar o retener inventario por sospecha de alguna no conformidad detectada en el

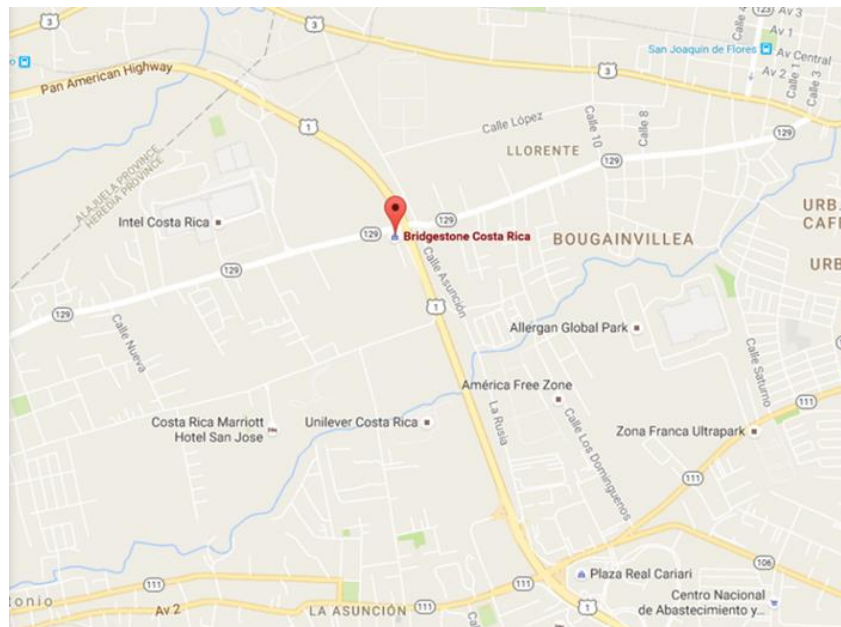
proceso o bien de la llanta en funcionamiento. La trazabilidad permite un correcto mapeo del proceso de producción a nivel de los sistemas de información utilizados a lo largo de toda la construcción de la llanta, lo cual minimiza los costos a la hora de tomar decisiones con productos sospechosos de tener una no conformidad

## 1.2 IDENTIFICACION DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

### 1.2.1 Descripción General de la Empresa o Institución

El proyecto será desarrollado en la empresa Bridgestone de Costa Rica Sociedad Anónima, la misma se encuentra ubicada en la rivera de Belén; se encarga de la producción de llantas para automóviles, camionetas, camiones, buses y agrícolas, en otras plantas Bridgestone alrededor del mundo producen llantas para vehículos de construcción y minería, maquinaria industrial, maquinaria agrícola, aviones, motocicletas y scooters, material de reencauche y otros, los cuales son productos de consumo masivo.

*Figura 1 Ubicación Bridgestone Costa Rica*



*Fuente: Google maps.*

Dicha empresa es una transnacional que inició sus operaciones en Costa Rica a partir de 1967 bajo el nombre de Industrias Firestone de Costa Rica S.A., su fuerza laboral para ese entonces era de 200 trabajadores y producía un total de 425 llantas por día. Para 1970 su producción aumento a 1200 llantas por día, con el paso de los años esta empresa crecía, por lo tanto, su producción aumentaba y para el año 1985 su producción rondaba las 2200 unidades diarias.

Ese mismo año SUMMA S.A. adquiere Industrias Firestone de Costa Rica y cambia su razón social a Industria Akron de Costa Rica S.A. Tres años más tarde la corporación japonesa Bridgestone adquiere la compañía Firestone Tire and Rubber Company. Para el año 1995 la empresa contaba con 570 trabajadores los cuales producían un total de 2400 llantas diarias. La unión con la corporación japonesa trae un aumento en la tecnología, que se vio reflejada con nuevos productos.

Los cambios continúan para esta empresa, y para el año 1996 su razón social cambia a Firestone de Costa Rica, S.A. Un año después la empresa obtiene la certificación ISO 9002 lo que le abrió las puertas en el mercado extranjero distribuyendo sus ventas en un 40% para el mercado local, un 42% para el mercado Centroamericano y el 18% restante es enviado a los Estados Unidos. En 1998 se dio la primera gran expansión de la planta, la corporación Bridgestone obtiene la mayoría de las acciones cambiando nuevamente su razón social a BRIDGESTONE FIRESTONE DE COSTA RICA S.A. También se obtiene la certificación ISO 14001 que hace constar su generosidad con el medio ambiente.

Su distribución de ventas continúa cambiando y aumentando sus exportaciones hacia Estados Unidos a un 62%, el 38% restante se repartió entre Costa Rica y Centroamérica. Para el año 2002 se inicia el segundo proceso de expansión invirtiendo \$40 millones en 22000 metros cuadrados de construcción y se obtiene la certificación QS-9000. A partir del año 2003 la empresa comienza a recibir premios y reconocimientos como el Premio Corporativo de Seguridad y el de Mantenimiento. Ya para el año 2005 la planta cuenta con 1000 trabajadores y su producción diaria es de 12500 llantas por día operando los siete días de la semana.

En este momento la empresa está certificada en ISO/TS 16949, dicha certificación es una recopilación de QS-9000, más otros requisitos adicionales implementados por los grandes fabricantes de automóviles para la elaboración de componentes de los automóviles que ellos fabrican. En 2008 se vuelve a cambiar su razón social por Bridgestone de Costa Rica, desde entonces hasta la actualidad la empresa continúa innovando sus productos, aumentando sus estándares de calidad por medio de la implementación de nuevas tecnologías y prácticas de manufactura.

Dentro de los clientes externos de la empresa está la casa matriz, ensambladores de automóviles y distribuidores como: H. Rucavado, Trac Taco, Súper Llantas Ramírez, Quiroz y Cía., Reenfrio, Superllantas, Centro de Llantas, Servicios Gigante, Gallo más Gallo, Sociedad Chávez y Quirós, Centro Llantero, Tecnillantas y Pricessmart entre otros.

### **1.2.2 Política integrada del sistema de gestión de Seguridad, Medioambiente y Calidad**

“En Bridgestone de Costa Rica S.A; producimos llantas, las cuales cumplen con los requerimientos de nuestros clientes. A la vez, mantenemos un ambiente de trabajo seguro y operamos de una manera social y ambientalmente responsable, de acuerdo con los requisitos legales, reglamentarios y otros requisitos aplicables.

Nuestros compromisos son: satisfacción del cliente y de los entes interesados, capacitación de nuestros asociados, trabajo en equipo, decisiones tomadas en base a hechos y datos, mejoramiento continuo de la eficacia en los sistemas de gestión, comunicaciones abiertas y prevención de la contaminación.

Esta política es el marco para establecer los objetivos del sistema integrado de la empresa.” **(Publicaciones Bridgestone, 2018).**

Figura 2 Misión y Visión de Bridgestone de Costa Rica S.A.



Fuente: Publicaciones Bridgestone, 2018.

### 1.2.3 Misión de Bridgestone de Costa Rica S.A.

Ser una empresa líder en la fabricación y comercialización de llantas y productos relacionados, con los más altos estándares de calidad y de servicio al cliente. De igual forma, deseamos contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros empleados y obtener la más alta rentabilidad, de una manera ambientalmente responsable, basados en la filosofía de Calidad Total.

La misión de Bridgestone de Costa Rica se resume en “Servir a la sociedad con calidad superior” (Documentos Bridgestone, 1992).

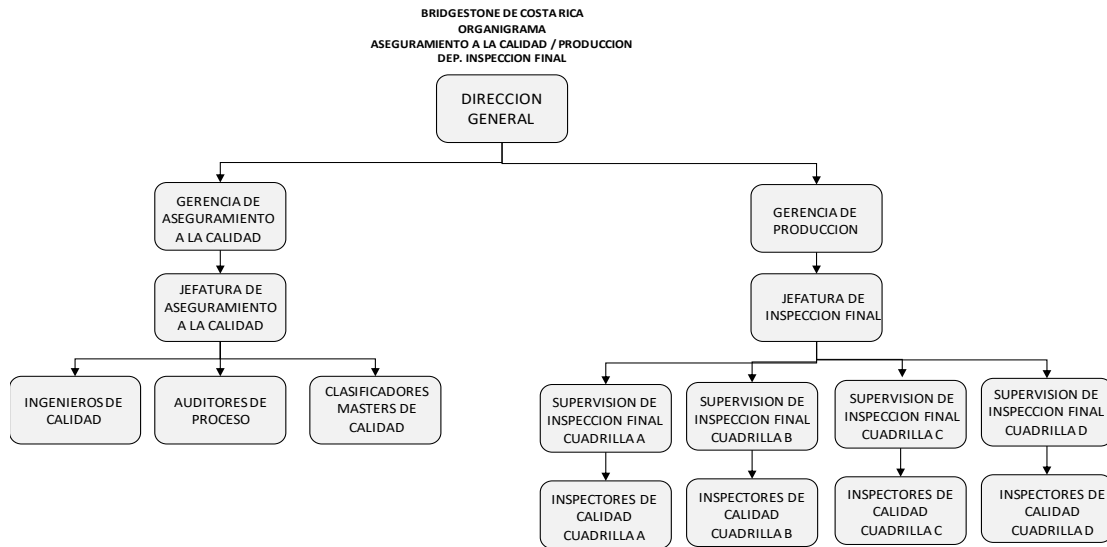
### 1.2.4 Visión de Bridgestone de Costa Rica S.A.

“Nuestro fundador Shojiro Ishibashi, resume nuestra visión de empresa como “Ser el Mejor, por lo cual, en Bridgestone de Costa Rica proponemos que nuestra empresa sea una, cuyos procesos productivos, administrativos, de mercadeo, de recursos humanos y de ventas, sean comparables con las mejores empresas a nivel mundial.

Lo anterior se ha convertido en un reto para consolidarnos como la mejor planta de la Corporación Bridgestone en América Latina”. (Documentos Bridgestone, 1992).

## 1.2.5 Organigrama de la Dirección de Producción y aseguramiento a la calidad Bridgestone de Costa Rica S.A.

Figura 3 Organigrama aseguramiento a la calidad y producción.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 1.2.6 Mapeo general de proceso referente al desarrollo del Proyecto

Figura 4 Mapeo general del proceso código de barras



Fuente: Elaboración propia, 2020.

## **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.3.1 Justificación del problema.**

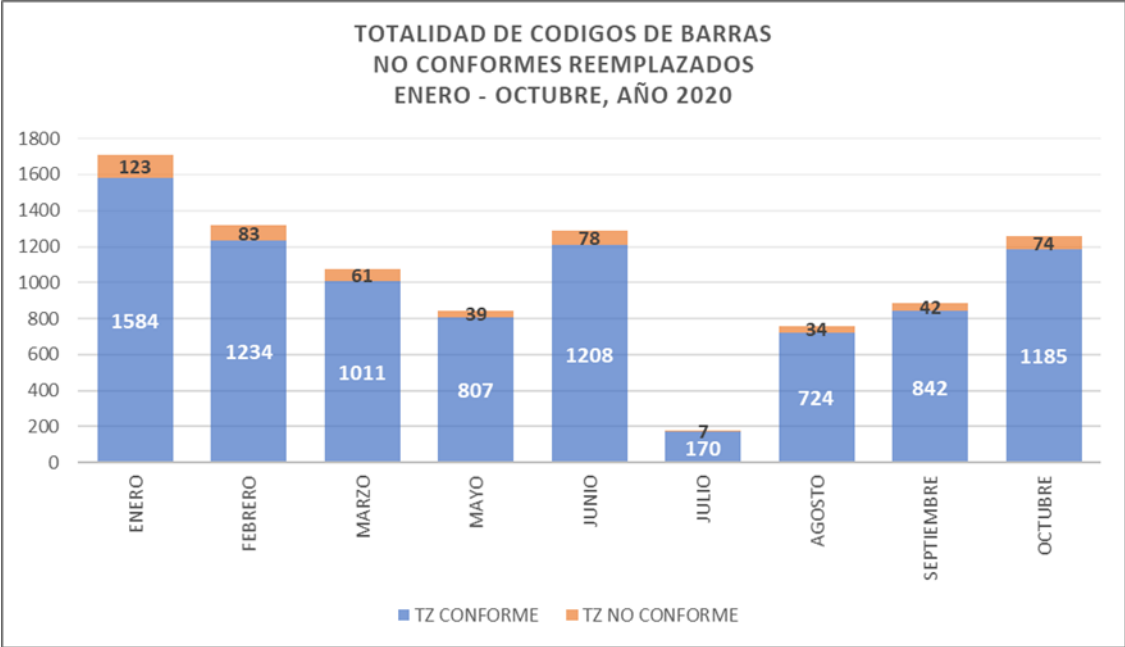
Los códigos de barras son la trazabilidad que se utiliza para cada llanta producida en Bridgestone de Costa Rica, estos códigos son leídos por sistemas automatizados en el área de inspección final, si un código se encuentra dañado, se debe reemplazar por uno nuevo, ya que las llantas con esta no conformidad no ingresan a la bodega de producto terminado; cuando se cambia el código, se debe de hacer un traslado de información en el sistema de información, si esto no se realiza o el código colocado no es el correcto para la medida de la llanta, se pierde la trazabilidad.

Por lo que para eventos de retenciones de inventario esto es de suma importancia para ubicar el producto no conforme y así evitar la incertidumbre en el momento de desechar producto sospechoso de tener una no conformidad; además, se generan desajustes en el inventario y se corre el riesgo de que se ingresen llantas a bodega con código de producto terminado equivocado. Todo esto aumenta la probabilidad de que existan reclamos por parte del cliente final, evitando que se cumplan los objetivos de la empresa y por consiguiente la incongruencia con la política de calidad establecida.

### **1.3.2 Definición del problema**

En el departamento de inspección final, las llantas con códigos de barras no conformes son detectados por los inspectores de calidad, los cuales envían estas llantas por un conveyer de rechazo que conduce el producto hacia el clasificador master de calidad, este se encarga de evaluar la no conformidad detectada, para bajo su criterio experto disponer la llanta según el estándar de calidad, si el código se encuentra no conforme, se debe reemplazar por uno nuevo, en este cambio se debe realizar la transacción de la información en el sistema. A raíz de varios modos de falla que se evaluarán más adelante en el presente documento, esta información no siempre permanece luego del cambio de código, por lo que en ocasiones el estándar de calidad corporativo en cuanto a trazabilidad no se cumple.

Gráfico 1 Códigos de barras no conformes reemplazados, año 2020.



Fuente: Sistema de información AS400 Bridgestone CR, 2020.

El gráfico número 1, muestra la totalidad de códigos no conformes reemplazados a las llantas de enero a octubre en el año 2020, además estos datos están segmentados en trazabilidad conforme y no conforme luego del cambio, cabe destacar que en el mes de abril no existen datos y el mes de julio muestra una tendencia atípica con respecto a los meses restantes, esto debido a paros de planta a raíz de COVID-19.

Lo anterior evidencia una pérdida de información, la cual vital para poder realizar las retenciones de inventario de producto sospechoso de no conformidad, de una forma eficiente y enfocada a la calidad, además genera desajustes de inventario (inventario físico contra inventario en sistema) y costos extras causados por incertidumbre en las segregaciones de producto.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo General**

Disminuir la pérdida de trazabilidad, al cambiar los códigos de barras no conformes de las llantas en el área de inspección final, mediante la metodología DMAIC, para el aseguramiento de la calidad del producto final.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el método, las herramientas y la materia prima que se utilizan para el reemplazo de códigos de barras no conformes.
- Cuantificar la totalidad de códigos de barras reemplazados y con pérdida de trazabilidad en el año 2020.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos del método de cambio de códigos no conformes actual y del método propuesto.
- Analizar el criterio de los inspectores de calidad relacionado con el cambio de códigos de barras.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El proyecto se realizará en el departamento de inspección final, sin embargo, el principal objeto de análisis tiene que ver con el departamento de calidad, ya que el proceso en donde se genera el problema es realizado por personal del departamento de aseguramiento de calidad, pero físicamente se encuentra en el departamento de inspección final, este proceso será explicado de manera más detallada en los siguientes capítulos de este documento.

Se pretende atacar la pérdida de trazabilidad en el proceso de cambio de códigos de barras no conformes, esto quiere decir que no se busca impactar directamente la generación de códigos no conformes, sino asegurar que el proceso de sustitución de

estos sea confiable para el resguardo de la trazabilidad digital. Todo lo anterior con el fin de que la información siempre se encuentre disponible sin importar el momento en que se necesite, ya sea en inventario en proceso, producto terminado o producto en funcionamiento.

### **1.5.2 Limitaciones**

Dentro de las principales limitaciones se encuentran la implementación de nuevas tecnologías al proceso de cambios de códigos de barras no conformes, ya que si bien es cierto son viables de implementar, las mismas pueden ocasionar una variable a controlar que no existe en el estado actual, sin embargo se pretende realizar un AMEF para tener claro el impacto de la implementación de estas nuevas tecnologías, pero al final siempre se necesitará la aprobación de la gerencia del departamento de aseguramiento a la calidad, para la implementación de las recomendaciones derivadas del desarrollo del proyecto.

## **CAPÍTULO II**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

#### **2.1.1 Ingeniería Industrial**

Por definición, la Ingeniería Industrial es la rama de las ingenierías que se encarga del análisis, interpretación, comprensión, diseño, planeación y control de sistemas productivos y logísticos, ya sean estos sistemas que dan como resultado salidas de bienes tangibles o bien servicios, además, se encarga de gestionar, implementar y establecer diferentes tipos de estrategias de optimización de cualquier tipo de proceso; esto, con el objetivo de lograr el máximo rendimiento con la menor cantidad de recursos disponibles en los procesos para la obtención de bienes y servicios.

Según lo planteado por Stinger (2012) “la ingeniería industrial es una de las ramas del conocimiento que involucra la creatividad y la puesta en práctica de los principios de la ciencia. Es esencialmente pragmática y se autoperfectiona constantemente (p. 11)”. Lo anterior hace alusión a que la Ingeniería Industrial es una herramienta de integración muchos tipos de conocimientos científicos, cuyo propósito es la aplicación de métodos, con enfoque a obtener a una productividad competente y con miras a la satisfacción del cliente final.

#### **2.1.2 Proceso de producción**

Un proceso de producción se puede definir como todas las actividades necesarias que se realizan dentro de un sistema, para transformar los insumos o materias primas, dando salida a un producto o servicio, esto conlleva una serie de interacciones entre materias primas, maquinas, recurso humano, tecnología, herramientas y métodos.

Tal y como lo mencionan Fabricky y Torgensen (1966) “el proceso de producción puede describirse como un sistema para transformar una combinación de entradas en una o más formas de salida. Este sistema transformador puede ser muy sencillo o complejo. Una característica esencial del proceso de transformación de las entradas alterando su aspecto físico y creando así una salida de utilidad mayor”. (p. 24)

### 2.1.3 Productividad

La productividad se puede definir como la relación que existe entre la salida de un sistema y la cantidad de recursos y tiempo que se tuvo que emplear en el proceso para obtener determinado producto o servicio. Las empresas hoy en día tienen como uno de sus principales indicadores financieros la productividad, dicho en otras palabras, este indicador se refiere a el costo monetario que se tuvo que invertir para obtener un producto o servicio, la fórmula de la productividad suele representarse de la siguiente manera:

*Figura 5 Fórmula para calcular la productividad*

$$\frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} = \text{Productividad.}$$

*Fuente: La gestión de la productividad, 1989.*

Según una definición general, la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos de trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información; en la producción de diversos bienes y servicios. La productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema. (Prokopenko, 1989, pág. 6).

### 2.1.4 Calidad de un producto o servicio

La calidad de un producto o servicio se refiere a la capacidad que poseen estos para satisfacer necesidades del cliente destino, es un cumplimiento de una serie de requisitos y las cualidades de un producto o servicio, por el cual se deriva un valor determinado, por ejemplo: servicio al cliente, rendimiento, durabilidad, estética, garantía, etc. Se puede afirmar que el concepto de calidad es subjetivo, ya que la misma está estrechamente relacionada con las percepciones y necesidades que busca satisfacer cada individuo a la hora de adquirir un bien o servicio.

Los autores Gutiérrez y De la Vara (2013) sugieren lo siguiente:

“La calidad se relaciona ante todo con la satisfacción del cliente, que está ligada a las expectativas que este tiene con respecto al producto o servicio. Las expectativas son generadas de acuerdo con las necesidades, los antecedentes, el precio del producto, la publicidad, la tecnología, la imagen de la empresa, etc. Se dice que hay satisfacción cuando el cliente percibe del producto o servicio al menos lo que esperaba” (p. 5).

Según el libro de control estadístico de la calidad y seis sigma, la calidad se puede analizar desde cuatro diferentes pilares, los cuales son: la competitividad, que tiene que ver con la calidad del producto o servicio y su precio; la productividad que abarca eficiencia y eficacia; la variabilidad que integra el proceso seis sigma y el control estadístico y la mejora que trata de implementar acciones preventivas y correctivas y el ciclo de calidad. **(ver anexo #1)**

### **2.1.5 Importancia de la calidad**

Se puede afirmar que la calidad es un factor imprescindible para la continuidad y posicionamiento a largo plazo para las organizaciones; el prestigio del producto o servicio es una de las razones más importantes por la cuales el mismo se vende, para así generar la optimización de las utilidades generando una permanencia asegurada en el mercado; por lo que intuitivamente se puede asegurar que la calidad genera productos y servicios mejorados continuamente, disminuye los costos y permite aumentar la rentabilidad financiera de las empresas.

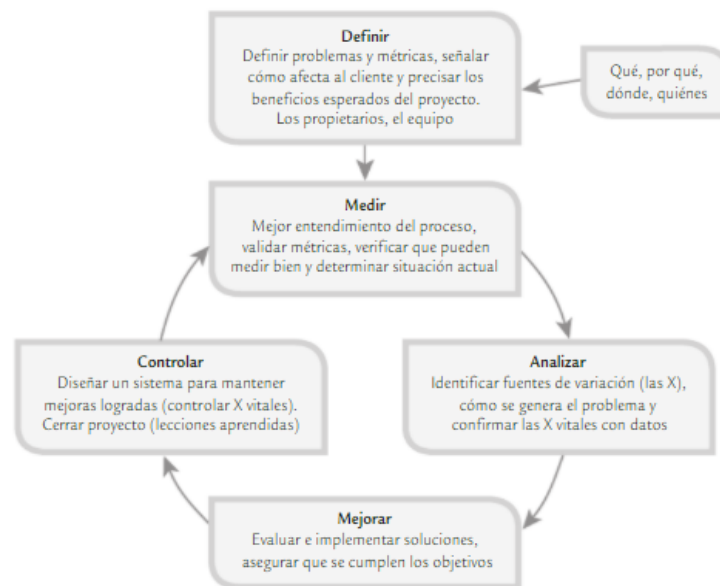
La correcta gestión de la calidad es un factor que favorece a la motivación de los trabajadores dentro de la organización, ya que es el objetivo que organiza y orienta todas las actividades que se realizan dentro de ellas, además, cabe destacar que contribuye de manera natural en la mejora de la imagen frente al cliente de los productos y servicios ofrecidos, aumentando la satisfacción de estos, lo que influye en su lealtad.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

### 2.2.1 Metodología DMAIC

En el año 1984 el ingeniero de la empresa de telecomunicaciones Motorola Bill Smith, creó y desarrolló una metodología para la resolución de problemas en los procesos llamada DMAIC, la misma hace referencia a las siglas de las palabras definir, medir, analizar, implementar y controlar, esta metodología forma parte del sistema de gestión Seis Sigma. Con la metodología DMAIC se busca mejorar procesos, y estabilizar la variabilidad y repetibilidad de estos, además tiene enfoque en la mejora continua. A continuación, en la figura 6 se muestra un diagrama con una descripción de cada una de las etapas de la metodología ya mencionada.

*Figura 6 Las cinco etapas de la metodología DMAIC.*



*Fuente: Control estadístico de calidad y seis sigma, 2004.*

#### 2.2.1.1 Definir

En esta etapa se enfoca el proyecto, se crean los alcances para delimitación de este y se forman las bases para conseguir el éxito. La finalidad de esta etapa es tener claro el objetivo del proyecto a realizar, además de plantear el camino que se debe seguir

para obtener los mejores resultados, esto a partir de la identificación de las variables en donde se encuentra la mayor oportunidad de mejora, esto se puede realizar mediante un Diagrama de Pareto. **(ver anexo #2)**

#### **2.2.1.2 Medir**

En la etapa de medición se busca entender mejor el problema a atacar, por medio de la cuantificación de este, esto, a un nivel más detallado con el fin de establecer un mapeo del flujo del proceso en estudio. Además, se evalúa y se valida el sistema de medición establecido, esto para medir la situación actual; esto determina el impacto real que el problema está causando en la organización y el éxito que se puede esperar minimizando mismo.

#### **2.2.1.3 Analizar**

El objetivo de esta etapa es identificar la causa raíz del problema, entender de donde viene el problema, como y cuando se genera; siempre intentando llegar a las conclusiones más profundas; guiándose por los datos, consiste en la determinación de las variables significativas por medio de herramientas como el diagrama de Ishikawa. **(ver anexo #3)**

#### **2.2.1.4 Implementar**

Esta etapa se encarga de proponer e implementar las soluciones derivadas del análisis de las causas raíz, asegurándose que las medidas propuestas minimicen, aíslen o en el mejor de los casos corrijan por completo el problema, se busca atacar eficientemente las causas, con el fin de que se obtengan resultados positivos en un corto periodo de tiempo, sin embargo existen casos en los cuales, en la etapa de medición se identifican resultados de mediano o largo plazo, pero siempre obteniendo un beneficio en el tiempo.

#### **2.2.1.5 Controlar**

Una vez que las mejoras de la etapa anterior muestran resultados positivos, la presente fase se encarga de asegurar que estas mejoras se mantengan durante el tiempo, quiere decir que se vuelvan permanentes, en la mayoría de los casos, esta etapa

es la más difícil, ya que esto implica la participación y adaptación de todas las personas involucradas en el proceso de mejora, lo cual puede existir resistencia al cambio.

## **2.2.2 Gráficos Estadísticos**

Los gráficos estadísticos son representaciones visuales de datos estadísticos de importancia, hay diferentes tipos de datos, al igual que varios tipos de gráficos, a continuación, se hace una reseña de los para los elementos estadísticos que se adaptan de mejor manera al presente proyecto.

### **2.2.2.1 Tipos de datos**

Existen dos tipos de datos, los cualitativos, que corresponden a los que no se pueden expresar numéricamente, así mismo, estos se dividen en ordinales, que son los datos que pueden ordenarse y los categóricos, los cuales no siguen ningún tipo de orden. El segundo tipo son los datos cuantitativos los cuales, si contienen un valor numérico, y a su vez, se clasifican en discretos, que son valores de números enteros y los continuos, los cuales pueden adquirir cualquier valor dentro de cualquier intervalo, sin importar que tan pequeño sea.

### **2.2.2.2 Gráfico de barras**

Un gráfico de barras es una representación gráfica en un eje cartesiano de las frecuencias de una variable determinada, ya sea esta, cualitativa o discreta. En el eje X se posicionan las distintas categorías, modalidades o detalles de la variable cualitativa o discreta y en el eje Y el valor o frecuencia correspondiente a cada categoría en una escala numérica. **(Ver Anexo #5)**

### **2.2.2.3 Gráfico de líneas de tendencia**

Un gráfico de líneas es una representación gráfica en un eje cartesiano de la relación que existe entre dos o más variables reflejando con claridad los cambios producidos, generalmente son utilizados para representar tendencias temporales. En el eje horizontal (X), se posiciona la variable que indica las unidades de tiempo y en el eje vertical (Y), se introduce la escala de la variable cuya variación en el tiempo se desea analizar. **(Ver Anexo #6)**

### 2.2.3 Diagrama de flujo

Los diagramas de flujo son una representación gráfica de la secuencia de los pasos, actividades o tareas a realizar en un determinado proceso, además, se puede observar como se relacionan las diferentes actividades entre sí, dicho en otras palabras, muestra la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, es importante para el analizar y mejorar el proceso.

Dentro de los símbolos básicos del diagrama de flujo se encuentran: el rectángulo o caja, que representa una operación actividad o tarea; el rombo que representa una condición o decisión siempre con las alternativas de “sí” o “no” y las líneas o flechas que une las actividades y presenta la secuencia de estas. **(Ver Anexo #8)**

Los diagramas de flujo son, con toda seguridad, el método más extendido y popular para realizar el diseño gráfico de procesos. Su simplicidad y versatilidad han contribuido notablemente a su difusión. Pero, siempre hay un “pero”, no se han difundido por igual las reglas sintácticas y semánticas que convierten esta herramienta en un método realmente potente y simple para cumplir con su principal objetivo: facilitar la comunicación entre las personas implicadas. (Ramonet, 2013, pág. 1)

### 2.2.4 Código de barras

Los códigos de barras son una imagen cuadrada o rectangular, que contiene en una serie de líneas paralelas negras y espacios blancos con un ancho variable y que puede ser escaneada con dispositivos lectores laser; suelen ser aplicados a productos para identificarlos de una forma más rápida y eficiente. Generalmente son usados en las tiendas como parte del proceso de compra, en almacenes para rastrear el inventario, y en facturas para asistir a la contabilidad, entre otras cosas.

Existen dos tipos de CB, el dimensional (1D), que es el más común, con una serie de líneas para contener información básica. También existe el bidimensional (2D), que son más complejos y pueden contener más información e incluso una imagen, generalmente los lectores normales de códigos de barras (1D), no pueden leer este tipo de CB.

Entre los beneficios de utilizar códigos de barras, están: la mejor exactitud de los datos, los datos están disponibles inmediatamente, mejora el control de inventarios, por su simplicidad reduce la necesidad de entrenamientos y sus costos de implementación es muy bajo.

*Figura 7 Código de barras de una llanta.*



*Fuente: Bridgestone CR, Depto. De Inspección Final, 2020.*

## **2.2.5 Trazabilidad**

La trazabilidad de la información tiene que ver con la rastreabilidad de todos los procesos de producción de un sistema determinado; esto, desde la compra, transporte y almacenamiento de materias primas, la transformación de estas dentro del proceso, la venta, el consumo y hasta la eliminación. La información básica que contiene la trazabilidad es cuándo, dónde, qué y por quién fue producido un producto o pieza. Debido a la exigencia de la calidad de los productos y al aumento de las normas sobre la seguridad, la trazabilidad se ha convertido en un pilar de suma importancia dentro de las organizaciones, especialmente necesaria en el campo de la manufactura.

### **2.2.5.1 Trazabilidad en cadena**

Contiene la información histórica de determinado producto, desde la compra de las materias primas o piezas, hasta el procesamiento, la distribución y la venta de estas,

se puede trazar la información hacia adelante o a la inversa. Esto quiere decir que el fabricante puede rastrear a donde se han ido sus productos y de igual manera, los compradores tienen la capacidad de conocer de dónde vienen los productos.

Lo anterior ayuda al fabricante, a tener toda información específica disponible, en caso de que se requiera una investigación, por ejemplo, por una sospecha de un problema de calidad, además, facilita el retiro de los productos sospechosos de contener una no conformidad. Los compradores también se ven beneficiados, ya que pueden utilizar la trazabilidad como referencia, para elegir productos de acuerdo con la confiabilidad.

Figura 8 Trazabilidad en cadena.



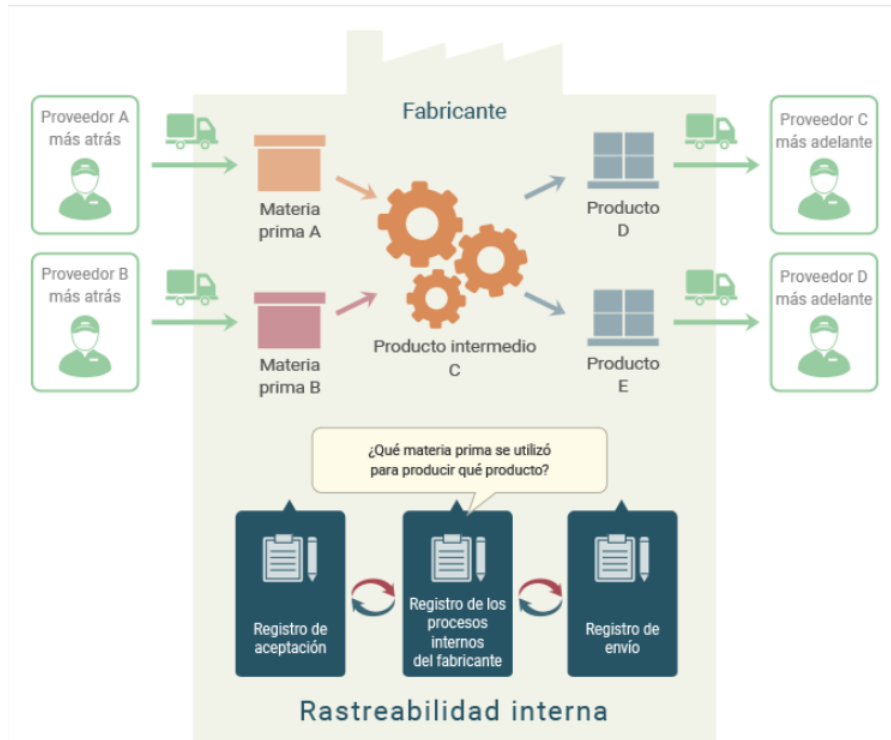
Fuente: Principios de trazabilidad, Keyence, 2020.

### 2.2.5.2 Trazabilidad interna

La trazabilidad interna se encarga de rastrear el movimiento y procesamiento de piezas y productos dentro de un área o proceso de fabricación determinado, esto quiere decir, dentro de una sola empresa o planta. Por ejemplo, la producción de llantas obtiene de sus proveedores diferentes materias primas, tales como pigmentos, hules sintéticos, hules naturales, textiles, alambres de acero, etc. La gestión de la información, que contiene el historial de fabricación, los resultados de inspección final y el almacenamiento

para la posterior distribución del producto terminado, también se puede considerar como trazabilidad interna.

Figura 9 Trazabilidad interna.



Fuente: Principios de trazabilidad, Keyence, 2020.

### 2.2.5.3 Trazabilidad en procesos de fabricación

Tiene que ver con recopilación, almacenamiento y gestión de información sobre lo que se ha realizado en un proceso de fabricación determinado, esto desde la aprobación de uso de las materias primas, hasta el despacho de los productos al cliente. La información básica que se suele utilizar en la trazabilidad de los procesos de fabricación, es que a cada producto interno o lote se le asigna un número de identificación, que generalmente lleva ligado un código de barras, al cual se le va vinculando información relacionada con los detalles de cada tarea o proceso. El uso de esta información es de suma importancia en la mejora continua de la eficiencia y calidad de la producción del producto.

Figura 10 Trazabilidad en los procesos de fabricación.



Fuente: Principios de trazabilidad, Keyence, 2020.

#### 2.2.5.4 Importancia de la trazabilidad

El uso de la trazabilidad es de suma importancia, ya que en caso de que se genere un problema de calidad con el producto, el fabricante de este debe gestionar diferentes tipos de contramedidas eficaces al momento de detectar la sospecha del modo de falla. Una respuesta rápida y eficaz por parte del fabricante genera una imagen de confianza frente al cliente creará una sensación de respaldo entre los consumidores o comerciantes; en el caso de que suceda lo contrario y dependiendo de la gravedad de la no conformidad se podría llegar hasta poner en peligro la existencia de la compañía.

La trazabilidad ha sido promovida durante mucho tiempo en la industria automotriz, se utiliza de manera amplia para evitar problemas legales, minimizar los daños y extraer o mejorar los retos administrativos, así como asegurar la gestión de la calidad. Sin embargo, es una tarea ampliamente complicada verificar los datos de fabricación a través de la disposición de todos los componentes que en ocasiones suman varias decenas de miles. Con el pasar de los años la importancia de la trazabilidad ha

ido en aumento, a la vez que los costos y la competencia en los tiempos de entrega se han intensificado.

Dicho lo anterior, existe la necesidad de crear sistemas de información que contengan el historial con una perspectiva global del producto y que cubran tanto los procesos internos como los externos de la fabricación y distribución de determinado producto, además, en ocasiones esto es una obligación para poder cumplir con normas, leyes y reglamentos relativos a la trazabilidad, las cuales se han implementado a través para proteger al consumidor.

### **2.2.6 Sistemas de información**

Los sistemas de información se conforman por conjunto de elementos que interactúan entre sí con un fin u objetivo en común; estos se encargan de que la información esté disponible siempre para satisfacer las necesidades en una organización, en el campo de la ingeniería los sistemas de información son un pilar importante en la mejora continua; ya que, el mismo contiene y genera los datos necesarios para la toma de decisiones para determinado problema o proceso. Estos sistemas no siempre fueron administrados mediante equipo computacional, sin embargo, hoy en día es un recurso que se encuentra prácticamente globalizado.

En los sistemas de información interactúan el equipo computacional, el recurso humano, los datos, software, hardware, las telecomunicaciones y los procedimientos de políticas y reglas de operación; dentro del cual se efectúan 4 actividades básicas, estas son: la entrada de información, el almacenamiento de la información, el procesamiento de la información y la salida de la información.

Los sistemas de información mejoran la estructura competitiva del negocio, influyen en el medio ambiente de la organización , por ejemplo, a través de nuevos servicios a clientes, nuevos productos y mercados, adquisiciones de nuevos negocios y oportunidades de inversión. También influyen en el desarrollo del trabajo interno de la

organización, ya sea para aumentar la productividad o reducir los costos (Cohen, Asín y Abad, 2019, pág. 1).

### **2.2.6.1 Transferencia de información**

La transferencia de información encuentra su papel como una especialización dentro del ámbito de la Didáctica y de otras ciencias aplicadas de la Educación, refiriéndose especialmente al diseño, desarrollo y aplicación de recursos en procesos educativos, no únicamente en los procesos instructivos, sino también en aspectos relacionados con la Educación Social y otros campos educativos. Estos recursos se refieren, en general, especialmente a los recursos de carácter informático, audiovisual, tecnológicos, del tratamiento de la información y los que facilitan la comunicación” (En A. Bautista y C. Alba, 1997, pág. 2)

### **2.2.7 Diagrama de Pareto**

El diagrama o gráfico de Pareto, está basado en la ley del “80-20”, el cual asegura que pocos elementos (20%), generan la mayor parte del efecto (80%); dicho en otras palabras, si se enfoca en mejorar el 20% de las causas, se va a obtener el 80% de resultados positivos. El origen de este nombre fue determinado en honor al economista italiano Wilfredo Pareto (1843-1923). **(ver anexo #2)**

Gutiérrez y de la Vara (2013) proponen que el diagrama de Pareto es “un gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso” (pág. 136)

### **2.2.8 Inspección de calidad**

La inspección de calidad forma como primer pilar en la historia de la gestión de la calidad y se inicia para algunos autores en 1910 en la compañía automotriz mundialmente famosa Ford, en donde se utilizaban equipos de inspectores de calidad para comparar los productos de su cadena de producción con los estándares establecidos para cada proyecto. Esta metodología se amplió posteriormente, no solo para el producto final, sino para todo el proceso de proceso de producción y entrega.

Al inicio el propósito de la inspección era encontrar defectos en los productos y segregarlos para luego ser retrabajados o desechados, esto con el fin de que solo los productos de calidad aceptable, pudieran ser colocados en el mercado, sin embargo, esta filosofía ha venido cambiando, en donde al día de hoy, además de segregar producto, se generan contramedidas eficientes para erradicar estos fallos y preventivamente actuar bajo planes de implementación estructurados para minimizar cualquier tipo de no conformidad.

### **2.2.9 Estudio de tiempos y movimientos**

El estudio de tiempo y movimiento es una herramienta la cual sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación. El fin del estudio de tiempo y movimiento es evitar movimientos innecesarios que solo hacen que el tiempo de operación sea mayor.

Por lo que primeramente se necesita observar el proceso para identificar, cada una de las tareas que este requiere para completar un ciclo, luego se tener mapeado de forma detalla ese proceso, se calcula el tiempo estándar para cada una de las actividades. El propósito final es obtener un promedio de tiempo que indique cuando dura un ciclo del proceso en operaciones normales. El cálculo del tiempo estándar es una serie de pasos matemáticos que toma datos de un muestreo e integra elementos como ritmo de trabajo, suplementos y frecuencias. **(Ver Anexo #9)**

### **2.2.10 Diagrama de Causa – Efecto (Ishikawa)**

Conocido como diagrama de espina de pescado, esta herramienta gráfica de intercambio de ideas puede ayudar a organizar e investigar las posibles causas de un determinado problema. En un diagrama de causa y efecto, el problema se identifica en el extremo derecho, mientras que las causas se organizan en categorías principales. Para aplicaciones de fabricación, las categorías pueden incluir el recurso humano, máquinas, materiales, métodos, mediciones y medio ambiente. **(Ver Anexo #3)**

Carro y González (2012) aseguran sobre el diagrama causa y efecto que “su propósito es proveer una vista gráfica de una lista en donde se pueden identificar y organizar posibles causas a problemas para asegurar el éxito dentro de un proyecto”

### **2.2.11 Análisis de los 5 porque**

La técnica de los cinco Porqué es un método basado sistemáticamente en realizar preguntas en una fase de análisis para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular, dicho en otras palabras, para lograr llegar a la causa raíz de un problema planteado. Durante esta fase, se puede llegar a un problema, al identificar muchas respuestas al problema, por lo que se debe ir respondiendo, de lo más general a lo más específico, y se debe detener el análisis, cuando no existan más respuestas; generalmente en la última pregunta respondida se encuentra el elemento a mejorar.

Esta técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota Production System (TPS). Esta técnica se usa actualmente en muchos ámbitos, y también se utiliza dentro de Seis Sigma.

### **2.2.12 Análisis de sistema de medición (MSA)**

El MSA por sus siglas en inglés (Measurement System Analysis) es una metodología que tiene como finalidad averiguar el nivel de calidad de los datos de las mediciones, y de asegurar unas prácticas y procedimientos que maximicen ésta. Por calidad entendemos el grado de acercamiento del valor obtenido a través de la medición (la medida), del valor real del objeto bajo medición. A mayor cercanía, mayor calidad, y viceversa.

Esta herramienta contribuye a identificar el papel de los instrumentos en su uso para determinar la aceptación y rechazo de un producto en base a la medición de características identificadas como críticas para la calidad del producto (Critical to

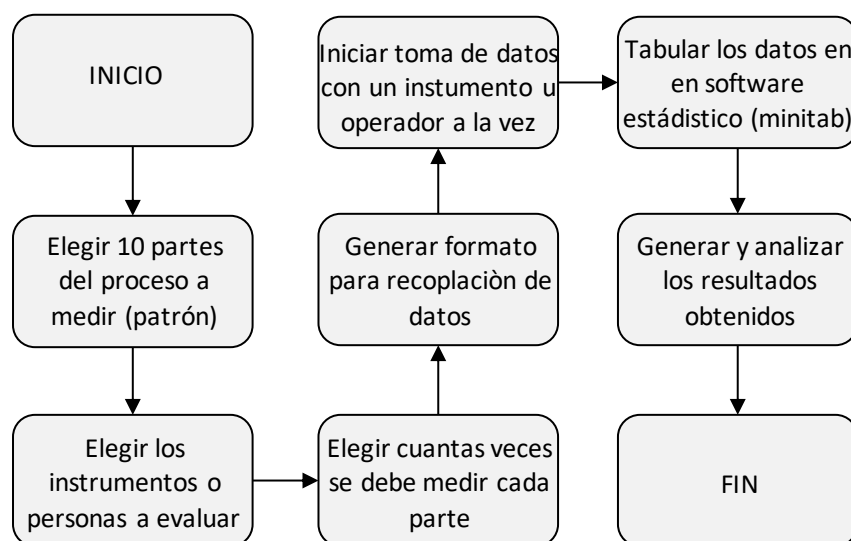
Quality). Conocer la variación con la que contribuyen medios utilizados para medir, ayuda en cualquier empresa a reducir el efecto negativo de aceptar como bueno un producto que realmente está fuera de especificaciones o determinar que no es aceptable un producto que sí está dentro de especificaciones y tolerancias. Sugiere por el efecto adverso a los costos de producción la necesidad de conocer en todo momento la variación generada por los instrumentos. Para ello la herramienta MSA con los 5 estudios (Sesgo, Linealidad, Estabilidad, Repetibilidad y Reproducibilidad) permiten monitorear la variación generada por los instrumentos y con ello controlar esta variación en la determinación de la aceptabilidad de productos en cualquier fabricante que finca en sus instrumentos la decisión final de su aceptabilidad o rechazo como producto final. (Sánchez, 2018, pág. 31)

En cualquier proceso existe la variación, las causas de esta se pueden encontrar en todas las diferentes entradas de un proceso desde los materiales hasta las diferencias entre los empleados. Sin embargo, es posible que la variación en el proceso de medición forma una parte significativa de la variación total o que es la causa de la interrupción. Hay varios tipos de variabilidad:

Precisión: tiene que ver con la repetibilidad de un instrumento de medición o bien, un operador; indica que el sistema de medición arroja el mismo resultado cuando el mismo producto se mide varias veces por el mismo miembro del personal o instrumento. También está la reproducibilidad, que quiere probar que un sistema de medición da los mismos resultados cuando dos o tres personas miden el mismo producto varias veces.

Exactitud: se refiere a la cercanía que los resultados medidos tienen con respecto al valor de referencia, denominada valor real o patrón. La linealidad es exactitud en todo el rango de medición del operador o medidor y la estabilidad es la exactitud en el tiempo. A continuación, en la Figura número 11, se muestra un diagrama de los pasos a seguir para la realización de un MSA.

Figura 11 Pasos para realización de un estudio de MSA



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 2.2.13 Poka-Yoke

El termino de poka-yoke, fue establecido por el ingeniero japonés Shigeo Shingo, el cual desarrolló sistemáticamente una técnica enfocada en lograr la fabricación de unidades con cero defectos y hacer más prácticos y rápidos los procesos de inspección de calidad. Esta técnica está dirigida básicamente al error humano, o bien en ocasiones en donde exista un sistema de medición con mucha incertidumbre. La fabricación de una plantilla de poka-yoke es un elemento de prueba y error. **(ver anexo #4)**

Según Val y Valtueña (2007) “el poka-yoke pretende evitar la posibilidad de que aparezcan errores, haciendo que no sea necesaria tal atención por parte del operario, de manera que a una pequeña distracción no exista la posibilidad de hacerlo mal” (pág. 122)

### 2.2.14 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta que se utiliza para la planificación de proyectos, ayuda a programar tareas a lo largo de un período determinado de tiempo ya una cómoda visualización de las estas, además, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto, el mismo reproduce gráficamente

las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto y la fecha de finalización prevista.

El diagrama de Gantt se convierte en el plan general del proyecto y conforme avanza el proyecto, periódicamente, estos diagramas se actualizan y se distribuyen a todos los participantes del proyecto; sobre el diagrama se traza una línea vertical, que corresponde a la fecha del informe de estado, se puede comparar el progreso de la actividad con la fecha del estado, estos informes de estado permiten a las personas involucradas observar el avance de las actividades del proyecto, identificar áreas problema o cuellos de botella y desarrollar acciones correctivas para poner el proyecto otra vez en dirección al objetivo. **(Ver Anexo#7)**

Los diagramas de Gantt pueden ser utilizados muy apropiadamente en la planificación de la ejecución de actividades previas para el desarrollo de proyectos. En este sentido, se debe hacer primero, una lista de todas las actividades a considerar para el proyecto; calcular los tiempos de ejecución y secuencia, luego estimar los costos asociados y los tiempos totales hasta la puesta en marcha. Todas estas actividades se plantean en un calendario o cronograma de ejecución usando los diagramas de barras. (Terrazas, 2011, pág. 11)

### **2.2.15 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)**

Este método se le conoce como AMEF (análisis de modo y efecto de falla), lo conforman un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar posibles fallos o errores de determinado proceso, además de los efectos que puede causar en el mismo o en el producto final, se realiza con el fin de priorizar estos posibles fallos mediante un NPR (número prioritario de riesgo), el cual sale de la multiplicación de un puntaje que se le asigna a tres variables, las cuales son severidad, ocurrencia y detección. **(Ver Anexo#11)**

Severidad: tiene que ver con la gravedad del efecto del fallo en el producto final, dicho en otras palabras, el grado de disconformidad que este fallo puede causar en el cliente final, para estimar el grado de severidad se utiliza una escala del 1 al 10, siendo el 10 el grado más severo y el 1 el grado menos severo. **(Ver Anexo#10)**

Ocurrencia: tiene que ver con estimar la posibilidad de que ocurra alguna de las causas potenciales de falla, esto se realiza con una escala del 1 al 10; siendo 10 el puntaje a las causas que más ocurren y el 1 las causas que menos ocurren en el proceso. **(Ver Anexo#12)**

Detección: se encarga de estimar, el grado que existe en el proceso para detectar las causas potenciales de modo de falla; se realiza con una escala del 1 al 10; siendo 10 el número asignado a las causas casi imposibles de detectar y 1 a las causas casi seguras de detectar. **(Ver Anexo#13)**

La metodología del análisis de modo de falla y efecto (AMEF, FMEA, Failure Mode and Effects Analysis; en España también se le conoce como análisis modal de fallos y efectos (AMFE)), permite identificar las fallas potenciales de un producto o proceso, y a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para aquella que vulneren más la confiabilidad del producto o proceso será necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas. (Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2013), pág. 382)

### **2.2.16 Metodología de las 5's**

La metodología de las 5s se creó en Toyota, en los años 60, se encarga de integrar una serie de actividades las cuales se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia; estas condiciones se crean reforzando los buenos hábitos dentro de la cultura organizacional, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo. Las 5s son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen la metodología:

Seiri (organizar): Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en descartar éstos últimos.

Seiton (ordenar): Establece el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales

necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos, generalmente se realiza con la demarcación de las áreas donde indica que debe ir en cada una de ellas.

Seiso (limpiar): Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.

Seiketsu (controlar): Distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

## **2.2.17 Criterios de decisión**

### **2.2.17.1 Valor Actual Neto (VAN)**

El método del valor presente neto es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados, consiste en determinar la equivalencia en el tiempo inicial de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Muestra los beneficios netos generados por el proyecto durante su vida útil después de cubrir la inversión inicial y obtenido la ganancia requerida para la inversión. Se calcula con una fórmula que contiene los elementos mencionados. **(Ver Anexo#14)**

### **2.2.17.2 Período de Recuperación de la Inversión (PRI)**

Este criterio de decisión dice que la inversión en un proyecto deberá ser recuperada al cabo de T periodos (años, meses, días). El valor que se fije para T es arbitrario y depende exclusivamente de las características de cada proyecto y de cada inversor en particular. **(Ver Anexo#16)**

### **2.2.17.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es una técnica matemática derivada del VAN, la cual evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento, mediante la cual la totalidad de los flujos de caja netos (positivos y/o negativos) y actualizados a valor presente son exactamente iguales a la

inversión inicial (negativa), esto quiere decir que la tasa TIR es aquella tasa que hace que el VAN sea cero. Se define matemáticamente con una fórmula matemática. (**Ver Anexo#15**)

### **2.2.17.3 Tasa Interna de Retorno (ROI)**

El ROI es un indicador que permite medir el rendimiento que se ha obtenido por medio de una inversión, en donde, en cuanto mayor sea este indicador, mayores serán las ganancias obtenidas. De esta forma, se puede saber cuáles inversiones valen la pena y cómo optimizar aquellas que ya están funcionando para que tengan un rendimiento todavía mejor. Se calcula simplemente restándole al beneficio obtenido la inversión realizada, este resultado se debe multiplicar por 100, ya que se debe expresar en porcentaje.

### **2.2.17.4 Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR)**

Es un porcentaje que por lo regular determina la persona que va a invertir en un proyecto; esta tasa se usa como referencia para determinar si el proyecto le puede generar ganancias o no. Si un proyecto no tiene una tasa de rendimiento superior a la TMAR, no será aprobado por el inversor; en otras palabras, es la tasa mínima de rendimiento que se espera de la inversión. Se puede afirmar que TMAR es el resultado de la tasa que la empresa paga por el capital, más el porcentaje que se aspira en Utilidad Mínima Aceptable generada por el nuevo proyecto o inversión.

### **2.2.18 Prueba de chi cuadrado**

La prueba de independencia de chi cuadrado permite evaluar la relación que existe entre dos variables categóricas, determinado si existe una diferencia significativa entre ellas; sin embargo, no indica el grado o tipo de relación por medio de un porcentaje u otro valor numérico. Una prueba de independencia usa la pregunta de si la ocurrencia del evento X es independiente a la ocurrencia del evento Y; por lo que la hipótesis se plantea de la siguiente manera.

H0; La ocurrencia del evento X es independiente del evento Y.

H1; La ocurrencia del evento X no es independiente del evento Y.

El procedimiento para la elaboración de una prueba de independencia es el siguiente:

1. Obtener la frecuencia observada, proveniente de una encuesta, estudio o experimento.

2. Resumir los datos obtenidos, es decir, la frecuencia observada, en una tabla de contingencia.

3. Calcular la frecuencia esperada, con la mediante fórmula. **(Ver Anexo#16)**

4. Determinar el nivel de significancia, y los grados de libertad, mediante formula.

**(Ver Anexo#16)**

5. Plantear las hipótesis.

H0: independencia

H1: dependencia

6. Construir las áreas de aceptación y rechazo.

7. Calcular chi-Cuadrada, mediante fórmula. **(Ver Anexo#16)**

8. Tomar una decisión y emitir una conclusión en términos del problema.

## **2.3 EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

La gestión de la trazabilidad de producto, ha ido mejorando de forma acompasada con la disponibilidad de las herramientas tecnológicas, que permiten cumplir con los requerimientos de la trazabilidad, bien por la necesidad del cumplimiento de las normas legales, como de las acciones emprendidas por las compañías fabricantes, por su propia iniciativa de mejora continua de procesos y gestión industrial, con el presente proyecto se pretende analizar las diferentes herramientas existentes que ayuden al aseguramiento de la trazabilidad, beneficiando así, a la calidad de forma directa.

Esta necesidad puede partir de la exigencia de la misma corporación o por convencimiento de que el cumplimiento de las normas de calidad hoy en día se considera una ventaja competitiva, si bien es cierto como una inversión, ya que generalmente se busca extender las ideas de simplificar los modelos de gestión de la calidad a todos los departamentos de la empresa y generar la cultura de calidad total, que al final siempre va a garantizar la permanencia de la operación de la compañía y por la naturaleza de la mejora continua, beneficios económicos.

Crosby señala que la clave de la calidad es hacerlo bien a la primera vez, y que este principio, esta actitud hacia hacerlo bien, es la base del cambio hacia la calidad, es decir, que sea posible ofrecer un producto o servicio que cumpla con los requisitos del cliente. Por lo tanto, se debe construir un sistema de calidad para la prevención, cuyo estándar de desempeño sea cero defectos. (Gutiérrez, Calidad Total y Productividad, 2010, pág. 49).

Este proyecto, al trabajar la mejora de la disminución de la pérdida de la trazabilidad, busca una solución al problema mediante oportunidades de mejora, lo cual ayudará al departamento de calidad a tener bien identificados los productos sospechosos de tener una no conformidad y así no incurrir en gastos innecesarios, desechando producto incertidumbre. Al ser una empresa que se encuentra en constantes cambios y

en crecimiento, este proyecto también se encarga de mejorar la productividad del proceso de cambio de códigos de barras, la mejora de inventarios y brindar herramientas que permitan un proceso más eficiente que el utilizado en la actualidad

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES**

(Sosa, 2017), presentó su tesis para optar por el grado de maestría en producción, logística y cadena de suministro, llamada: propuesta de un sistema de trazabilidad de productos para la cadena de suministros alimentaria, si bien es cierto dicho estudio se enfoca en investigar e implementar un sistema de trazabilidad para la industria de la alimentación, la base del estudio tiene muchas similitudes con lo que se quiere realizar con el presente proyecto. Sosa define a la trazabilidad de la siguiente manera.

Es una herramienta preventiva en el aspecto de gestión de la calidad y seguridad, el cual un buen manejo de este sistema permite seguir/rastrear al productor original, a su vez rastrear a sus clientes y consumidores finales, asimismo, determinar el flujo del producto e información del mismo en cualquier paso de la cadena de suministro, para su posterior identificación de forma efectiva y la retirada cuando suceden incidencias con tal unidad logística, es decir, cuando violan las normas de calidad y seguridad alimentaria. También muchas de las definiciones hacen repercusión en este sistema en el contexto de que crea confianza, tranquilidad y fiabilidad al consumidor, así como ser rentable para las empresas en términos de mejora continua y reducción de riesgos de seguridad, permitiendo esto la retirada rápida y efectiva de los productos. (Sosa, 2017, pág. 71).

Según lo que indica Sosa en su proyecto, existen 8 requisitos mínimos para que un sistema de trazabilidad pueda desempeñarse correctamente, los cuales son: sistemas de información, relación entre los actores de la cadena de suministro, criterio para la agrupación de productos, establecimiento de registros y documentos necesarios,

sistema de codificación, herramientas de recopilación de información, proceso de manejo de registros y prácticas de almacenamiento. Además, señala que deben existir elementos o subsistemas para que la trazabilidad sea eficaz.

Un sistema de trazabilidad eficaz deberá estar compuesto por una serie de subsistemas o elementos que permitan su adecuado funcionamiento, para ello, los sistemas de identificación (códigos), los sistemas de captura de datos (obtener y registrar información), como por ejemplo: lectores de código de barras, sensores de temperatura y humedad, antenas RFID y otros, por último las herramientas de software especializado, dígame programas y sistemas informáticos que permitan la gestión correcta de los datos capturados, para su posterior administración. (Sosa, 2017, pág. 72).

## **CAPÍTULO III**

## **3. MARCO METODOLÓGICO.**

### **3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFICIÓN DEL PROBLEMA.**

#### **3.1.1 Etapa de definir**

Para esta etapa la primera actividad que se realizará para poder definir el problema de manera efectiva y con enfoque al cliente interno, es coordinar una entrevista con el gerente y el jefe del departamento de aseguramiento de calidad, con el fin de observar los datos de pérdida de información en la trazabilidad del producto final; lo anterior obedece a entender la relevancia que esto implica dentro del equipo de calidad con el fin de identificar de una manera más prioritaria un posible problema.

Seguidamente se realizará un gemba en todo el proceso que involucra el cambio de códigos de barras, desde el rechazo de la no conformidad con el fin de entender por qué se debe cambiar un CB y los diferentes criterios que utilizan los inspectores de calidad en la segregación, hasta el proceso como tal del cambio y transferencia de información, observando el método y herramientas utilizadas para realizar este; lo mencionado anteriormente se efectúa para entender mejor el proceso y familiarizarse con el mismo, para derivar un diagrama de flujo del proceso, favoreciendo también a la definición del problema.

Además de analizar el proceso, también se requiere generar información cualitativa en cuanto a las principales razones o causas por las cuales se pierde la información de un código de barras, ya que de esta información anteriormente no se llevaba ningún tipo de registro, por lo que con estos nuevos datos se pretende focalizar el problema para atacar las principales no conformidades por las cuales el CB va sin información de trazabilidad.

Por último, realizar entrevistas con todos los involucrados en el proceso, tales como: auditores de proceso, clasificadores máster, supervisores de inspección final, inspectores de calidad y el encargado de impresión de CB, esto con el fin de recopilar más información sobre la pérdida de información y los diferentes puntos de vista que el con los encargados de generar las entradas y las salidas del proceso en estudio.

*Tabla 1 Actividades a realizar en la etapa de definir*

ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ETAPA DE DEFINIR			
ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	RESPONSABLE	RANGO DE FECHA
Identificación de problema actual	Entrevista con jefe y gerente de aseguramiento de calidad, revisión de datos de pérdida de información de trazabilidad	Jason Morera, Jefe y Gerente de aseguramiento a la calidad	Del 12 al 30 de Octubre 2020
Conocimiento de proceso	Gemba en el proceso de cambio de CB	Jason Morera	
Descripción detallada de proceso	Diagrama de flujo de proceso		
Delimitación de principales causas	Gráfico de pareto		
Definición de posibles variables	Entrevista y lluvia de ideas con los principales involucrados en el proceso		

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

## **3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.**

### **3.2.1. Etapa de Medir**

En la presente etapa se cuantificará el porcentaje de pérdida de trazabilidad con base a los códigos de barras reemplazados y sus respectivas no conformidades, lo cual permitirá observar de manera gráfica la problemática establecida, además de obtener un panorama más claro de la reducción que se pretende obtener con las recomendaciones generadas del presente proyecto y de enfocar el mismo sobre las causas más relevantes.

Al observar específicamente el proceso de cambio de código de barras y transferencia de información y debido a los comentarios generados por los encargados de dicho proceso, en relación en cuanto tiempo les toma realizar con cambio CB no conforme, se realizará un estudio de tiempos y movimientos para identificar el tiempo normal y tiempo estándar del proceso actual, ya que el mismo no existe en ningún registro o practica estándar actualmente dentro de la empresa, por lo que complica su control y por ende su mejora.

Se debe realizar un gemba en el proceso de inspección para intercambiar ideas con los inspectores de calidad, para identificar los diferentes tipos de criterios en cuanto a cuando debe ser rechazado un código de barras para su respectivo reemplazo; por lo que se tienen que medir la cantidad de las llantas que son rechazadas para cambiar el CB, pero que según la práctica estándar corporativa pasan el filtro de calidad como primera. Esto con el fin de verificar si se pueden estar realizando retrabajos innecesarios dentro del proceso y que a su vez genere pérdida de información de trazabilidad. Adicional a esto, se miden los dos softwares de transferencia de información actuales, tomando una muestra de 50 códigos de barras, realizando aleatoriamente el cambio con cada uno de ellos para valorar la efectividad de la transferencia de información.

Con base a la medición anterior, se identificará necesidad de analizar el sistema de medición, que en el presente caso tiene que ver con el criterio de decisión de los inspectores de calidad, ya que son los que tienen que identificar si un CB pasa o no pasa, por lo que, se empieza con la toma de datos para la realización de un estudio MSA para

evaluar el criterio de calidad actual con respecto a la práctica estándar corporativa. Los datos obtenidos de la medición se ingresan en la herramienta estadística de minitab para posteriormente analizar los resultados del estudio.

*Tabla 2 Actividades a realizar en la etapa de medir*

ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ETAPA DE MEDIR			
ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	RESPONSABLE	RANGO DE FECHA
Cuantificación de porcentaje de pérdida de trazabilidad	Gráfico de tendencia	Jason Morera	Del 01 al 20 de Noviembre 2020
Cuantificación de principales causas de pérdida de trazabilidad	Gráfico de pareto		
Toma de tiempos de proceso de cambio de CB	Estudio de tiempos y movimientos		
Cuantificación de llantas rechazadas pero con código conforme	Gráfico de tendencia		
Probar si el sistema de medición (criterio de inspectores de calidad) es confiable	MSA aplicado con minitab		
Comparación de efectividad de ambas formas de transferir información	Muestreo probabilístico		

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.**

#### **3.3.1. Etapa de Analizar**

Siguiendo con la metodología DMAIC, la presente etapa se encargará de analizar los resultados obtenidos en la etapa de medición, en donde mediante la observación de los datos cuantitativos arrojados se analiza en gráfico Pareto de las principales causas de pérdida de información de trazabilidad y se toma como línea base para la obtención de la ruta crítica para dirigir de manera efectiva los esfuerzos de contramedidas.

Adicional a esto, y dado que no se puede afirmar que la pérdida de información se debe solo al error humano o que simplemente se omite; se realizará una prueba de chi cuadrado para evaluar los dos tipos de software utilizados para realizar la transferencia de información de los códigos de barras, esto con el fin de probar si existe diferencia en la efectividad de cada uno de ellos, para analizar si es una variable importante para tomar en cuenta.

Seguidamente se mediante un diagrama de causa y efecto, más conocido como diagrama de Ishikawa, se analizarán todas las posibles variables que pueden estar causando el problema planteado, para luego tomar las tres más significativas según los datos obtenidos, por último se utilizará la herramienta del análisis los 5 porqués, para evaluar estas tres variables con el objetivo de poder identificar la causa raíz de cada una de ellas y así favorecer a la generación de las posibles soluciones en la siguiente etapa.

*Tabla 3 Actividades a realizar en la etapa de analizar*

ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ETAPA DE ANALIZAR			
ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	RESPONSABLE	RANGO DE FECHA
Determinar si ambas formas de transferencia de información son confiables	Distribución de chi cuadrado	Jason Morera	Del 21 al 24 de Noviembre 2020
Determinación de las principales variables que afectan al problema	Diagrama Ishikawa		
Determinación de las causas raíz de las principales variables que afectan al problema	Análisis de los 5 porqués		

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

### 3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

#### 3.4.1. Etapa de Implementar.

En esta etapa del proyecto se implementan las soluciones propuestas para cada una de las variables anteriormente expuestas en la etapa de análisis, esto se realiza haciendo enfoque en las diferentes causas raíz identificadas, generando contramedidas eficientes que ataquen directamente a las mismas y que, sobre todo, se mantengan durante el tiempo para que su control sea de igual manera más eficiente.

*Tabla 4 Actividades a realizar en la etapa de implementar*

ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ETAPA DE IMPLEMENTAR			
ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	RESPONSABLE	RANGO DE FECHA
Rediseño del proceso de cambio de códigos de barras	Máquina impresora de CB y aplicación en sistema AS400	Jason Morera, Jefe de TI	Del 25 de Noviembre al 08 de Diciembre 2020
Estandarización del nuevo proceso	Diagrama de flujo del proceso propuesto, estudio de tiempos y movimientos	Jason Morera	
Integración del nuevo estándar del proceso	Sistema interno OTRS (sistema interno para estándares)	Jason Morera, Ing de mejora continua	
Entrenamiento del personal de aseguramiento a la calidad	Reunión y hojas de firmas	Jason Morera	
Plan de muestreo de materias primas para CB	Pruebas del Lab. Químico	Jason Morera, Supervisor Lab. Químico	
Diseño de herramienta para apoyar criterio de inspectores de calidad	Poka Yoke	Jason Morera, Matricero, Técnico de calibración	
Entrenamiento del personal de Inspección Final	Reunión y hojas de firmas	Jason Morera, Jefe de Inspección Final	

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

## 3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.

### 3.5.1. Etapa de Control.

Esta es la última etapa del proceso DMAIC, y es donde se realizará la verificación de los datos después de las mejoras propuestas anteriormente con el fin de garantizar el cumplimiento de las contramedidas planteadas. Es de suma importancia establecer las herramientas necesarias para que la mejora se mantenga durante el tiempo.

*Tabla 5 Actividades a realizar en la etapa de controlar*

ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ETAPA DE CONTROLAR			
ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	RESPONSABLE	RANGO DE FECHA
Control del correcto funcionamiento del nuevo sistema de cambio de CB	Auditorías Internas de calidad	Jefe de aseguramiento de calidad, auditores de calidad	Frecuencia, cada 2 semanas
Funcionamiento del nuevo Software	Registro de todos los CB de impresos, Justificación de más de una copia	Jefe de aseguramiento de calidad, auditores de calidad	Frecuencia, cada 2 semanas
Mantenimiento del Hardware	Mantenimiento preventivo	Jefe de TI, Técnicos de infraestructura TI	Frecuencia, cada mes
Buenas prácticas de manufactura	Reuniones de refrescamiento por parte de desarrollo organizacional	Jefe de RRHH, Entrenadores	Frecuencia, cada año
Muestreo de Materia Prima	Pruebas de vulcanizado de tinta	Supervisor Lab. Químico, Técnicos de Lab Químico	Frecuencia, con cada lote nuevo
Uso del Poka - Yoke	Monitoreos del método de inspección	Jefe de Inspección Final, Grupo de ingenieros de Inspección Final	Todos los días
Identificación de posibles modos de falla	AMEF	Jason Morera, jefe de aseguramiento a la calidad	Revisión, cada año

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

## **CAPÍTULO IV**

## **4. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Cada llanta producida en Bridgestone de Costa Rica integra un código de barras único, el cual contiene toda la información histórica empleada para su construcción; esto implica, las materias primas utilizadas para mezclado del hule, la preparación de materiales, el armado de la llanta, la vulcanización, la inspección y el almacenamiento de esta. Cada uno de estos procesos cuenta con ingreso de información de trazabilidad, ya sea de forma manual o automática, los mismos serán detallados brevemente más adelante en el presente capítulo de este documento.

La permanencia de la información recopilada durante todo el proceso de producción es un requisito corporativo en cuanto el aseguramiento a la calidad, por lo que es de suma importancia minimizar la pérdida de esta, además, esto genera complicaciones e incertidumbre al momento de realizar retenciones de inventario por sospecha de alguna no conformidad, incurriendo en costos no previstos por la empresa. La pérdida de información de trazabilidad también aumenta el error en los datos de los cierres de inventario.

El código de barras es colocado en la llanta armada y posteriormente se escanea para integrar toda la información de los materiales utilizados para su construcción, seguidamente pasa el departamento de vulcanización; para después pasar al departamento de inspección final, esta área es la más crítica a la hora de analizar el problema, ya que ahí es donde se manipulan los códigos de barras no conformes y donde ocurren las principales causas de pérdida de trazabilidad.

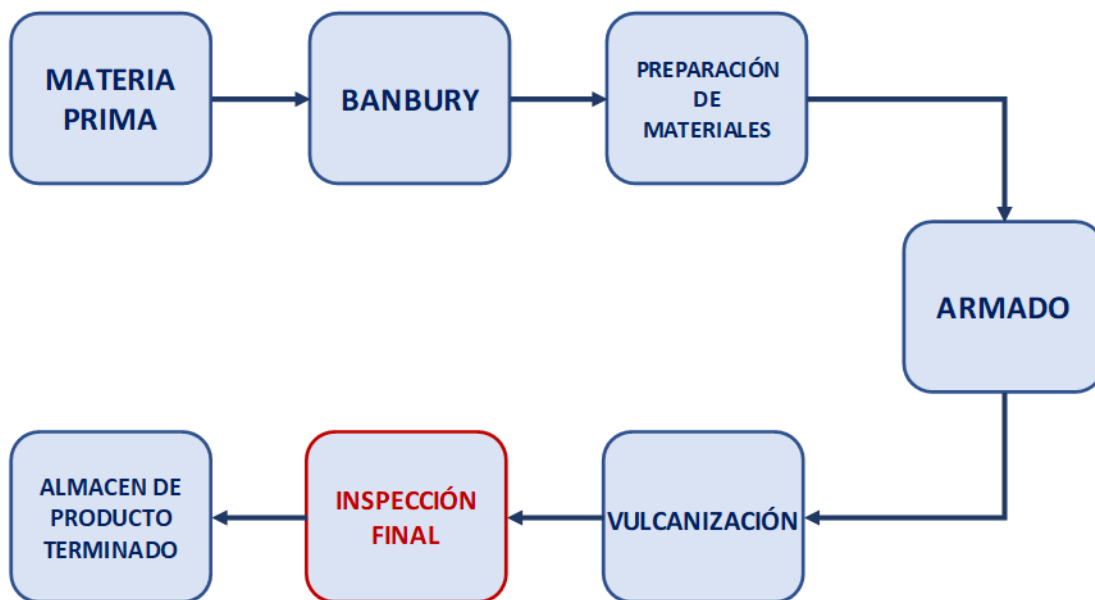
Este proyecto busca favorecer a la permanencia de la información de trazabilidad asignada a cada código de barras de cada llanta producida, midiendo y analizando las variables más significativas que puedan estar impactando al problema, con el fin de implementar de una manera sistemática las mejoras propuestas para que estas se puedan mantener con el pasar del tiempo.

## 4.2 MAPEO GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El desarrollo del proyecto se ubica en el área de inspección final, este departamento es el último filtro de calidad, antes de que el producto tal y como se conoce en funcionamiento, ingrese al almacén de producto terminado, para posteriormente ser enviado al cliente. Sin embargo, es importante realizar una reseña de cada uno de los procesos involucrados en cuanto a trazabilidad para favorecer a la comprensión del contexto del proyecto.

En la figura 12 se presenta un mapeo general del proceso, posteriormente el detalle de cada uno de los procesos relacionados con la trazabilidad.

Figura 12 Mapeo General de proceso de producción.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### **4.2.1 Materia prima**

En el almacén de materia prima ingresan todos los materiales necesarios para la fabricación de hules y componentes de la llanta provenientes de los diferentes proveedores certificados por la corporación, tales como: aceites, hules naturales, hules sintéticos, pigmentos, textiles, alambres de acero, etc. Cada uno de estos materiales es ingresado al sistema de información de trazabilidad por medio de la asignación de un número embarque que se puede utilizar posteriormente de ser aprobado por el laboratorio químico. Se utiliza una etiqueta que contiene la información de materia prima y su respectivo código de barras.

#### **4.2.2 Banbury**

Este departamento se encarga del mezclado de hule, utilizando materias primas como hules naturales, hules sintéticos, pigmentos y aceites para fabricar el hule máster o hule base, para posteriormente ser repasado varias veces hasta llegar a la etapa de hule final, que es el hule que se utilizará en el proceso de producción una vez aprobado por el laboratorio de calidad. Para cada una de las etapas de los hules se deben ingresar al sistema de información de trazabilidad todos los materiales requeridos para su fabricación; en este momento se tiene información de materias primas y hules. Se utiliza una tarjeta de identificación que contiene la información del lote de producción, código del hule, fecha y hora de producción, operador y máquina en donde fue producido.

#### **4.2.3 Preparación de materiales**

Lo conforman los diferentes procesos encargados de la fabricación de los componentes para la construcción de la llanta verde, tales como: bandas de rodamiento, capas de estabilizadoras de acero, textiles con hule, aros de alambre de acero, etc. Para cada uno de los diferentes materiales producidos se deben ingresar al sistema de información de trazabilidad todos los materiales y hules requeridos para su fabricación, en este punto se tiene información de materias primas, hules y diferentes materiales. Se utiliza una tarjeta de identificación que contiene la información del lote de producción,

código de material, fecha y hora de producción, operador y máquina en donde fue producido.

#### **4.2.4 Armado**

En este proceso se utilizan máquinas armadoras semiautomatizadas para la construcción de la llanta verde, en donde se toman los materiales fabricados en los procesos anteriores para conformar un solo producto, al cual se le asigna un código de barras físico que contiene la información detallada de cada uno de los materiales utilizados; además del código de llanta verde, fecha y hora de producción, operador y máquina donde fue armada.

#### **4.2.5 Vulcanización**

Es el proceso mediante el cual se le aplica temperatura durante un período establecido previamente, a las llantas verdes con el propósito de obtener un producto final denominado llanta vulcanizada, que es la llanta tal y como se le conoce en funcionamiento, esta llanta mantiene el código de barras físico colocado previamente en el departamento de armado, añadiendo a la información ya establecida, la fecha y hora de vulcanización, operador y máquina vulcanizadora en donde se curó.

#### **4.2.6 Inspección final**

En el departamento de inspección final se inspeccionan visualmente una a una cada llanta proveniente del departamento de vulcanización, esto con el fin de detectar no conformidades que deben ser segregadas para su posterior disposición. Este es el proceso más crítico y en donde se va a enfocar el presente proyecto, ya que ahí es donde se manipula el código físico que contiene toda la información histórica de la construcción de la llanta. Aquí se agrega a la información de código de barras la fecha y hora de inspección, operador e información de rechazo o aceptación.

#### **4.2.7 Almacén de producto terminado**

Las llantas ingresan al almacén de producto terminado mediante la lectura automática del código de barras físico que contiene cada llanta, esto se realiza por medio de cámaras de luz laser, por lo que es de suma importancia que este código sea completamente legible, no esté borroso y tenga la correcta colocación establecida en la práctica estándar corporativa. En este punto a la información del código de barras se le agrega la fecha y la hora de ingreso a la bodega de producto terminado.

### **4.3 MAPEO DEL PROCESO DE CAMBIO DE CÓDIGO DE BARRAS**

El proceso a evaluar, involucra a 2 puestos dentro del área de inspección final, siendo estos: el inspector de calidad, que detecta la no conformidad de la llanta y el pulidor manual, que se encarga de eliminar el código no conforme, mientras que, involucra 1 puesto aseguramiento de calidad, el clasificador, que es el que tiene el criterio final para las no conformidades detectadas y en el caso de la no conformidad de códigos se encarga de realizar la transferencia de información.

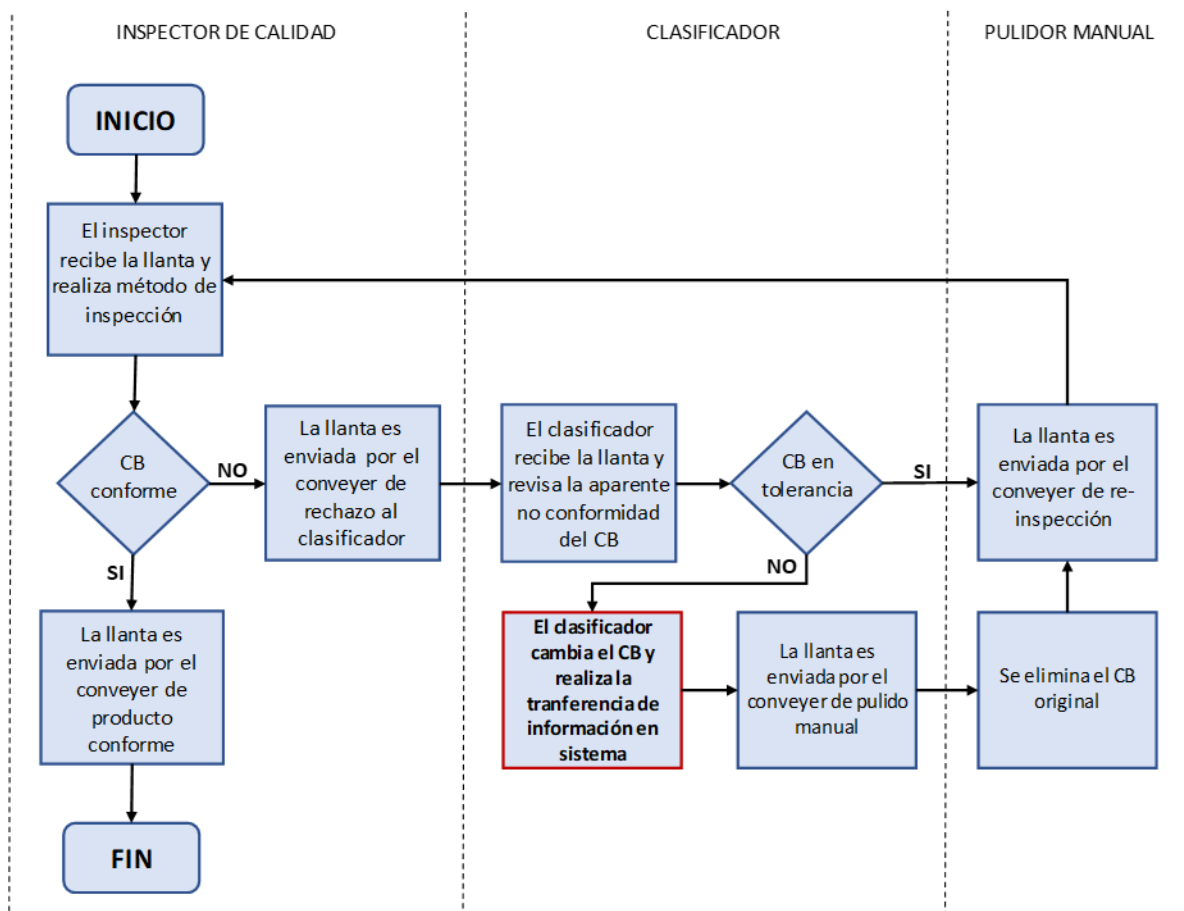
El inspector de calidad toma la llanta proveniente del departamento de vulcanización, y realiza un método de inspección establecido para detectar las diferentes no conformidades, según el criterio del inspector la llanta es aceptada como primera o bien se rechaza marcando con una tiza la no conformidad y depositando la misma en un conveyer, que transporta la llanta hacia el clasificador máster de calidad que tomará la próxima decisión.

El clasificador master toma cada llanta rechazada y revisa la no conformidad identificada por el inspector de calidad, en este proceso de debe tomar la decisión si la llanta, se puede retrabajar, pulir o bien se desecha; en el caso de los códigos de barras no conformes, se debe colocar una nueva etiqueta de CB y realizar la transferencia de información del código de barras viejo al código de barras nuevo, seguidamente la llanta es depositada en un conveyer, que la transportará hacia el pulidor manual.

El pulidor manual toma la llanta y elimina el código de barras original colocado en el departamento de armado, quedando solamente el código de barras nuevo colocado por el clasificador máster, seguidamente coloca la llanta en un conveyer que dirige a misma a una banda de re inspección.

Lo anterior, se encuentra de una manera más específica en el diagrama de flujo del proceso, representado en la figura número 13, a continuación. En donde se especifica el responsable de realizar cada una de las actividades o tareas.

Figura 13 Diagrama de flujo del proceso de cambio de código de barras.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 4.4 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE TRAZABILIDAD Y CÓDIGOS DE BARRAS

### 4.4.1 Código de barras

Según la práctica estándar corporativa PE-BI0051, se define al código de barras como: una etiqueta de papel con barras y espacios que pueden ser leídos por máquinas lectoras laser, además de contener información alfanumérica que puede ser leída por personas, este código al ser leído de cualquiera de las dos formas anteriormente expuestas, debe de trazar en sistema, toda la información de la construcción de la llanta; esto quiere decir que se puede tener información sobre que materiales se utilizaron y donde se construyó la misma, así como, quien, como, cuando la realizó.

Actualmente el proceso en estudio, cuenta con dos tipos de códigos de barras, ambos con un serial de 7 valores, los mismos están regulados corporativamente en la PE-BI0052, el primero es del tipo de ancho de 8mm y está hecho para soportar altas temperaturas, ya que estos son colocados en el departamento de armado y luego pasan a las vulcanizadoras para que la llanta en verde reciba el ciclo de curado, el segundo es del tipo de ancho de 6mm y no soporta altas temperaturas, estos son usados para reemplazo en inspección final en caso de que el del primer tipo se encuentre no conforme, a continuación en la figura número 14, se muestran ambos códigos de barra.

Figura 14 Tipos de códigos de barras.



Fuente: Departamento de impresión, Bridgestone CR, 2020.

#### 4.4.2 Sistema de trazabilidad PCS

La trazabilidad actúa sobre los procedimientos internos de la empresa y tiene en cuenta la composición del producto, su manipulación, las máquinas empleadas y otros factores, la intención es desarrollar la facultad de repasar la trayectoria y el camino seguido por cada llanta, algo que permite conocer de dónde vienen sus componentes, cuáles son los tratamientos que se le aplican y cómo se concreta la distribución, esto posibilita a su vez, mejorar la calidad del producto y aumentar el valor para el consumidor final.

Actualmente para la trazabilidad interna se utilizan dos sistemas, PCS y AS400, la trazabilidad del producto final, se ingresa con el código de barras en el departamento de armado, en donde el operador ingresa los materiales requeridos según la especificación de cada producto, estos materiales a su vez, también tienen trazabilidad desde los componentes más básicos que se utilizaron para su creación; en la figura número 15, se muestra cómo se refleja la trazabilidad del código de barras en el sistema de PCS.

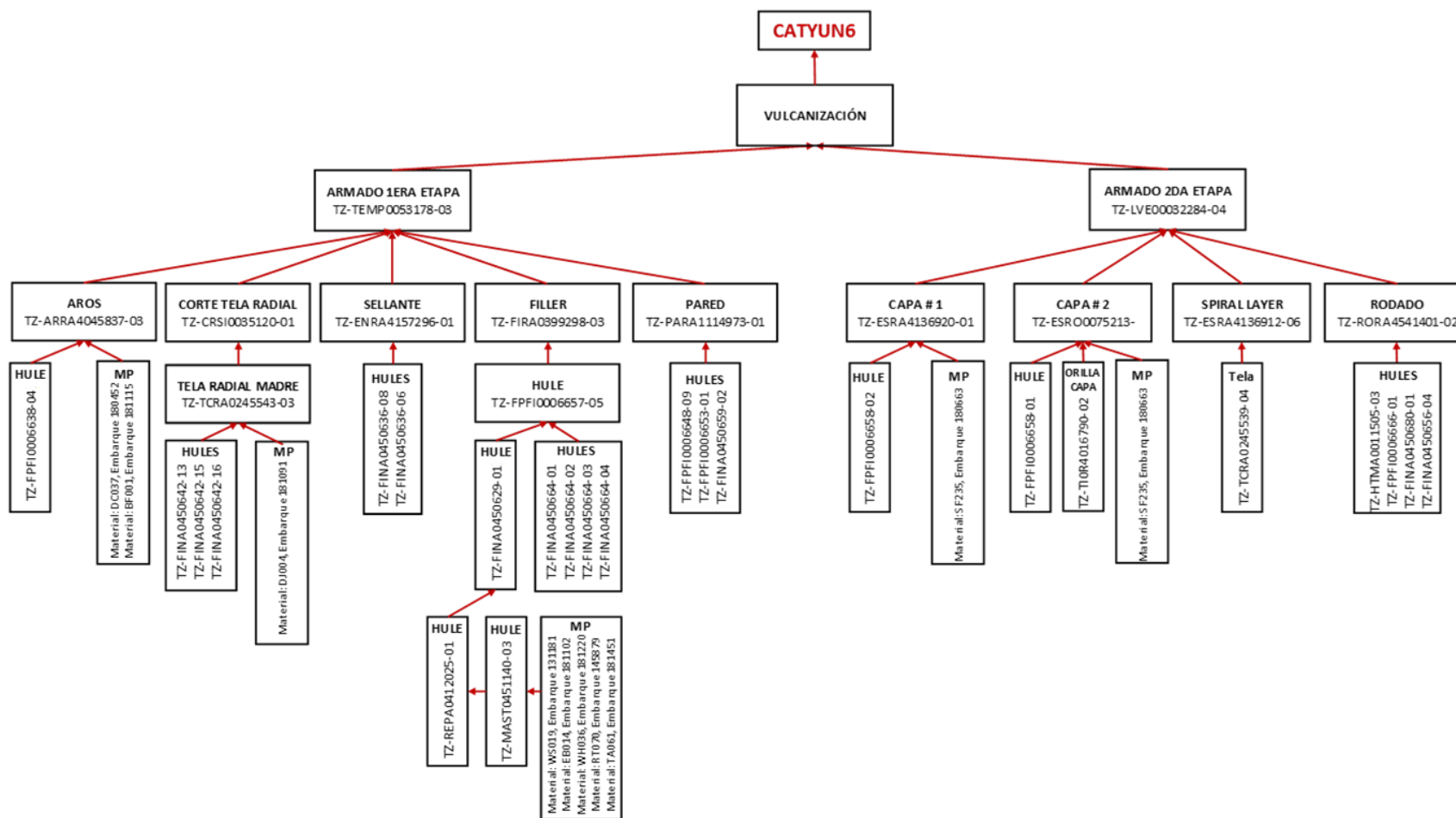
*Figura 15 Información de trazabilidad de códigos de barras.*

<b>Código de llanta:</b>
CATYUN6
<b>Primera etapa</b>
<b>Máquina:</b> KBR11
<b>Fecha:</b> 11/08/2018 22:56:45
<b>Operador:</b> LUIS ESTEB ALFARO MURILLO
<b>Lote:</b> TZ-TEMP0053178-03
<b>Producto:</b> CC9583
<b>Segunda etapa</b>
<b>Máquina:</b> KBR12
<b>Fecha:</b> 11/08/2018 22:58:41
<b>Operador:</b> LUIS ESTEB ALFARO MURILLO
<b>Lote:</b> TZ-LVE00032284-04
<b>Producto:</b> LV9584

*Fuente: Sistema de información PCS, Bridgestone CR, 2020.*

Para tener un panorama más claro de cuanta información de lotes posee un código de barras, se trazó el código de la figura número 16, que, como se muestra a continuación.

Figura 16 Árbol de información de trazabilidad incluido en el código de barras.



Fuente: Sistema de información PCS, Bridgestone CR, 2020.

#### 4.4.3 Transferencia de información de trazabilidad

Como se observa en la figura número 17, el clasificador de aseguramiento a la calidad dispone de un almacenamiento con rollos de códigos de barras en donde se ubican todas las medidas en producción regular, los mismos son utilizados para reemplazo en caso de que el código original colocado en el departamento de armado se encuentre no conforme. En este proceso el código de barras original no conforme se elimina y es reemplazo por otro de la misma medida, pero con un serial diferente, además, se debe de realizar la transferencia de información en sistema.

Figura 17 Almacenamiento de códigos de barras de reemplazo.



Fuente: Inspección final, Bridgestone CR, 2020.

La transferencia de la información de la trazabilidad se realiza mediante en el sistema de AS400, cada medida de llanta tiene un prefijo de 3 letras asignado, estas primeras tres letras del código de barras nunca cambian, esto quiere decir que, solo varían los últimos 4 valores alfanuméricos del serial, ya que todos los códigos deben de ser diferentes para contener la información específica de su construcción en particular. Esta transacción queda almacenada en sistema y se puede realizar por medio del software en la computadora, como se muestra en la figura número 17 o bien por medio del panelview, tal y como se muestra en la figura número 18 a continuación.

Figura 18 Sistema de transferencia de información de código de barras

The screenshot shows a window titled 'Edit' with a table of production records and a form below it. The table has the following columns: Nueva etiqueta, Etiqueta a Reparar, Fecha Producción, Turno de Trabajo, Semana producción, Máquina, Código Prod Term, ducto Terminado, Fecha Registro, Hora Registro, and Usr Re. The form below the table includes input fields for 'Nueva etiqueta', 'Etiqueta a reparar', 'Fecha producción', 'Semana producción', 'Cavidad vulca', and 'Producto Terminado'. It also features a 'Turno' selection menu with radio buttons for 'I Turno', 'II Turno', and 'III Turno'. Other controls include 'CB Sin Lectura', 'Apply', 'Delete', 'Refresh', 'Continue new?' (checked), and 'New' buttons.

Nueva etiqueta	Etiqueta a Reparar	Fecha Producción	Turno de Trabajo	Semana producción	Máquina	Código Prod Term	ducto Terminado	Fecha Registro	Hora Registro	Usr Re
AG2ZYID	FS2YRLL	08/11/201	II Turno	1745	A07A	2977	18.4-38 SAT	/06/2018	:02:33 am	CON
AG2ZYIE	AG2ZPGC	04/11/201	II Turno	1744	A07A	2977	18.4-38 SAT	/11/2017	:08:11 pm	GUL
AG2ZYIF	AG2ZPBY	25/10/201	I Turno	1743	A07A	2977	18.4-38 SAT	/10/2017	:39:39 am	GUL
AG2ZYIG	AG2ZPDC	28/10/201	I Turno	1743	A07A	2977	18.4-38 SAT	/10/2017	:40:29 am	GUL
AG2ZYIN	AG2ZPD7	28/10/201	II Turno	1743	A07A	2977	18.4-38 SAT	/10/2017	:17:23 am	GUL
AG2ZYIO	AG2ZPB2	24/10/201	I Turno	1743	A07A	2977	18.4-38 SAT	/10/2017	:48:27 pm	ERC
AG2ZYIX	AG2ZPXV	15/07/201	II Turno	1828	A07A	2977	18.4-38 SAT	/07/2018	:43:02 pm	USE
AG2ZYIY	AG2ZPXD	14/07/201	II Turno	1828	A07A	2977	18.4-38 SAT	/07/2018	:03:20 am	GUL
AG3ZWFL	AG3ZHKB	22/11/201	I Turno	1747	A07A	2976	18.4-34 SAT	/11/2017	:16:45 pm	ERC
AG3ZWIO	AG3ZHJN	02/11/201	I Turno	1744	A08A	2976	18.4-34 SAT	/11/2017	:58:57 am	GUL
AG3ZWIR	AG3ZHIX	02/11/201	I Turno	1744	A08A	2976	18.4-34 SAT	/11/2017	:55:37 pm	GUL
AG3ZWIS	AG3ZHIM	01/11/201	I Turno	1744	A08A	2976	18.4-34 SAT	/11/2017	:03:01 am	GUL
AG3ZWIT	AG3ZK8N	28/10/201	I Turno	1743	A08A	2976	18.4-34 SAT	/10/2017	:08:27 am	GUL
AG3ZWIW	AG3ZK8I	02/11/201	I Turno	1744	A08A	2976	18.4-34 SAT	/11/2017	:11:44 am	GUL
AG3ZWJW	AG3ZHMN	30/11/201	I Turno	1748	A07A	2976	18.4-34 SAT	/11/2017	:45:47 am	ERC

Fuente: Sistema AS400, Bridgestone CR, 2020.

Figura 19 Sistema de transferencia de información de código de barras, panelview.



Fuente: Sistema AS400, Bridgestone CR, 2020.

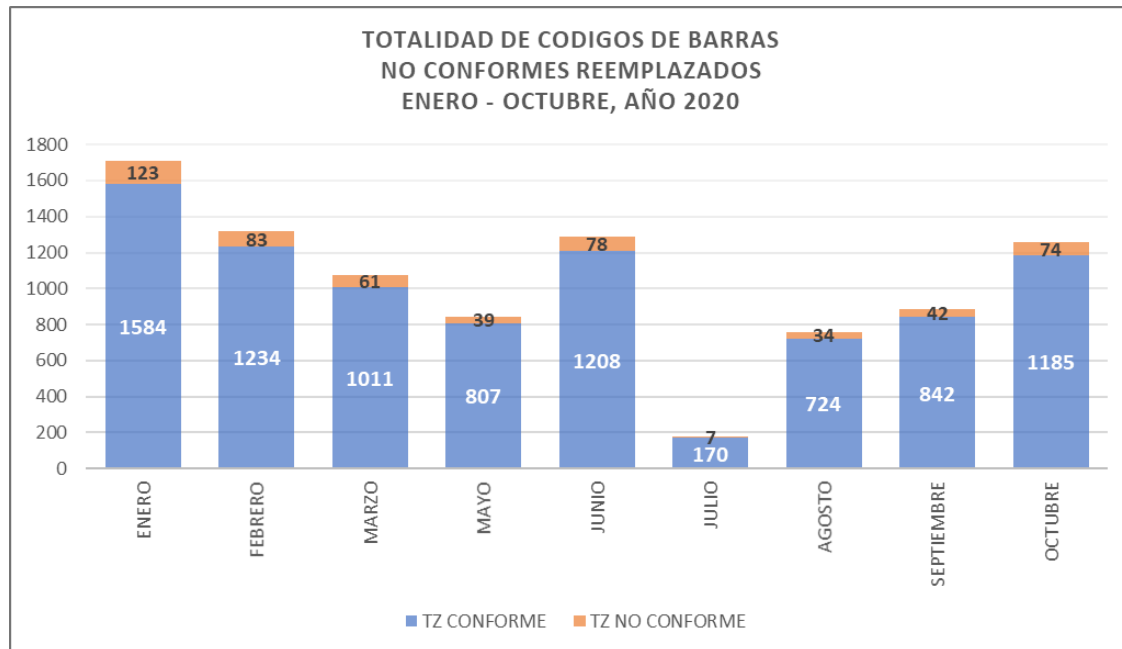
## 4.5 MEDICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.5.1 Cuantificación de datos

Los datos de la totalidad de llantas con códigos reemplazos cuya trazabilidad se encuentra conforme, se puede tomar directamente del sistema de información interno, ya que, por cada código de barras reemplazado se genera una incidencia en sistema, sin embargo, no es cuantificable, la cantidad de códigos de barras cuya trazabilidad no es transferida, esto, porque no se crea ningún registro en ningún sistema digital.

Para poder cuantificar la cantidad de producto con trazabilidad no conforme, se empezó a llevar un registro manual desde enero del año 2020. Con lo anterior se obtiene la totalidad de códigos reemplazados, expuestos en el gráfico 1, a continuación.

Gráfico 1. Códigos de barras no conformes reemplazados, año 2020.



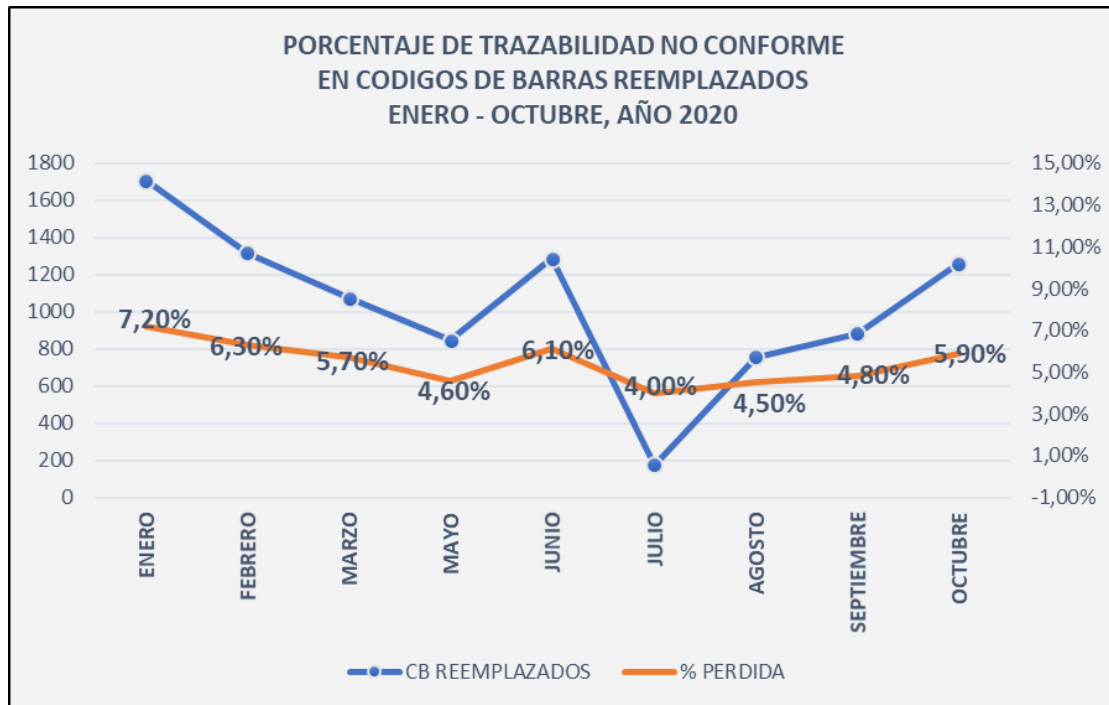
Fuente: Sistema AS400, registros manuales IF, Bridgestone CR, 2020

En el gráfico número 1 se observa que no hay datos en el mes de abril y el mes de julio presenta una tendencia atípica, esto es debido a la emergencia nacional sanitaria a raíz de COVID-19, ya que en el mes de abril la planta permaneció detenida y en el mes de julio se operó parcialmente.

#### 4.5.2 Porcentaje de pérdida de información de trazabilidad

Como se observa en el gráfico 1, la cantidad de pérdida de trazabilidad es muy relevante, tomando en cuenta, que se trata de un indicador que, según políticas de internas calidad, debería de mantenerse sin no conformidades. Para obtener un panorama más claro de la tendencia de esta no conformidad, se derivó la información obtenida con meses cuantificados de forma porcentual, así lo muestra el gráfico 2, a continuación, en donde el porcentaje de cada mes representa la pérdida de trazabilidad por la totalidad de códigos de barras no conformes reemplazados.

Gráfico 2 Porcentaje de pérdida de trazabilidad, año 2020.



Fuente: Sistema AS400, registros manuales IF, Bridgestone CR, 2020

Se puede observar en el gráfico número 2, que la tendencia del porcentaje de pérdida de información de trazabilidad se encuentra en función a la tendencia de la totalidad de códigos de barras no conformes reemplazados, esto quiere decir que, a mayor cantidad de códigos de barras no conformes reemplazados, mayor es el porcentaje de la pérdida de información en este proceso.

#### 4.5.3 Principales causas de pérdida de información de trazabilidad

La pérdida de trazabilidad al cambiar el código de barras, puede presentarse por varias causas, por lo que, además de cuantificar las no conformidades, se solicitó, asignar un atributo a cada una de ellas, es decir una causa asignable a cada dato ingresado, esta información es de suma importancia ya que ayuda a entender los principales motivos por los cuales la trazabilidad se pierde en el proceso y también, por orden de prioridades, donde se debe atacar el problema. A continuación, se explica brevemente como se clasificaron las causas del gráfico número 3.

Estas causas son identificables en el proceso, ya que en el ingreso a la bodega de producto terminado existe una cámara automática lectora de códigos de barras, la cual rechaza los códigos sin información de trazabilidad. Tal y como se observa en la figura 13 expuesta en el apartado 4.4.1 del presente capítulo, el código original utilizado en el departamento de armado mide 8 milímetros de ancho, mientras que el utilizado para reemplazo de códigos no conformes tiene un ancho de 6 milímetros y el tipo de papel es menos rígido ya que no está diseñado para soportar temperatura, por lo que se deduce que si un código de barras del tipo de 6 milímetros de ancho no contiene información, se cambió físicamente pero no se realizó la transferencia de información en sistema.

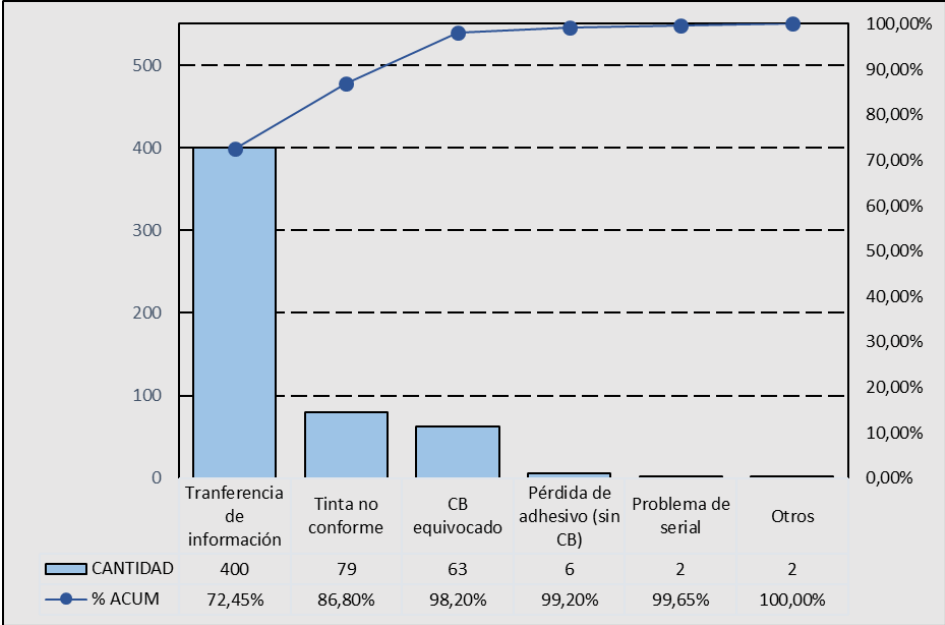
En el caso de tinta no conforme se realiza de forma visual, ya que el código de barras se observa borroso y no puede ser leído por la cámara de lectura automática, además su serial tampoco puede ser identificado por los operadores, por lo que es como si la llanta no tuviera CB y no contiene información. En este caso la tinta del código de barras original no resistió la temperatura aplicada a la llanta en el ciclo de vulcanización.

Otra causa identificable son códigos de barras de 6 milímetros los cuales no coinciden con la medida de la llanta, esto quiere decir que se colocó un código equivocado, esta no conformidad se observa al verificar la etiqueta de la banda de rodamiento con el CB, el sistema arroja una alarma que indica que la medida no coincide con el CB. Si bien es cierto la causa es que el código se encuentra equivocado, esta no conformidad tiene su raíz en la transferencia de información ya que, si el clasificador máster coloca un CB equivocado a la hora de realizar la transferencia de información del código de barras original al código de barras nuevo, se percataría del error ya que el sistema le indica que el CB nuevo no coincide con el original.

Algunas llantas llegan sin código de barras, ya que estos se perdieron durante el proceso, quiere decir perdieron el adhesivo, por lo que no se tiene ningún tipo de información de trazabilidad. En el caso de problema de serial, tiene que ver con llantas cuyos códigos de barras ya existieron alguna vez, ya que la cantidad de combinaciones posibles cumplió un ciclo, en este caso se debe depurar el sistema

en el departamento de impresión, esto para evitar que se cuente con información errónea.

Gráfico 3 Principales causas de pérdida de información de trazabilidad.



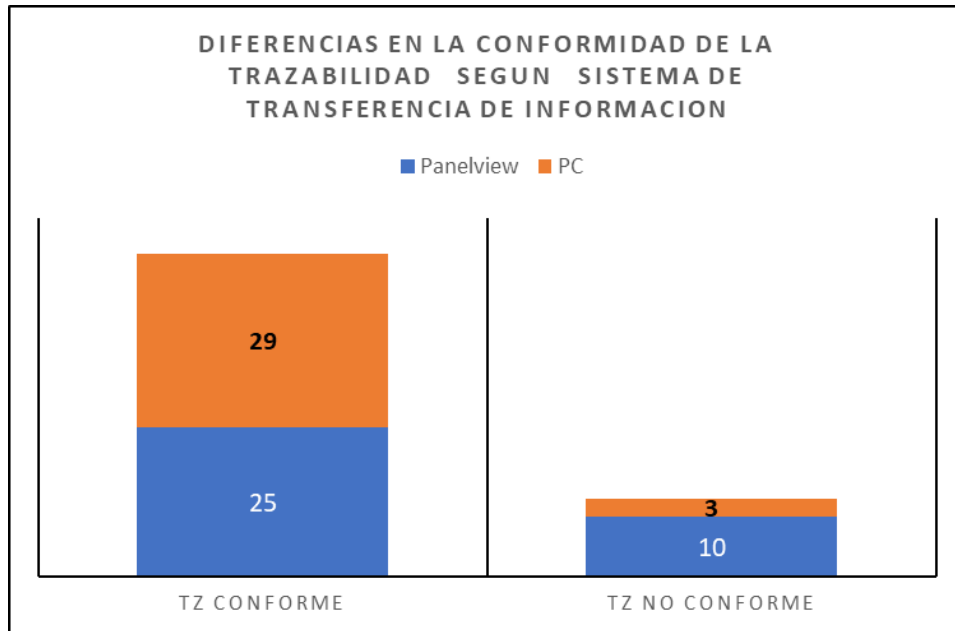
Fuente: Registros manuales IF, Bridgestone CR, 2020

**4.5.4 Muestreo de sistemas de trasferencias de información**

Debido a que la principal causa de perdida de trazabilidad ocurre a la hora de realizar la transferencia de información, se realiza un muestreo para medir la efectividad de los dos sistemas que se utilizan para realizar dicho proceso. Se tomaron cantidades aleatorias de códigos de barras reemplazados cuya transferencia de información se realiza por medio del panelview o bien por medio de la aplicación de pc; los resultados se muestran a continuación en el gráfico número 4.

Con lo anterior se pretende evaluar cada uno de los sistemas, para poder identificar diferencias entre ellos que puedan estar afectando directamente a la transferencia de información.

Gráfico 4 Conformidad de la trazabilidad según sistema de transferencia de información.



Fuente: Elaboración propia, 2020

#### 4.5.5 Criterio de inspectores de calidad

El sistema de medición existente, que se encuentra relacionado con la cantidad de códigos de barras no conformes expuestos anteriormente en el gráfico 1, es el criterio de aceptación o rechazo de los inspectores de calidad y el clasificador de aseguramiento de calidad, quiere decir que ellos son los que definen si un código de barras pasa o no pasa, así también se ve reflejado en el mapeo del proceso mostrado en el inciso 4.3 del presente capítulo de este documento.

En la segunda semana del mes de Octubre del año 2020, se realizó un muestreo en conjunto con el clasificador de aseguramiento a la calidad, este consistió en segregar las llantas que según práctica estándar tenían códigos de barras conformes, pero que fueron marcadas no conformes por los inspectores de calidad, corporativamente a este indicador de le llama alphamiss, con lo anterior se consiguieron datos importantes, relacionados con los criterios de inspección, así lo muestra el gráfico número 5 a continuación. En estos 4 días se rechazaron un total de 497 códigos de barras para reemplazar, de los cuales 140 se encontraban dentro

de las tolerancias de aceptación según la práctica estándar, lo que arroja un índice de llantas rechazadas con código de barras conformes de un 28.17%.

Gráfico 5 Cantidad de códigos de barras conformes rechazados.



Fuente: Elaboración propia, 2020

#### 4.5.6 Tiempo estándar con método actual

El tiempo estándar actual del proceso en específico de reemplazo de códigos de barras, no existe como tal en la práctica estándar, en el gemba realizado por medio de monitoreo por cámara, se identificó que por lapsos de tiempo el clasificador master recibe gran cantidad de llantas no conformes para analizar, dando prioridad a las llantas con no conformidades mayores que implican el desecho de la llanta; por lo que por ahorrarse tiempo, a la hora de recibir un código de barras no conforme, simplemente devuelve la llanta al proceso o bien coloca el código nuevo pero no realiza la transferencia de información.

Una vez identificado lo anterior y como parte de su relevancia de la medición del estado actual; se realizó un estudio de tiempos para calcular el tiempo estándar para el proceso de cambio de códigos de barras no conformes, así lo muestra la tabla 6 a continuación, en donde, el tiempo normal es de 17.42 segundos, mientras que el tiempo estándar es de 19.69 segundos.

Tabla 6 Cálculo del tiempo estándar para el método de cambio de CB.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTANDAR CAMBIO DE CÓDIGOS DE BARRAS (MÉTODO ACTUAL)														
ACTIVIDAD	NÚMERO DE CICLOS										CÁLCULOS			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	T	Tn	Te
Análisis de la no conformidad	1.5	2.5	3	2.5	1.4	2.8	2.1	2.4	1.8	2.3	22.3	2.23	2.12	2.39
Búsqueda del código de reemplazo	7.5	8.5	6.8	8.9	5.8	6.5	6.9	7.1	8.4	8.2	74.6	7.46	7.09	8.01
Colocación del código de reemplazo	1.5	2.1	1.8	2.2	1.8	1.7	1.8	2.2	1.7	1.5	18.3	1.83	1.74	1.96
Transferencia de información	5.4	4.8	4.3	5.7	6.1	4.7	5.2	5.1	6.3	5.5	53.1	5.31	5.04	5.70
Colocar llanta en conveyer de pulido	1.2	1.5	1.8	1.5	1.7	1.6	1.5	1.2	1.7	1.4	15.1	1.51	1.43	1.62
TIEMPO NORMAL:										17.423	TIEMPO ESTANDAR:			19.69

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 4.6 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.6.1 Prueba de chi-cuadrado

Anteriormente en el inciso 4.5.4, se muestra el gráfico número 4, cuyos datos fueron obtenidos con el fin de evaluar los dos sistemas que se utilizan para realizar la transferencia de información, con estos datos se construye una prueba de chi cuadrado con el objetivo de determinar si el tipo de sistema influye en la correcta transferencia de información, los resultados se muestran a continuación en la tabla número 7.

Tabla 7 Prueba de chi cuadrado, sistemas de transferencia de información.

PRUEBA CHI-CUADRADO SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE TZ			
SISTEMA	TZ CONFORME	TZ NO CONFORME	TOTAL
Panelview	25	10	35
PC	29	3	32
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>13</b>	<b>67</b>
X <sub>17</sub> =	28,21	X <sup>2</sup> <sub>17</sub> =	0,37
X <sub>20</sub> =	25,79	X <sup>2</sup> <sub>20</sub> =	0,40
X <sub>9</sub> =	6,79	X <sup>2</sup> <sub>9</sub> =	1,52
X <sub>2</sub> =	6,21	X <sup>2</sup> <sub>2</sub> =	1,66
		<b>Sum X<sup>2</sup> calc=</b>	<b>3,94</b>
Margen de error	0,05	X <sup>2</sup> calc > X <sup>2</sup> tabla= Rechaza Ho	
Grado de libertad	1	X <sup>2</sup> calc < X <sup>2</sup> tabla= Acepta Ho	
<b>X<sup>2</sup> tabla =</b>	<b>3,84</b>		
Ho= No influye el tipo de sistema de información de transferencia			
H1= Si influye el tipo de sistema de información de transferencia			

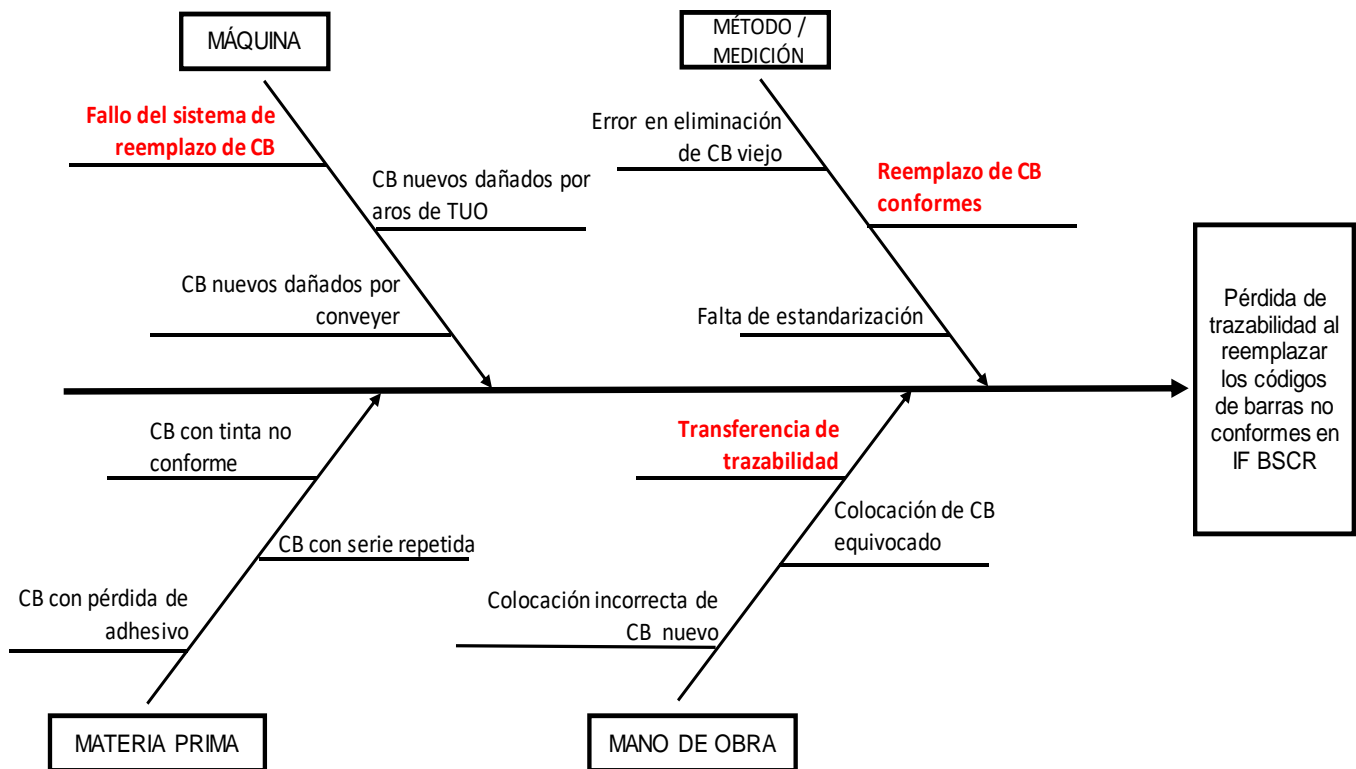
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Como se observa anteriormente en la tabla 7, haciendo el análisis teórico de los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula, lo que quiere decir que el tipo de sistema de transferencia de información si influye en la permanencia de esta, siendo el sistema de panelview, menos confiable que el sistema del pc.

#### 4.6.2 Diagrama Ishikawa causa - efecto

A continuación en la figura número 20 del diagrama de causa y efecto, se tomaron las variables: máquina, medición – método, materia prima y mano de obra, para realizar un análisis de las posibles causas relacionadas con estas variables y por las cuales la trazabilidad se pierde al reemplazar el código de barras, se decidió tomar como principales causas, el fallo del sistema de reemplazo de códigos de barra, el reemplazo de códigos de barras conformes y la transferencia de la trazabilidad, esto se realizó en conjunto con un auditor de procesos.

Figura 20 Diagrama Ishikawa.

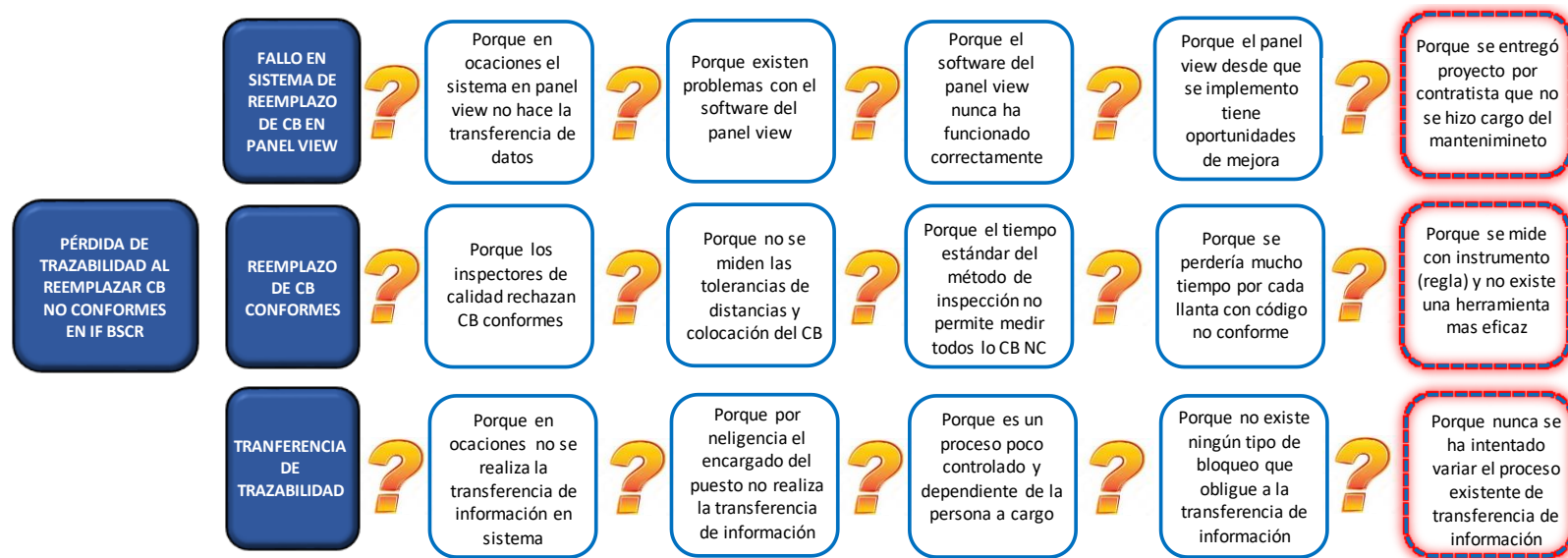


Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 4.6.3 Análisis causal de los 5 porqués

Para realizar el análisis causal de los 5 porqués, se tomaron las causas principales derivadas del diagrama causa y efecto de la figura 19, expuestas a continuación en la figura 21. En el capítulo anterior, inciso 4.5.3, se observa el gráfico Pareto número 3, en donde la segunda causa de pérdida de trazabilidad es la tinta no conforme, sin embargo, esta causa no se tomó para este análisis, ya que se trata de eventos aislados y específicos por lo que no están dentro de la normalidad. Sin embargo, si será tomados en cuenta en el siguiente apartado de este capítulo.

Figura 21 Análisis causal de los 5 porqués.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### **4.6.3.1 Fallo en el sistema de transferencia de información, panelview**

Con base a los datos obtenidos y los análisis realizados, se considera que la transferencia de información es la causa más crítica a la hora de evaluar la pérdida de trazabilidad; cuando se trata de la transferencia utilizando el panelview, el sistema no es confiable, ya que tiene muchos fallos de software y nunca han sido intervenidos, mientras que, el software del pc si es confiable, sin embargo, puede existir pérdida de información cuando exista un error humano.

#### **4.6.3.2 Transferencia de información**

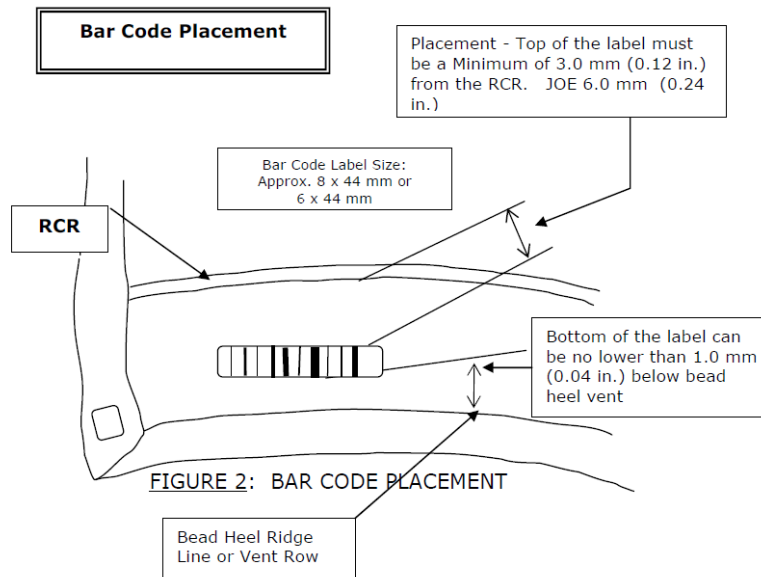
Al existir poco control dentro del puesto del clasificador master y al no haber una herramienta de bloqueo que obligue a que se realice la transferencia de información, y al observar los datos obtenidos en la etapa de medición, se constata que no siempre se realiza la transferencia de información por parte del clasificador master de calidad, si bien es cierto no existen las herramientas sistemáticas que aseguren este proceso, al omitir procedimientos establecidos se cae en un tema más de cultura organizacional.

#### **4.6.3.3 Criterios de inspección**

Tal y como quedó evidenciado en el inciso 4.5.5 del presente capítulo del actual documento, se rechazan llantas que en realidad pasan como primera según la práctica estándar establecida, esta tarea la realiza el inspector de calidad, que con base a su criterio; este criterio, es tomado como sistema de medición, ya que en este punto se determina si un código pasa como primera o bien, debe ser reemplazado.

A continuación, como muestra en la figura 22 tomada de la práctica estándar corporativa, las tolerancias en cuanto a colocación el código de barras expresa que, debe de estar a una distancia mínima de 3mm con respecto a la línea demarcada del aro y una distancia mínima de 1mm con respecto a la línea de ventilación.

Figura 22 Colocación del código de barras.



Fuente: Práctica estándar corporativa, Bridgestone CR.

En cuanto a la inclinación, la tolerancia máxima permitida es de 4mm, así se muestra a continuación en la figura número 23, tomada de la PE-BI0055; según el clasificador, la inclinación es donde hay mayor diferencia en los criterios de inspección.

Figura 23 Inclinación del código de barras.

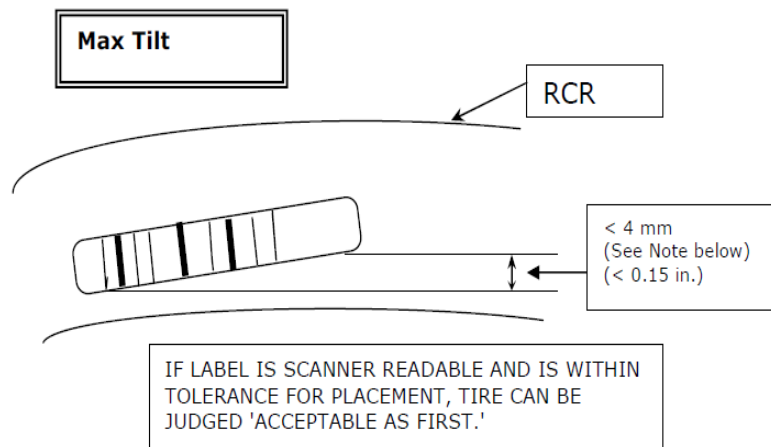


FIGURE 5: MAX TILT

Fuente: Práctica estándar corporativa, Bridgestone CR.

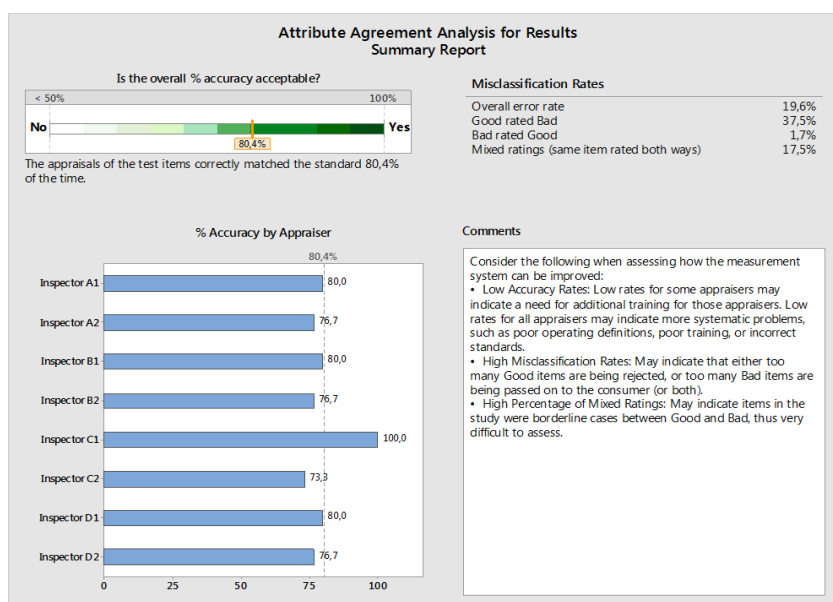
### 4.3.8 Análisis del criterio de inspección

Debido a los datos obtenidos en la etapa de medición, en cuanto a rechazo de códigos de barras conformes, se puede afirmar que existe una diferencia de criterios entre los inspectores de calidad y la práctica estándar corporativa, se realizó un MSA por atributos, en donde, para realizar el estudio, se eligieron aleatoriamente 2 inspectores de calidad por cuadrilla, de las cuatro cuadrillas existentes; además de diez llantas de las cuales, 5 tenían código de barras conforme y 5 tenían código de barras no conforme.

Las diez llantas se pasaron aleatoriamente a cada inspector de calidad en estudio, los cuales, debían de indicar si el código de barras pasaba o no pasaba, se realizó el mismo procedimiento tres veces para cada inspector, esta información se ingresó al programa estadístico de minitab, obteniendo los siguientes resultados.

Según los resultados arrojados en el reporte resumen en figura 24, se observa que el 80,4% de las veces los inspectores aciertan con el estándar, mientras que un 37,5% de las llantas conformes, fueron catalogadas como no conformes, cabe destacar que el porcentaje aceptado de este indicador es de 5% máximo. Además, se observa que solo tres de los inspectores en estudio, obtuvieron un promedio superior o igual al 80,0%.

Figura 24 Cuadro resumen MSA.

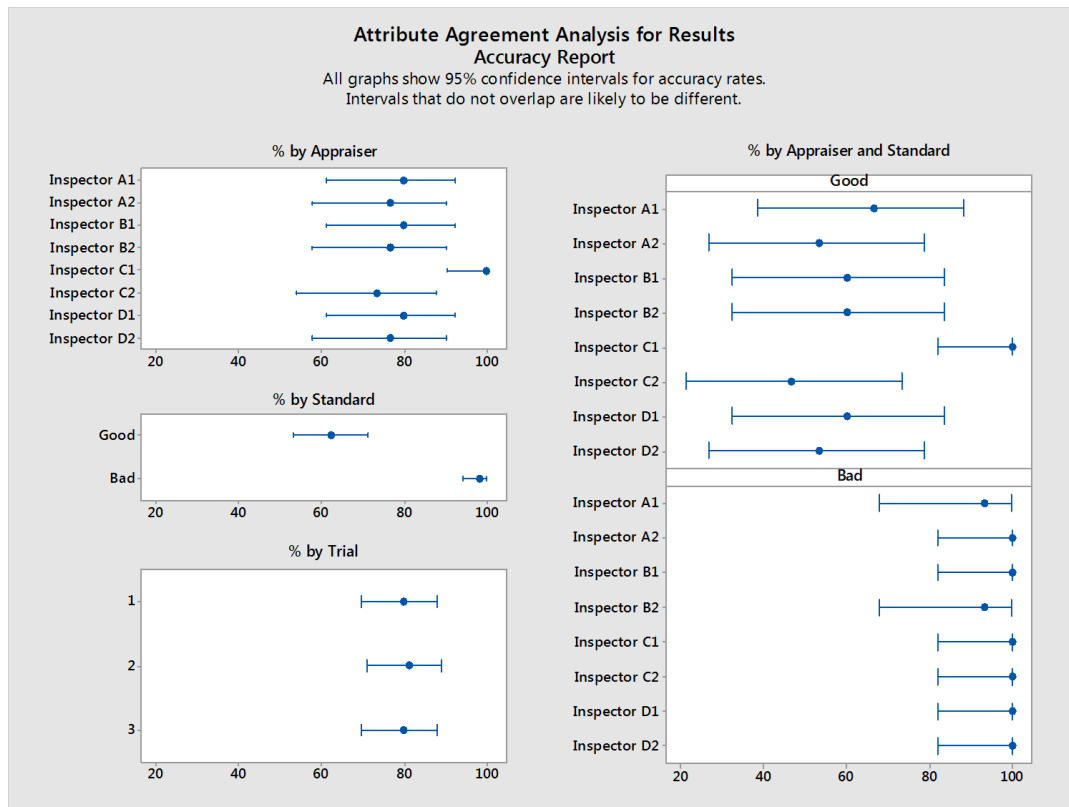


Fuente: Minitab 20

El reporte de exactitud mostrado a continuación en la figura 25, indica que solamente el inspector C1, logró acertar en todas las ocasiones, mientras que los restantes se movieron en un rango de 70% a 80%, además, se observa que donde se falló más fue clasificado códigos de barras que estaban conformes como no conformes, con un 62.5% de exactitud.

La exactitud de los tres intentos se mantuvo en promedio en un 80%.

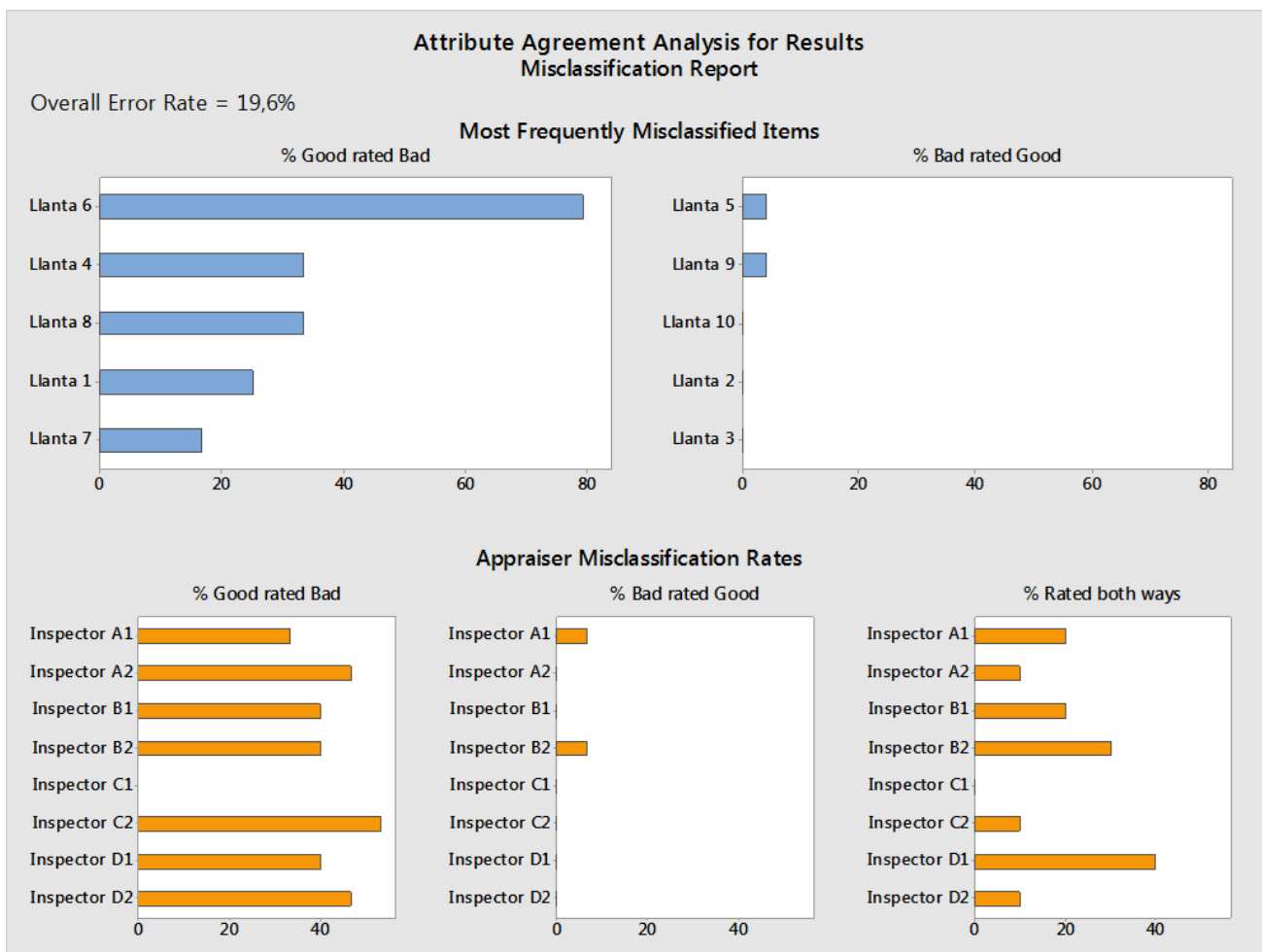
Figura 25 Reporte de exactitud MSA.



Fuente: Minitab 2020.

La figura 26, muestra el reporte de clasificación de errores, en donde se observa que, la llanta número 6 es la que fue catalogada más veces como no conforme, estando conforme según estándar, esta llanta tenía código de barras inclinado en tolerancia, seguida por las llantas 4 y 8, también conformes en colocación. Los inspectores que catalogaron más llantas como no conformes, estando conformes, fueron, el C2, el D2 y el A2, respectivamente, con más del 40% de error.

Figura 26 Reporte de clasificación de errores MSA.



Fuente: Minitab 2020.

## 4.7 JUTIFICACIÓN FINANCIERA

El departamento de aseguramiento a la calidad es el encargado de realizar las retenciones de inventario, cuando existe sospecha de alguna no conformidad en el producto final, la conciliación del producto sospechoso se realiza mediante la información de trazabilidad existente en el sistema, cuando se pierde información, se crea una incertidumbre, ya que no se tiene la certeza si algunas unidades se encuentran dentro del alcance de la retención.

Al no tener la certeza si algunas de la unidades que no contienen información de trazabilidad en realidad están involucradas con la no conformidad detectada, inmediatamente estas entran en estado de “no conformes”; esto quiere decir que por seguridad son desechadas; de igual manera si alguna de estas unidades ya se encuentra en la bodega de producto terminado o en el contenedor en tránsito a destino; el material se solicita para la retención de producto, lo anterior genera costos de producción, desalmacenaje, logística y reclamos de cliente por producto equivocado. En el año 2020 el costo por causa de la pérdida de información tuvo un monto de \$20,335.00.

## **CAPÍTULO V**

## **5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

### **5.1 REDISEÑO DEL SISTEMA DE REEMPLAZO DE CÓDIGOS DE BARRAS**

Como se puede observar en el gráfico número 3, presente en el capítulo 4, inciso 4.5.3 del presente documento, la principal causa de pérdida de información de trazabilidad tiene que ver con la transferencia de información con un 72,5%, a su vez esta causa tiene dos variables aparentes, la primera es que el clasificador master a la hora de realizar el cambio de un código de barras no conforme, realiza el cambio físico de este, pero no realiza el procedimiento de transferencia de información de trazabilidad en sistema. La segunda variable es que al realizar la transferencia de información por medio de panelview, no siempre se completa el proceso informático, perdiéndose la información de trazabilidad.

Por otra parte, como tercera causa de pérdida de información esta los códigos de barra equivocados, esto quiere decir que el código de barras no coincide con la medida de la llanta, por lo que queda evidenciado que en estos casos también se omitió la transferencia de información, ya que el software arroja una alarma cuando detecta que el código nuevo no contiene el mismo prefijo del código original, determinando que no son de la misma medida. Al no realizar el procedimiento correcto el clasificador no se percata del error del cambio.

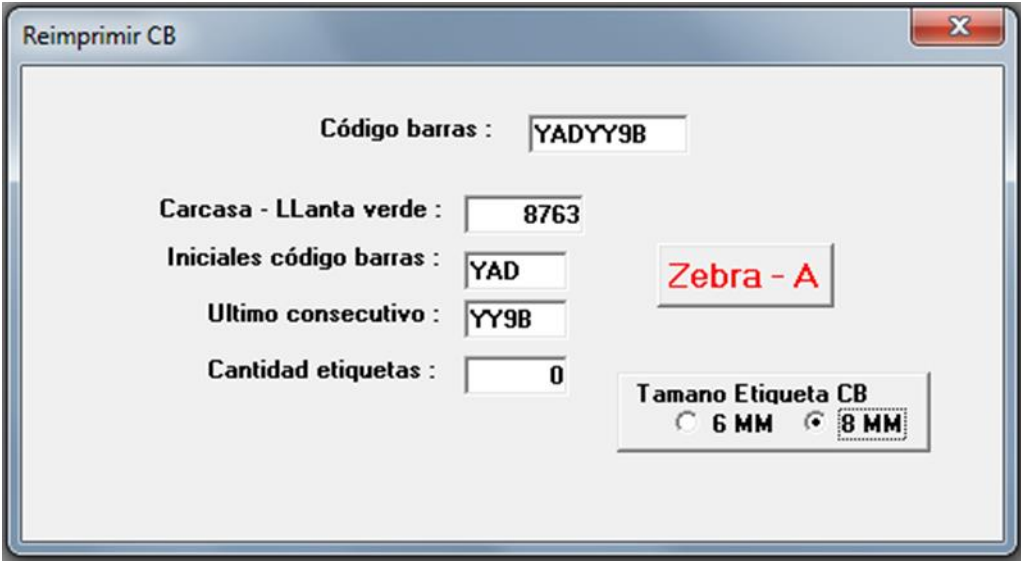
#### **5.1.1 Desarrollo de la propuesta**

Para asegurar la transferencia de información, se propone rediseñar el sistema de cambio de códigos de barras, de forma que, en vez de que se realice el reemplazo del código original por uno con serial diferente y transferir la información, el nuevo sistema, permita realizar una copia con el mismo serial del código original para que no se tenga que transferir la información, para esto se requiere un software nuevo, una impresora y un entrenamiento del nuevo sistema para los clasificadores, estos puntos serán detallados más adelante en este documento.

### 5.1.1.1 Software de copia de código de barras

Para cambiar el diseño del sistema de reemplazo de códigos de barras se requiere crear un software en el sistema de AS400, el mismo permitirá realizar una copia del código de barras original y guardará esta información en una base de datos de respaldo; este nuevo sistema ya se encuentra disponible en etapa de prueba, la captura de la pantalla de este se muestra a continuación en la figura número 27.

Figura 27 Nuevo software de copia de código de barras.



The screenshot shows a software window titled "Reimprimir CB" with a close button in the top right corner. The interface contains several input fields and a button:

- Código barras :** YADYY9B
- Carcasa - LLanta verde :** 8763
- Iniciales código barras :** YAD
- Ultimo consecutivo :** YY9B
- Cantidad etiquetas :** 0
- Zebra - A** (button)
- Tamano Etiqueta CB** (group):
  - 6 MM
  - 8 MM

Fuente: Sistema AS400, Bridgestone CR, 2021.

### 5.1.1.2 Máquina impresora de códigos de barras

Para la implementación de la mejora, se requiere adquirir e instalar en el área del puesto del clasificador máster una máquina impresora de códigos de barras, ya que este equipo actualmente solo se utiliza en el departamento de impresión de la empresa; bajo condiciones ambientales optimas, al comprar el equipo, también se debe acondicionar el área donde este se va a colocar, ya que tiene que estar libre de suciedad y en un espacio ventilado. La máquina impresora de códigos de barras que se requiere para realizar el nuevo proceso se muestra a continuación en la figura 28 y para el periodo de pruebas se va a utilizar una máquina que existe de respaldo en el departamento de impresión.

Figura 28 Máquina impresora de código de barras, modelo ZT410.

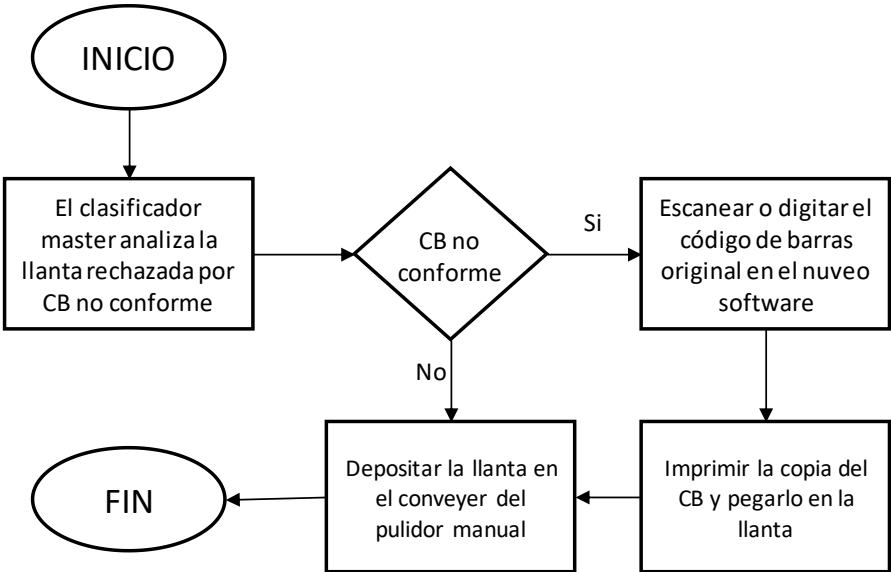


Fuente: Página web, Zebra Technologies, 2021.

**5.1.1.2 Diagrama de flujo para nuevo sistema de cambio de CB**

A continuación, se muestra un diagrama de flujo para el nuevo sistema de cambio de códigos de barras favoreciendo al cambio de estándar, para el respectivo entrenamiento de todos los involucrados.

Figura 29 Diagrama de flujo, cambio de CB.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 5.1.2 Plan de implementación de la propuesta

Figura 30 Plan de implementación para nuevo sistema de reemplazo de CB.

Elaborado por:		Jason Morera			IDENTIFICADOR															
Fecha de revisión:		28/02/2021			PLAN				LISTO				ATRAZADO							
Poyecto:		Nuevo sistema para cambio de códigos de barras no conformes																		
ETAPA	#	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	PLAN / ACT	oct-20				nov-20				dic-20				ene-21			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CAPÍTULO 5	1	Diseño de la aplicación para cambio de CB	J. Morera	Plan	█															
				Actual	█															
	2	Acondicionar espacio para el área de la impresora de CB	Jefe QA	Plan	█	█														
				Actual	█	█														
	3	Desarrollo de la aplicación para cambio de CB - AS400	Jefe TI	Plan		█	█													
				Actual		█	█													
	4	Instalación de la máquina impresora de CB	Jefe TI	Plan			█													
				Actual			█													
	5	Envío de documento para cambio interno 3M	J. Morera	Plan			█													
				Actual			█													
	6	Envío de documento para pruebas de cambio interno 3M	J. Morera	Plan				█												
				Actual				█												
	7	Pruebas con producción regular	Jefe QA	Plan					█	█	█	█	█	█	█	█				
				Actual					█	█	█	█	█	█	█	█				
	8	Entrenamiento con el personal involucrado	J. Morera	Plan				█												
				Actual				█												
	9	Estudio de tiempos y movientos del nuevo método	J. Morera	Plan								█	█							
				Actual								█	█							
	10	Revisión de resultados	J. Morera	Plan					█	█	█	█	█	█	█	█				
				Actual					█	█	█	█	█	█	█	█				
	11	Envío de documento para liberación de cambio interno 3M	J. Morera	Plan																█
				Actual																█
	12	Seguimiento y control	J. Morera	Plan																█
				Actual																█

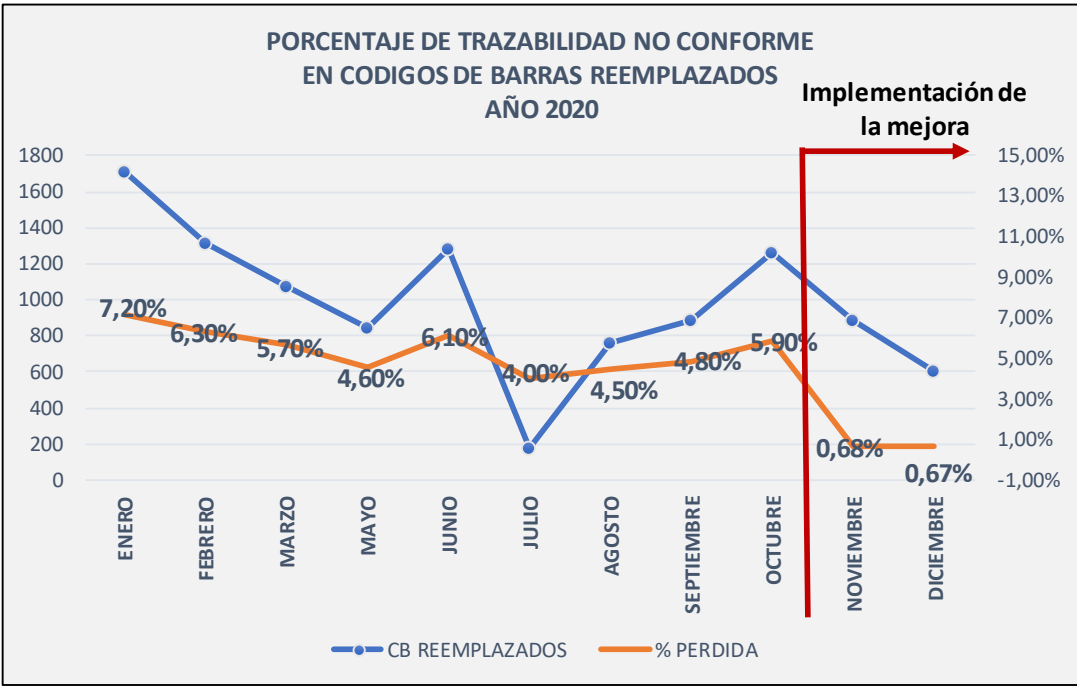
Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 5.1.3 Resultados obtenidos

### 5.1.3.1 Cambio de tendencia en la pérdida de trazabilidad

En el mes de noviembre del año 2020, se logró iniciar con el periodo de pruebas del nuevo sistema de código de barras, en este periodo se logra constatar que al eliminar la transferencia de información la pérdida de esta se reduce significativamente, así lo demuestra el gráfico número 6 a continuación, en donde noviembre y diciembre tuvieron un porcentaje de pérdida de información de 0,68% y 0,67% respectivamente, obteniendo una rebaja aproximada de 4,79% de pérdida de información sobre la totalidad de CB reemplazados.

Gráfico 6 Tendencia de pérdida de trazabilidad, año 2020.



Fuente: Sistema AS400, registros manuales IF, Bridgestone CR, 2020

**5.1.3.2 Mejora en el tiempo estándar del proceso de cambio de CB**

Al variar el sistema de reemplazo de códigos de barras, también se mejora de forma significativa el tiempo estándar, ya que el volverse más automatizado se eliminan algunos procesos de espera. En el capítulo 4, inciso 4.5.6, se muestra que el tiempo estándar del método actual es de 19.69 segundos, mientras que con el nuevo método es de 7.05 segundos, lo que representa una mejora de 12.64 segundos por transacción realizada, el cálculo con al nuevo método se muestra a continuación en la tabla 8.

Dado a la gran cantidad de no conformidades por otro tipo de defectos que llegan al área el clasificador máster, la mejora en este tiempo representa un favorecimiento en el análisis que se debe aplicar a las no conformidades críticas y a los tiempos de respuesta para orden de paro de máquinas asociadas a estos defectos.

Tabla 8 Cálculo del tiempo estándar para el nuevo método de cambio de CB.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTANDAR CAMBIO DE CÓDIGOS DE BARRAS (NUEVO MÉTODO)														
ACTIVIDAD	NÚMERO DE CICLOS										CÁLCULOS			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma T$	T	Tn	Te
Análisis de la no conformidad	1.5	2.5	3	2.5	1.4	2.8	2.1	2.4	1.8	2.3	22.3	2.23	2.12	2.39
Imprimir código	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	0.95	1.07
Colocación del código de reemplazo	1.5	2.1	1.8	2.2	1.8	1.7	1.8	2.2	1.7	1.5	18.3	1.83	1.74	1.96
Colocar llanta en conveyer de pulido	1.2	1.5	1.8	1.5	1.7	1.6	1.5	1.2	1.7	1.4	15.1	1.51	1.43	1.62
TIEMPO NORMAL:										6.24	TIEMPO ESTANDAR:			7.05

Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 5.1.3.3 Mejora en las condiciones de 5s

En el capítulo 4 del presente documento, en el apartado 4.4.3, se observa la imagen de la forma en que se almacenan los códigos de barras preimpresos, en esta área existen todos los códigos de barras de producción regular, los que no están en producción regular e inclusive códigos de medidas que actualmente están descontinuadas; por lo que existe desaprovechamiento de espacios.

Al ser tantos códigos de barras en una sola área de almacenamiento, aumenta el riesgo de colocar un código que no corresponde a la medida y si no se realiza la transferencia de información el clasificador no se percata del error, enviando una unidad no conforme al proceso regular. Con la implementación del nuevo sistema este inventario de códigos preimpresos no sería necesario, ya que se realizarán solo las copias necesarias en el momento en que se requieran.

### 5.1.4 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Como parte de implementación de un cambio o un nuevo sistema, el departamento de aseguramiento a la calidad tiene como requerimiento realizar, documentar y dar seguimiento a un AMEF, por lo que tomando las principales variables que puedan causar algún efecto en el nuevo proceso, se realiza el documento expuesto a continuación.

Figura 31 Análisis de efecto y modo de falla (AMEF).

COSTA RICA		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)																	
NUMERO DE AMEF:		AMEF-765-133			RESPONSABLE DEL PROCESO:			Jason Morera			Preparado por:		J. Morera						
PROCESO:		Caladrado de sellantes			Sistema de cambio de códigos de barras no conformes			FECHA DE AMFE (ORIG.)		10/01/2021	FECHA CLAVE REVISION :		10/01/2021	Revision No.:		1	RPNs > 150 Requieren una acción correctiva.		
EQUIPO DE TRABAJO::		Aseguramiento a la calidad			obs:		Nuevo modelo corporativo					Tipo llanta :		Todas las medidas					
No.	Planta	MODO DE FALLA POTENCIAL	Producto Proceso Práctica estándar Corp PFMEA	EFECTO(S) POTENCIAL DE LA FALLA	S E V	CAUSA(S) POTENCIAL / MECANISMO DE FALLA	O C U R	CONTROLES DEL PROCESO ACTUALES		D E T	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABILIDAD Y FECHA OBJETIVO DE FINALIZACION	RESULTADOS DE LA ACCION	S E V	O C U	D E T	N P R	
								DE PREVENCIÓN	DE DETECCION										ACCIONES TOMADAS
1,0		<b>Mano de obra</b>																	
1,1	Mano de obra	Identificación Incorrecta.	Proceso	Una parte de la corrida de produccion pueda tener que ser retrabajada en la estación, antes de ser procesada.	3	LLanta con trazabilidad incorrecta	2	El código de Barras se imprime en el momento que se necesita	Etiquetado de la llanta (Etiqueta de rodado debe coincidir con código de barras)	6	36								
1,2	Mano de obra	Sin indentificación	Proceso	Pequeño inconveniente al proceso, operación u operador. O retrajos menores	2	Llanta sin código de barras	2	El código de Barras se imprime en el momento que se necesita	Inspección de calidad	5	20								
1,3	Mano de obra	Impresión multiple de un mismo código de barras	Proceso	Es posible que una parte de la producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	5	Sistema permite imprimir hasta 3 códigos de barras	5	Mantenimiento preventivo de máquina impresora	Registro en sistema, Auditorías	4	100								
2,0		<b>Software del sistema</b>																	
2,1	Software del sistema	Sistema no funciona	Proceso	100% de la corrida de produccion pueda tener que ser retrabajada fuera de la línea de proceso y aceptada.	6	Falla en sisetma AS400	5	Mantenimiento TI	No imprime etiqueta	1	30								
2,2	Software del sistema	Sistema Obsoleto	Proceso	100% de la corrida de produccion pueda tener que ser retrabajada fuera de la línea de proceso y aceptada.	6	Migración a nuevo sistema	1	Planeación de proyectos	Con cada cambio de sistama	1	6								

COSTA RICA		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)																		
NUMERO DE AMEF:		AMEF-765-133			RESPONSABLE DEL PROCESO:			Jason Morera			Preparado por:		J. Morera							
PROCESO:		Caladrado de sellantes			Sistema de cambio de códigos de barras no conformes			FECHA DE AMFE (ORIG.)		10/01/2021	FECHA CLAVE REVISION :		10/01/2021	Revision No.:		1	RPNs > 150 Requieren una acción correctiva.			
EQUIPO DE TRABAJO::		Aseguramiento a la calidad			obs:		Nuevo modelo corporativo					Tipo llanta :		Todas las medidas						
No.	Planta	MODO DE FALLA POTENCIAL	Producto Proceso Práctica estándar Corp PFMEA	EFECTO(S) POTENCIAL DE LA FALLA	S E V	CAUSA(S) POTENCIAL / MECANISMO DE FALLA	O C U R	CONTROLES DEL PROCESO ACTUALES		D E T	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABILIDAD Y FECHA OBJETIVO DE FINALIZACION	RESULTADOS DE LA ACCION		S E V	O C U	D E T	N P R	
								DE PREVENCIÓN	DE DETECCION					ACCIONES TOMADAS						
3,0		<b>Hardware del sistema</b>																		
3,1	Hardware del sistema	Código de barras en blanco	Proceso	Es posible que una parte de la producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	5	Falla con el cabeza de la impresora	4	Mantenimiento preventivo de máquina impresora	visual, en el momento	1	20									
3,2	Hardware del sistema	Código de barras borroso	Proceso	Es posible que una parte de la producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	5	Falla con transferencia térmica	3	Acondicionamiento del área donde se encuentra la máquina impresora	Inspección de calidad	7	105									
3,3	Hardware del sistema	Código de barras incompleto	Proceso	Es posible que una parte de la producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	5	Seteo Incorrecto, de la cinta, problema con sensor de cinta	3	Mantenimiento preventivo de máquina impresora	visual, en el momento	1	15									
3,4	Hardware del sistema	Código de barras fácil de borrar	Proceso	Es posible que una parte de la producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	5	Falla con transferencia térmica	2	Mantenimiento preventivo de máquina impresora	Inspección de calidad	9	90									
4,0		<b>Materia prima</b>																		
4,1	Materia prima	Goma de sticker no conforme	Proceso	Es posible que una parte de la producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	5	Materia prima defectuosa	3	Pruebas químicas, auditorías	Inspección de calidad	8	120									
4,2	Materia prima	Tinta no conforme	Proceso	Es posible que una parte de la producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	5	Materia prima defectuosa	3	Pruebas químicas, auditorías	Inspección de calidad	9	135									

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 5.1.5 Herramientas de control

A continuación, en la tabla número 9, se muestran los controles propuestos, para el correcto funcionamiento o detección de nuevas causas de falla para el nuevo sistema de cambio de códigos de barras, de esta manera se busca mantener en el tiempo de una manera sistémica las mejoras propuestas para la reducción de la pérdida de trazabilidad.

*Tabla 9 Herramientas para el control del nuevo sistema de cambio de CB.*

HERRAMIENTAS DE CONTROL PARA EL NUEVO SISTEMA DE CAMBIO DE CB				
VARIABLE	JUSTIFICACIÓN	HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Mano de Obra	Error operacional, no colocar el CB, colocar CB equivocado, Imprimir varias veces un CB	Auditorías internas de punto críticos de calidad	Se debe incluir en el plan de auditorías internas el proceso de cambio de CB, deberá ser auditado con una frecuencia de 1 vez cada dos semanas	Gerencia de Aseguramiento a la calidad
Mano de Obra	Falta entrenamiento, errores operacionales por desconocimiento del sistema	Reuniones de buenas prácticas de manufactura	Se debe incluir en el plan de recursos humano de buenas prácticas de manufactura el proceso de cambio de CB para todos los involucrados, frecuencia de 1 vez por año	Jefe de RRHH, entrenadores de desarrollo organizacional
Software	Almacenamiento incorrecto de información de códigos de barras en sistema	Auditorías internas de punto críticos de calidad	Se debe incluir en el plan de auditorías internas revisar y analizar los datos guardados en sistema, de los códigos de barra reimpresos deberá ser auditado con una frecuencia de 1 vez cada dos semanas	Gerencia de Aseguramiento a la calidad, Jefe de TI
Hardware	Mal funcionamiento de impresora de códigos de barras, no imprimé, impresión no conforme, impresión inexistente	Plan de mantenimiento preventivo TI	Se debe incluir en el plan de mantenimiento de TI, la máquina impresora de cb, frecuencia 1 vez cada mes	Jefe de TI
Materia prima	Materia prima no conforme	Plan de muestreo de materias primas, laboratorio químico	Se debe incluir en el plan de muestreo de materias primas, los materiales que se utilizan para la impresión de CB	Gerencia de Aseguramiento a la calidad
AMEF	Seguimiento	Seguimiento corporativo	Se debe asegurar el correcto seguimiento del AMEF creado para el nuevo sistema de reemplazo de CB, según lo indica la corporación	Gerencia de Aseguramiento a la calidad

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

## **5.2 CRITERIO DE LOS INSPECTORES DE CALIDAD**

Debido a los resultados del análisis de sistema de medición MSA, se comprueba que los inspectores de calidad rechazan llantas con código de barras conformes como si estuvieran no conformes, el tiempo estándar del método de inspección es de 25 segundos y dentro del mismo no se incluye ningún tipo de medición, este método no se puede variar en tiempo, ya que está hecho para soportar la capacidad de producción al 100%, lo anterior quiere decir que debido a las tolerancias tan minuciosas en cuanto a la colocación del código barras, el inspector no se puede detener a medir las distancias de la colocación.

Por medio de las reuniones de buenas prácticas de manufactura y los exámenes de refrescamiento que se realizan a los inspectores de calidad, se logra constatar que los inspectores si tienen claro las tolerancias en cuando a la colocación de código de barras, por lo que la mejora propuesta se enfoca en la medición de las tolerancias establecidas y la complejidad para determinar si un código pasa o no pasa. Con lo anterior se crea la necesidad de utilizar una herramienta, que ayude a los inspectores de calidad a tomar la decisión.

### **5.2.1 Desarrollo de la propuesta**

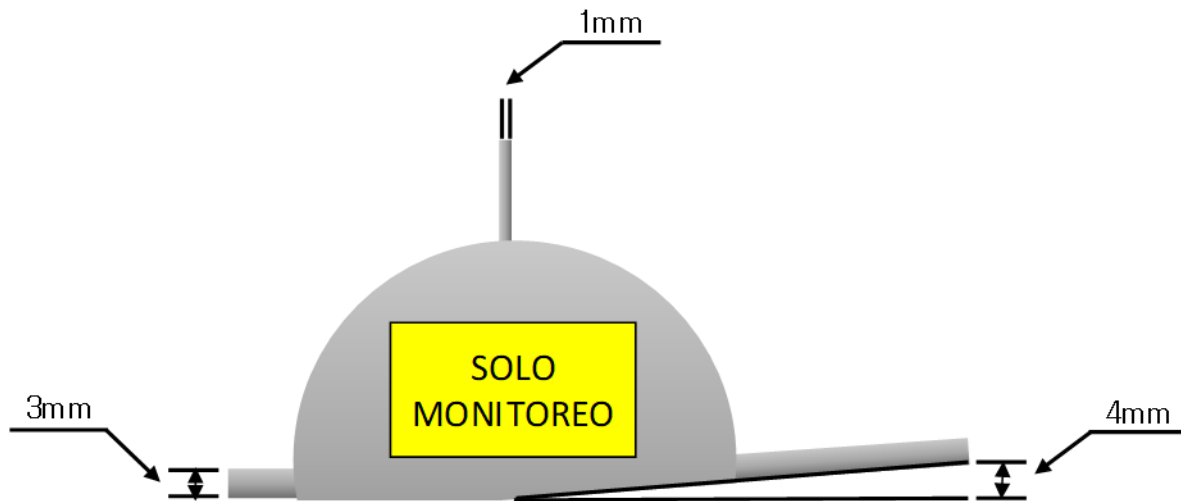
La propuesta está basada en crear una pieza de poka yoke que apoye al inspector de calidad a la hora de que surjan dudas sobre las mediciones de colocación de código de barras, ya que debido al tiempo con el que se cuenta para realizar el método de inspección, el uso de esta herramienta no interferiría en el mismo; debido a su facilidad y rapidez de utilización.

#### **5.2.1.1 Diseño de la pieza propuesta**

Para la pieza de verificación se requieren dos medidas de posición, una de 3mm y otra de 1mm, mientras que se necesita una medida de inclinación de 4mm, así se muestra en el capítulo 4, en el inciso 4.6.3.3, en donde se encuentran las tolerancias

máximas permitidas tomadas de la practica estándar corporativa, con base a este estándar se diseñó la pieza representada en la figura, a continuación.

*Figura 32 Diseño de pieza de poka yoke propuesto.*



*Fuente: Elaboración propia, 2020.*




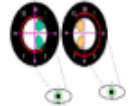
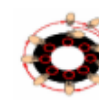
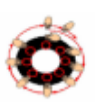



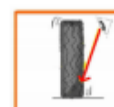
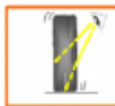





### **5.2.1.2 Integración al estándar**

El método de inspección realizado por los inspectores de calidad es sumamente crítico, ya que es el último filtro de calidad de cada una de la llantas que se producen, el método es en su mayoría visual y requiere de la concentración de la persona que lo aplica, es por eso que existe un monitoreo de este, que se realiza a cada uno de los inspectores de forma individual, por medio de un circuito cerrado de video, ya sea en tiempo real o bien obteniendo un video específico de la base de datos de este sistema. Con esto se le asigna una nota a cada evaluado que tiene injerencia en el incentivo de calidad.

El monitoreo consiste en evaluar el paso a paso del método de inspección y su respectivo cumplimiento según el estándar establecido, es realizado por el grupo de ingenieros encargados del área de inspección final, por los auditores de proceso y los ingenieros de calidad. Debido a la inclusión de una nueva herramienta al proceso como lo es la pieza de poka yoke propuesta, se crea la necesidad de agregar un ítem que haga

referencia al uso de esta pieza en el monitoreo de inspección. En la figura numero 30 a continuación se muestra la integración del nuevo ítem.

Figura 33 Monitoreo del método de inspección.

Lado 1		Lado 2		Puntos NC	Nota
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Escaneo de llanta Toda llanta que se vaya a revisar debe ser escaneada por parte del operador este paso debe hacerse una vez que se recibe la llanta. 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Uso de Poka Yoke Todo código de barras sospechoso de estar no conforme, deberá ser evaluado con la pieza de poka yoke 				
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección Caja Interna La mirada debe dirigirse hacia la zona #5 siguiendo la mano, la cual revisará con la derecha la parte izquierda y con la mano derecha la izquierda, asegurando la revisión del 50% de la caja en cada movimiento. El pulgar debe estar sobre el dedo de la caja y la palma de la mano abierta sobre la parte interna de la pared. 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección Caja Interna La mirada debe dirigirse hacia la zona #5 siguiendo la mano, la cual revisará con la derecha la parte izquierda y con la mano derecha la izquierda, asegurando la revisión del 50% de la caja en cada movimiento. El pulgar debe estar sobre el dedo de la caja y la palma de la mano abierta sobre la parte interna de la pared. 			1	93,33%
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección Pared La mano debe iniciar y terminar en el mismo punto para asegurar el 100% de la pared. La vista debe seguir la mano que pasará por toda la pared, la mano funciona para sentir defectos y guía de los ojos. La mano al pasar por la pared debe estar abierta y con los cuatro dedos debemos tocar la zona. 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección Pared La mano debe iniciar y terminar en el mismo punto para asegurar el 100% de la pared. La vista debe seguir la mano que pasará por toda la pared, la mano funciona para sentir defectos y guía de los ojos. La mano al pasar por la pared debe estar abierta y con los cuatro dedos debemos tocar la zona. 			2	86,67%
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección de Hombro Tomar un punto fijo y rotar la llanta únicamente 360 grados (1 vuelta) para asegurar que revisamos el 100% del hombro. El punto fijo puede ser el código de barras. Se debe dar una rotación de 360 grados en un tiempo de 2.2 segundos. La vista debe estar en la zona #2 y sincronizada con los movimientos. 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección de Hombro Tomar un punto fijo y rotar la llanta únicamente 360 grados (1 vuelta) para asegurar que revisamos el 100% del hombro. El punto fijo puede ser el código de barras. Se debe dar una rotación de 360 grados en un tiempo de 2.2 segundos. La vista debe estar en la zona #2 y sincronizada con los movimientos. 			3	80,00%
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección de zona que abarca desde la línea de ventilación hasta el talón de la caja Tomar un punto fijo y rotar la llanta únicamente 360 grados (1 vuelta) para asegurar que revisamos el 100% del talón. El punto fijo puede ser el código de barras. Se debe dar una rotación de 360 grados en un tiempo de 2.2 segundos. La vista debe estar en el talón de la caja y sincronizada con los movimientos. Con una mano se debe girar la llanta y con la otra se debe colocar un dedo sobre el talón. 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección de zona que abarca desde la línea de ventilación hasta el talón de la caja Tomar un punto fijo y rotar la llanta únicamente 360 grados (1 vuelta) para asegurar que revisamos el 100% del talón. El punto fijo puede ser el código de barras. Se debe dar una rotación de 360 grados en un tiempo de 2.2 segundos. La vista debe estar en el talón de la caja y sincronizada con los movimientos. Con una mano se debe girar la llanta y con la otra se debe colocar un dedo sobre el talón. 			4	73,33%
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección interna Tomar un punto fijo y rotar la llanta únicamente 360 grados (1 vuelta) para asegurar que revisamos el 100% de la parte interna. El punto fijo puede ser el código de barras. Se debe dar una rotación de 360 grados en un tiempo de 2.3 segundos. La vista debe estar en la parte interna de la pared del lado contrario y el sellante, además de sincronizada con los movimientos. Con una mano se debe girar la llanta y la otra se debe colocar dentro de la llanta, tocando la parte interna de la pared del lado contrario, esto con la mano abierta 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección interna Tomar un punto fijo y rotar la llanta únicamente 360 grados (1 vuelta) para asegurar que revisamos el 100% de la parte interna. El punto fijo puede ser el código de barras. Se debe dar una rotación de 360 grados en un tiempo de 2.3 segundos. La vista debe estar en la parte interna de la pared del lado contrario y el sellante, además de sincronizada con los movimientos. Con una mano se debe girar la llanta y la otra se debe colocar dentro de la llanta, tocando la parte interna de la pared del lado contrario, esto con la mano abierta 			5	66,67%
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Inspección del rodado Tomar un punto fijo y rotar la llanta únicamente 360 grados (1 vuelta) para asegurar que revisamos el 100% del rodado. Se debe dar una rotación de 360 grados en un tiempo de 2.6 segundos. La vista debe estar en el 100% del rodado y sincronizada con los movimientos. 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Colocar sello La llanta cuando sea aceptada por el inspector debe ser sellada, si es aceptada el sello debe ir en la placa de la semana y si es rechazada debe ser escaneada como NG. Si la llanta por alguna razón le llega al inspector con un sello, este debe tratarla como una llanta normal y sellarla como conforme o escanear no conforme según sea el caso. En caso del sello en llantas TSR ver AV-133-152 			6	60,00%
<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Tiempo de revisión El tiempo para llantas PSR y TSR es 24±2 segundos y para LTR, PSAG, LTS 28±3 segundos 	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No Cumple Revisión de toda la llanta aunque tenga no conformidad La llanta debe ser revisada totalmente aunque se encuentre un defecto en la misma desde el paso 2, lo que aplica es marcar el defecto encontrado y hasta el final coloco el sello de rechazo y la envío al classifier. 			7	53,33%
				8	46,67%
				9	40,00%
				10	33,33%
				11	26,67%
				12	20,00%
				13	13,33%
				14	6,67%
				15	0,00%
				<b>Vídeo 1</b>	
				Día	
				Hora inicio	
				Hora final	
				Cámara	
				<b>Vídeo 2</b>	
				Día	
				Hora inicio	
				Hora final	
				Cámara	
				<b>Vídeo 3</b>	
				Día	
				Hora inicio	
				Hora final	
				Cámara	

Numero de Asociado

Firma

Nombre de Monitor

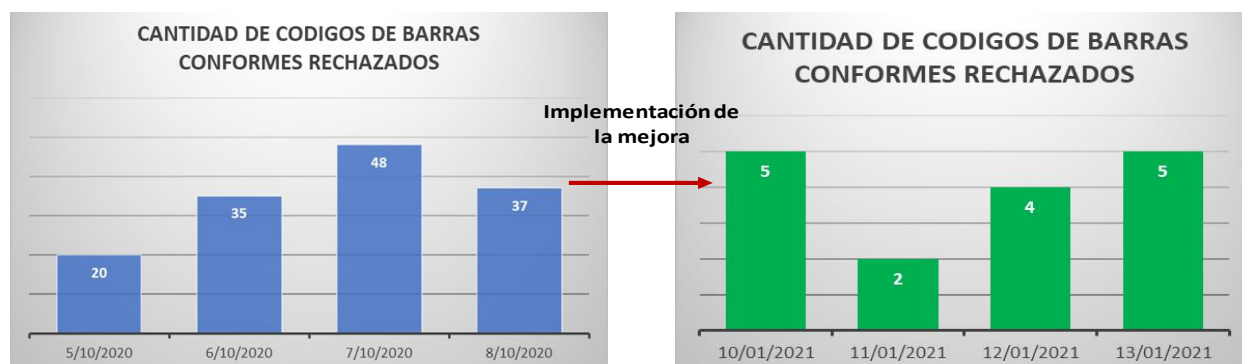
Firma

F-133-27 R3

Fuente: Depto. de mejora continua, Bridgestone CR, 2021.



Figura 35 Comparación de muestreo, gráficos de códigos de barras conformes rechazados.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 5.2.4 Herramientas de control

En la tabla número 10, se muestran los controles propuestos, para el correcto funcionamiento del uso del poka yoke en el método de inspección, esto con el fin de que esta mejora se mantenga en el tiempo, para así, disminuir la probabilidad de pérdida de trazabilidad al cambiar códigos de barras no conformes.

Tabla 10 Herramientas para el control de la implementación de Poka Yoke.

HERRAMIENTAS DE CONTROL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL POKA YOKE				
VARIABLE	JUSTIFICACIÓN	HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Mano de Obra	El no uso de la pieza de poka yoke	Monitoreos del método inspección	Se debe incluir en paso a paso del monitoreo del método de inspección el uso de la pieza de poka yoke, debe evaluarse 1 vez a la semana a cada inspector	Jefe de inspección final
Mano de Obra	Uso inadecuado de la pieza de poka yoke	Reuniones de buenas prácticas de manufactura	Se debe incluir en el plan de recursos humano de buenas prácticas de manufactura el uso de la pieza de poka yoke, frecuencia de 1 vez por año	Jefe de RRHH, entrenadores de desarrollo organizacional
Material o herramientas	Estado de las piezas de poka yoke	Calibración de instrumentos	Se debe incluir la pieza de poka yoke en la calibración de instrumentos de solo monitoreo, con el fin de garantizar que las medidas de esta sean las correctas	Gerencia de Aseguramiento a la calidad, Laboratorio de calibración
Material o herramientas	Pérdida de las piezas de poka yoke	Auditorías de proceso	Se debe incluir las auditorías de puntos críticos de calidad, la existencia de una pieza de poka yoke por inspector, la cual debe estar en el puesto de trabajo en todo momento	Gerencia de Aseguramiento a la calidad, Jefe de inspección final

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## **CAPÍTULO VI**

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo del proyecto, y el análisis realizado en este, se logró abordar de manera directa el problema, permitiendo proponer mejoras efectivas y probadas, por lo que se puede concluir que se cumplió los objetivos propuestos.

#### 6.1.1 Objetivo general

Consistía en disminuir la pérdida de trazabilidad, al cambiar los códigos de barras no conformes en el área de inspección final, esto, mediante la metodología DMAIC, con el fin de favorecer al aseguramiento a la calidad. Luego de la implementación de las mejoras propuestas, se obtienen resultados satisfactorios tal y como se observa en la tabla 11 a continuación.

Tabla 11 Porcentajes de mejora en disminución de pérdida de trazabilidad.

Porcentajes de pérdida de trazabilidad		
ene-20	ene-21	% de mejora
7,20%	0,69%	90,42%
feb-20	feb-21	% de mejora
6,30%	0,78%	87,54%
oct-20	nov-20	% de mejora
5,90%	0,68%	88,48%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La tabla 11 muestra los porcentajes de pérdida de trazabilidad, en donde, a partir de la implementación de la mejora en noviembre del 2020 se obtiene un 0,68% de pérdida de trazabilidad, representando un 88,48% de mejora en la disminución con respecto a octubre de 2020 que cerró en un 5,90%.

Comparando los porcentajes de pérdida de trazabilidad de los meses de enero y febrero 2020, con respecto a enero y febrero del año 2021, se obtiene una mejora de

90,42% y 87,54% respectivamente, lo anterior constata la efectividad de las mejoras propuestas, en el capítulo anterior de este documento.

## **6.1.2 Objetivos específicos**

### **6.1.2.1 Evaluar el método, las herramientas y la materia prima que se utilizan para el reemplazo de códigos de barras no conformes.**

Mediante la realización de herramientas como gemba, análisis de chi cuadrado y análisis de información, se logró determinar las principales causas que podrían afectar directamente al incremento de la pérdida de trazabilidad, por lo que a partir de este objetivo se logra concluir lo siguiente.

- El método de transferencia de información funciona si se realiza correctamente, siempre y cuando no haya fallos en los sistemas informáticos.
- Según la prueba de chi cuadrado realizada, la transferencia en el software del pc es más confiable que la transferencia en el panelview, sin embargo, ambas tienen probabilidad de error.
- No existe ninguna herramienta ni bloqueo sistemático que obligue a que se asegure la transferencia de información en todos los casos.
- No existe control ni plan de muestreo para las materias primas del departamento de impresión.
- El tener gran cantidad de códigos de barras preimpresos en el puesto del clasificador máster, desfavorece a la metodología 5s.

### **6.1.2.2 Cuantificar totalidad de códigos de barras reemplazados y con pérdida de trazabilidad en el año 2020.**

Mediante la recolección de datos cuantitativos, se logró determinar con mayor exactitud el porcentaje de pérdida de trazabilidad para el año 2020, además cualitativamente se lograron asignar las principales causas de pérdida de trazabilidad, lo que permitió definir una línea de desarrollo del proyecto, con lo anterior, se puede concluir lo siguiente.

- La cantidad de pérdida de trazabilidad hace que el presente proyecto sea viable en cuanto a mejora de calidad y costos.
- Se logra determinar que la principal causa de pérdida de trazabilidad se ocasiona en el proceso de transferencia de información.
- Se constata que los clasificadores máster no realizan la transferencia de información de la totalidad de las llantas rechazadas con código de barras no conforme.
- Se logra identificar una oportunidad de mejora en la calidad de la tinta de los códigos de barra (borrosos).

### **6.1.2.3 Realizar un estudio de tiempos y movimientos del método de cambio de códigos no conformes actual y del método propuesto.**

Anteriormente para el proceso de reemplazo de códigos de barras no conformes no existía un cálculo del tiempo estándar, por lo que analizando el problema fue de suma importancia obtener este parámetro, ya que no se tenía la certeza de que este tiempo estuviera influyendo en la omisión de la transferencia de información, además de poder compararlo con un método propuesto, de lo anterior se derivan las siguientes conclusiones.

- Al no existir cálculo de tiempo estándar no se logra identificar la oportunidad de mejora en el método.
- El tiempo estándar del método de cambio de códigos de barras no conformes puede ser causante de la omisión de la transferencia de información cuando el clasificador máster tiene mucho flujo de llantas en el sistema.
- El tiempo estándar del método de cambio de códigos de barras es 19,69 segundos, mientras que el método propuesto es de 7,05 segundos, representando un 64,09% de mejora.

#### **6.1.2.4 Analizar el criterio de los inspectores de calidad relacionado con el cambio de códigos de barras.**

Mediante los resultados de un estudio de MSA se logra medir el criterio de los inspectores de calidad en cuanto a las tolerancias de códigos de barras sospechosos de estar no conformes, con lo anterior, se concluye lo siguiente.

- El tiempo estándar del método de inspección, no permite a los inspectores realizar la medición con instrumento (regla) de todos los códigos sospechosos de estar no conformes.
- El criterio de los inspectores de calidad no es consistente y poco confiable a la hora de evaluar las llantas con código de barras sospechosos de estar no conformes.
- El porcentaje de error general que arrojó el estudio es de 19,6%, lo que no es aceptable dentro de los estándares corporativos.
- Los inspectores de calidad necesitan una herramienta que les permita realizar las mediciones necesarias al código de barras sospechoso, dentro del tiempo estándar del método de inspección.
- En cuanto a códigos de barras inclinados es más difícil para los inspectores acertar con el estándar de calidad.

### 6.1.2 Impacto económico

El costo generado por desecho de producto, horas hombre del personal de aseguramiento a la calidad y logística del año 2020 fue de \$20,335.00. Antes de la implementación de las mejoras entre los meses de enero a octubre del año 2020 fue de \$20,275.00, esto sin tomar en cuenta el mes de abril, ya que este mes la planta detuvo operaciones a raíz de la emergencia nacional por COVID-19, esto quiere decir que el costo mencionado se deriva de nueve meses de operación.

Con lo mencionado anteriormente, antes de las mejoras implementadas se tenía un costo mensual promedio de \$2,252.78, mientras que luego de implementar las mejoras, luego de cuatro meses de medición entre noviembre de 2020 y febrero de 2021 se tiene un costo mensual promedio de \$22,50.00, esto representa una reducción en los costos de \$2,230.28 por mes aproximadamente. Cabe acotar que se manejan promedios mensuales ya que los costos varían no solo en base a la cantidad de producto final involucrado, sino donde se encuentre el este al momento de la retención, ya que se genera un alto costo al traer contenedores ya listos para embarcar en puerto, así sea por una sola unidad involucrada.

Tabla 12 Impacto económico del proyecto.

COSTOS ANTES DE IMPLMENTAR MEJORAS	COSTOS DESPUES DE IMPLEMENTAR MEJORAS
\$2 252,78	\$22,50
REDUCCIÓN PROMEDIO DE COSTOS MENSUALES	
\$2 230,28	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para lograr la implementación de las mejoras fue necesario invertir recursos como, horas hombre, máquina impresora de códigos de barras, tiempos no operativos y desarrollo de piezas de poka yoke. La herramienta utilizada para determinar el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión es la tasa interna de retorno (TIR), lo anterior dará una medida relativa de rentabilidad por lo que se expresará de manera porcentual. A continuación, en la figura 32 se muestra un detalle de los costos de la inversión inicial, el promedio de ahorro anual proyectado y el TIR.

Figura 36 Impacto económico del proyecto.

INVERSION DEL PROYECTO - RECURSO HUMANO				
Mano de obra - Detalle	Cantidad de personas	Cantidad de horas	Costo por hora	Costo total
Entrenador desarrollo organizacional	1	24	\$7,35	\$176,47
Clasificadores master - entrenamiento	4	2	\$6,21	\$49,67
Inspectores de calidad - entrenamiento	44	1	\$5,72	\$251,63
Matricero - piezas poka yoke	1	36	\$5,39	\$194,12
Ingeniero - Definición estandar	1	12	\$8,99	\$107,84
Programador - creación aplicacación	1	4	\$9,80	\$39,22
<b>COSTO TOTAL GENERAL</b>				<b>\$818,95</b>
INVERSION DEL PROYECTO - RECURSO MATERIAL Y TECNOLOGICO			<b>INVERSION TOTAL DEL PROYECTO</b>	
Material - Detalle	Cantidad	Costo		
Lamina de acero inoxidable - poka yoke	1	\$450,25	<b>\$4 435,75</b>	
Estructura de impresora	1	\$365,50		
Máquina impresora del CB	1	\$2 350,00		
Infraestructura de computo	1	\$150,60		
Respuestos y suministro	1	\$300,45		
<b>COSTO TOTAL GENERAL</b>				
TIR	PROMEDIO AHORRO MENSUAL		PROMEDIO AHORRO ANUAL PROYECTADO	
47%	\$2 230,00		\$26 760,00	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El cálculo de la tasa interna de retorno se calcula tomando en cuenta costos de insumos necesarios, depreciación anual de los equipos nuevos y costos de mantenimiento. En resumen, a lo anterior mencionado se obtiene la siguiente tabla resumen.

Tabla 13 Tabla resumen de tasa interna de retorno.

TABLA RESUMEN DE TASA INTERNA DE RETORNO	
DESCRIPCION	VALOR
Inversión total inicial	\$4 435,75
Costos insumos anual	\$1 380,00
Depreciación de equipos anual	\$705,00
Costos de mantenimiento anual	\$180,00
Promedio de ahorro anual proyectado	¢26 760,00
<b>TIR</b>	<b>47%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se obtiene una tasa interna de retorno del 47%, según los parámetros utilizados dentro de la compañía para la aceptación de proyectos, se maneja una tasa interna de retorno superior al 20%, por lo que el proyecto actual es completamente viable.

## 6.2 RECOMENDACIONES

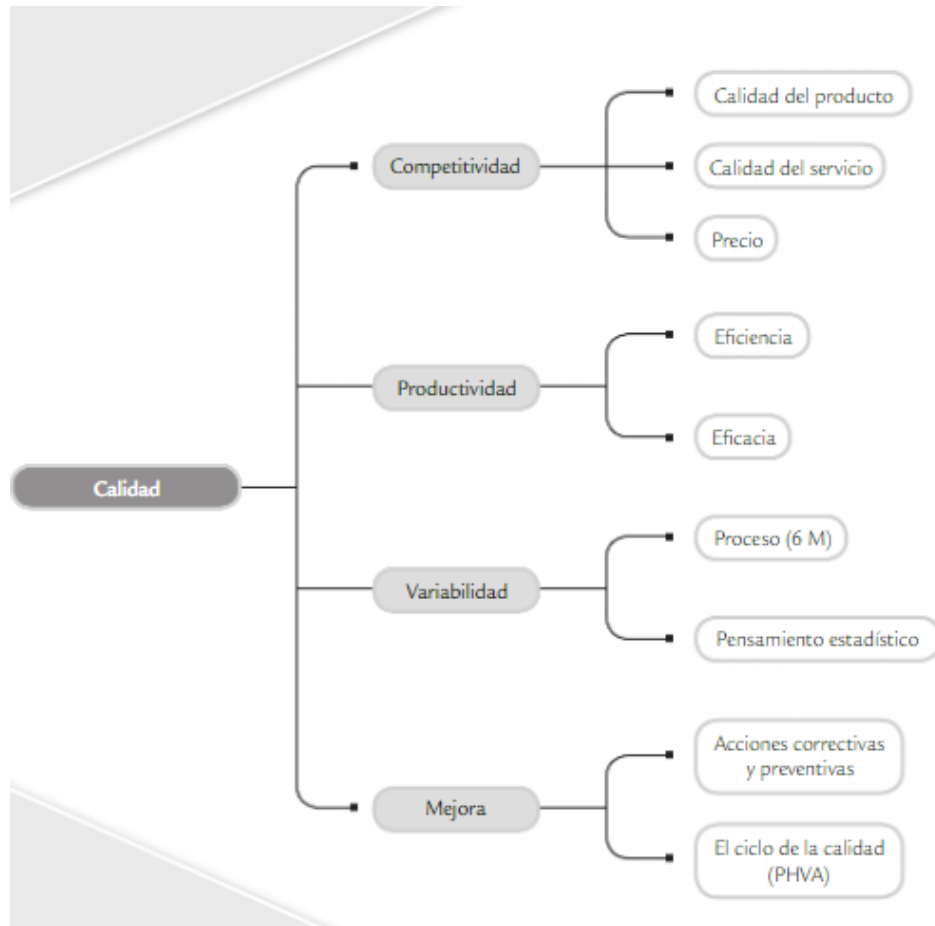
1. Se debe cambiar el método de cambio de códigos de barras no conformes, del método de transferencia de información del código original al código nuevo a el método de copia del código de barras original.
2. Se debe incluir en el plan de muestreo de materias primas para pruebas químicas a todos los lotes de tinta que ingresan al departamento de impresión, con el fin de su aprobación por parte del departamento de calidad antes de su uso.
3. Se debe incluir dentro del estándar de inspección de calidad, el uso de la nueva piza de poka yoke, como herramienta necesaria para la toma de decisiones a la hora de rechazar códigos de barras sospechosos de estar no conformes.
4. Se debe incluir en los monitoreos del método de inspección de calidad, realizado a los inspectores, el uso de la pieza de poka yoke, además se debe auditar el estado de estas una vez por semana.
5. Las piezas de poka yoke deberán ser incluidas en el plan de revisión del laboratorio de calibración como herramienta de solo monitoreo.
6. Se debe auditar al menos una vez a la semana el funcionamiento del sistema de copia de códigos de barras, en donde se puedan identificar, registros, usuarios y copias realizadas.
7. Se debe dar un seguimiento por parte del departamento de aseguramiento a la calidad al documento AMEF generado a raíz del cambio del método de cambios de códigos no conformes.

## Referencias Bibliográficas

- Bautista, A., & Pastor, C. (1997). *¿Qué es tecnología educativa?* España, Sevilla: Píxel-Bit. Revista De Medios Y Educación
- Carro, R. & González, D. (2012). *Administración de la calidad total*. Argentina : Universidad Nacional de Mar del Plata
- Cohen, D, Asín, E. & Abad, A. (2019). *Especialidad en telecomunicaciones 2*. México: McGraw-Hill Interamericana
- Fabricky, W.J. & Torgensen, P. (1966). *Operations Economy*. Englewoods Cliffs : Prentice-Hall
- Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México, D.F.: McGraw-Hill
- Mendez A. (2020). *Plan de mejora*. (2019). Obtenido de Plan de mejora: <https://www.plandemejora.com/que-es-grafica-de-barras-ejemplos/>
- Ortiz, M. (2020). *Excel Total*. (2020). Obtenido Excel Total: <https://exceltotal.com/lineas-de-tendencia-en-excel/>
- Principios de trazabilidad* (2020). Obtenido de Keyence: [https://www.keyence.com.mx/ss/products/marketing/traceability/basic\\_about.jsp](https://www.keyence.com.mx/ss/products/marketing/traceability/basic_about.jsp)
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad, manual práctico*. Suiza : Organización internacional del trabajo
- Prueba de chi cuadrado* (2020). Universidad Nacional Autónoma de México.: <http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica>
- Ramonet, J. (2013). *Análisis y diseño de procesos empresariales*. Obtenido de: [https://www.jramonet.com/sites/default/files/adjuntos/diagramas\\_flujo\\_jrf\\_v2013.pdf](https://www.jramonet.com/sites/default/files/adjuntos/diagramas_flujo_jrf_v2013.pdf)

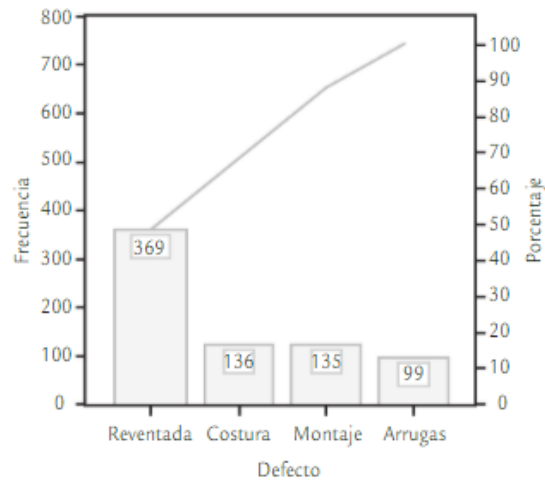
- Reyes, E. (2019). *Cálculo del PRI*. Obtenido de emprendedor inteligente: <https://www.emprendedorinteligente.com/periodo-de-recuperacion-de-la-inversion/>
- Salazar, B. (2019). *Cálculo de tiempo estándar*. Obtenido de Ingeniería Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/calculo-del-tiempo-estandar-o-tiempo-tipo/>
- Sánchez, G. (2018). *Planificación e implementación del análisis de los sistemas de medición en la empresa Denso Manufacturing, bajo los lineamientos del Manual MSA*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Solé, R. (2011). *Técnicas de evaluación de flujos de inversión: Mitos y Realidades*, San José, Costa Rica: Revista de ciencias económicas, 29. Universidad de Costa Rica
- Sosa, I. (2017). *Propuesta de un sistema de trazabilidad de productos para la cadena de suministro agroalimentaria*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Stinger, J. (2012). *Introducción a la ingeniería industrial*. Estado de México : Red Tercer Milenio S.C.
- Terrazas, R. (2011). *Perspectivas, núm. 28*. Cochabamba Bolivia: Universidad Católica Boliviana San Pablo Bolivia
- Val, S. & Valtueña, J. (2007). *Calidad*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana

## Anexos:



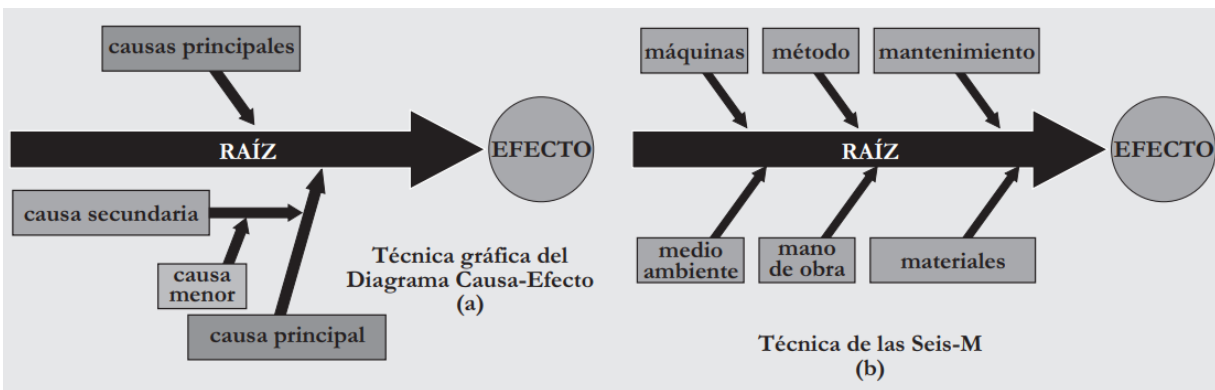
Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (tercera edición).

**Figura (Anexo #1) la gestión de la calidad**



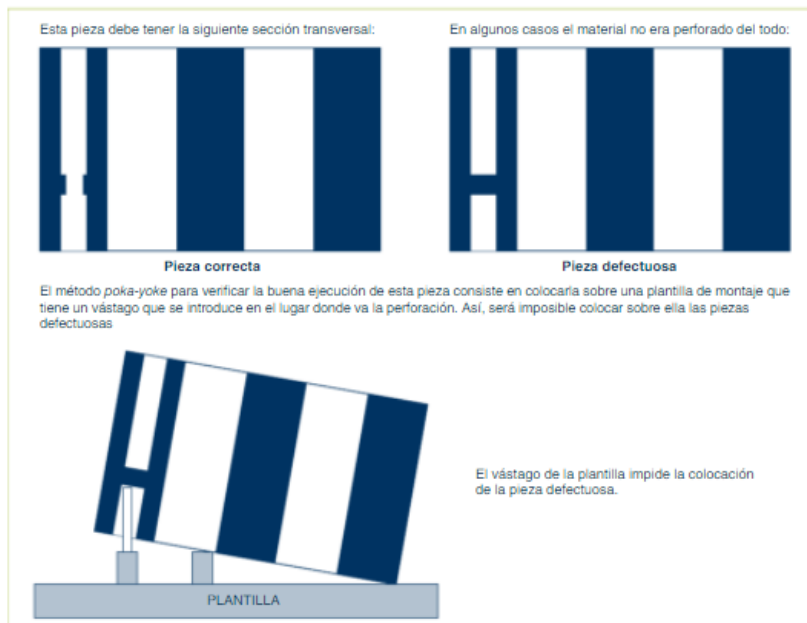
Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (tercera edición).

**Figura (Anexo #2) Ejemplo de Pareto para problemas en botas.**



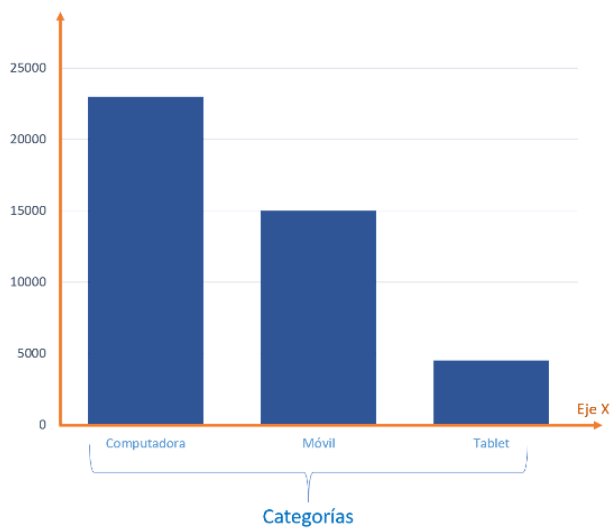
Fuente: Administración de la calidad total.

**Figura (Anexo #3) Elaboración del diagrama Ishikawa**



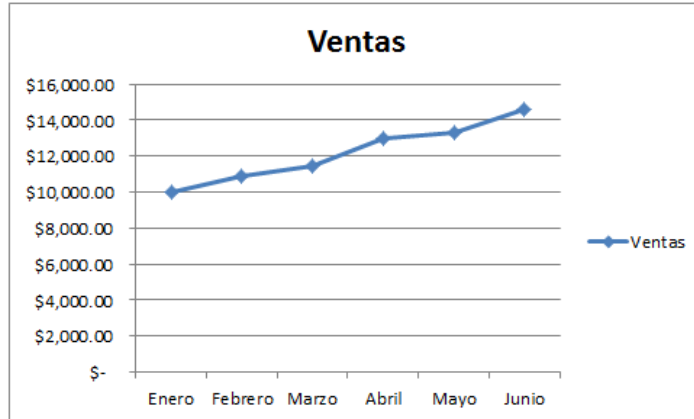
Fuente: Calidad.

**Figura (Anexo #4) Ejemplo de fabricación de plantilla de poka-yoke**



Fuente: Pagina web, Plan de mejora.

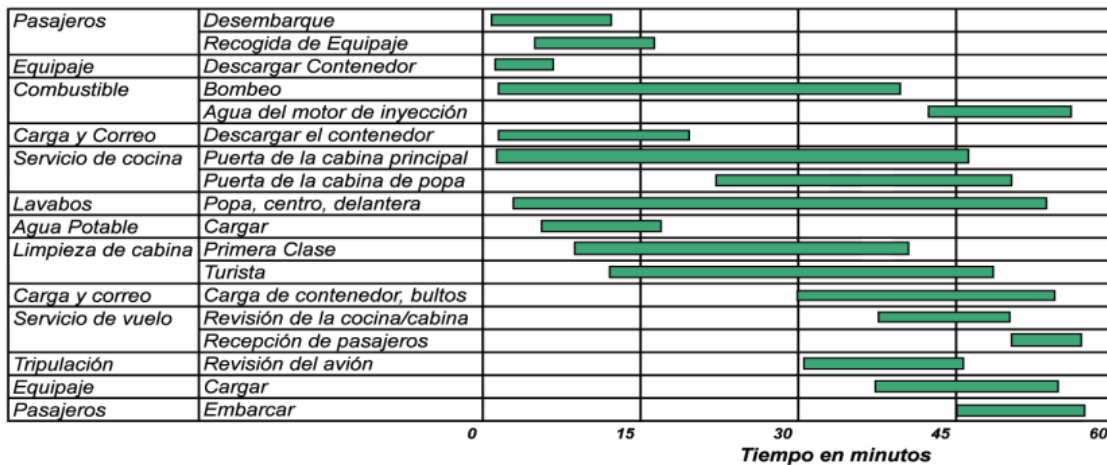
**Figura (Anexo #5) Ejemplo de gráfico de barras simple**



Fuente: Pagina web, Excel Total.

**Figura (Anexo #6) Ejemplo de gráfico de tendencia simple**

**Figura 3. Diagrama de Gantt para las actividades de escala de un avión de pasajeros**



Fuente: Perspectivas.

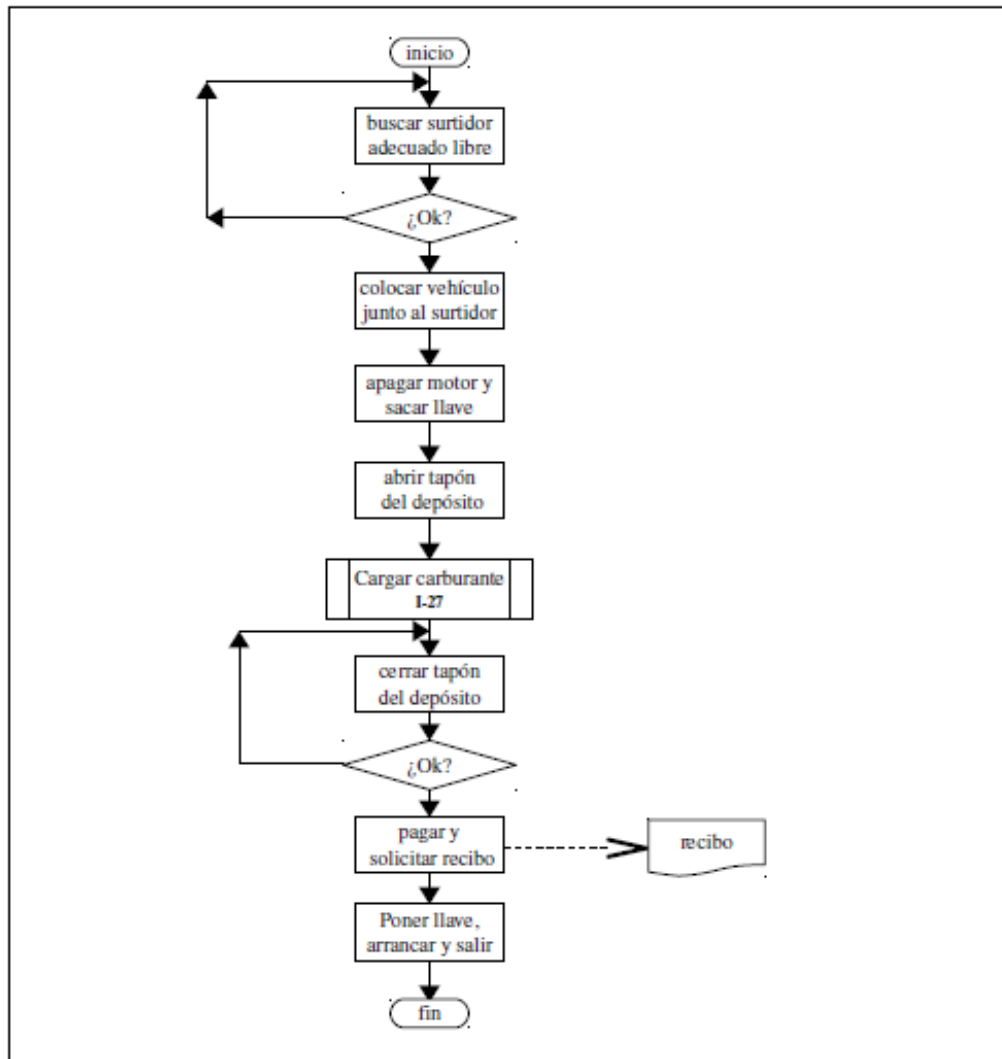
**Figura (Anexo #7) Ejemplo de un diagrama de Gantt sencillo**

### Ejemplo: Repostar carburante en estación de servicio.

**Propósito:** Reponer carburante del vehículo.

**Actividad o evento inicial** (ejecutado o acontecido): Acceder a una estación de servicio abierta al público.

**Actividad o evento final:** Abandonar la estación de servicio.



Fuente: Pagina web, Jaime Ramonet.

**Figura (Anexo #8) Ejemplo de diagrama de flujo**

Para obtener el promedio por elemento es necesario:

- ✓ Sumar las lecturas que han sido consideradas como consistentes.

LECTURAS DEL ELEMENTO 1										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma ( $\sum Xi$ )
0.345	0.335	0.350	0.347	0.501	0.345	0.350	0.349	0.344	0.345	3.11

En este caso la lectura N° 5, no es considerada como consistente.

- ✓ Se anota el número de lecturas consideradas para cada elemento como consistentes (LC = Lecturas Consistentes).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma ( $\sum Xi$ )	LC
0.345	0.335	0.350	0.347	0.501	0.345	0.350	0.349	0.344	0.345	3.11	9

En este caso el número de lecturas consistentes es igual a 9.

- ✓ Se divide para cada elemento las sumas de las lecturas, entre el número de lecturas consideradas; el resultado es el tiempo promedio por el elemento ( $T_e$  = Tiempo Promedio por elemento).

$$T_e = \frac{\sum Xi}{LC} \text{ por ejemplo } T_e = \frac{3.11}{9} = 0.345$$

En este paso debe considerarse si en el proceso de **valoración del ritmo** se determinó un factor de cadencia para cada elemento o para cada lectura.

- ✓ En el caso de haberse determinado una valoración para cada elemento, se procederá así para cada elemento ( $T_n$  = Tiempo Normal):

$$T_n = T_e \times \frac{\text{Valor Atribuido}}{\text{Valor Estándar}}$$

Por ejemplo si asumimos que el trabajador tuvo un factor de ritmo de trabajo equivalente a 95; y asumimos: (como es común) que el factor de ritmo estándar equivale a 100; tendremos que (para un tiempo promedio de 0.345):

$$T_n = 0.345 \times \frac{95}{100} \cong 0.328$$

- ✓ En el caso de haberse determinado una valoración para cada lectura (observación de tiempo), se procederá así para cada elemento:

$$T_n = T_e \times \frac{\sum(\text{Valores Atribuidos})}{\text{Valor Estándar} \times LC}$$

En este paso, al tiempo básico o normal se le suman las tolerancias por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo concedido por cada elemento. Se procederá así para cada elemento ( $T_t$  = Tiempo concedido elemental):

$$T_t = T_n \times (1 + \text{Suplementos})$$

Por ejemplo si asumimos que al elemento corresponden unos suplementos del 13%; tendremos que (para un tiempo normal de 0.328):

$$T_t = 0.328 \times (1 + 0.13) \cong 0.371$$

### 5. Suavización por frecuencia (tiempo concedido total)

En este paso se calcula la frecuencia por operación o pieza de cada elemento, es decir ¿cuántas veces se ejecuta el elemento para producir una pieza?. Los **elementos repetitivos**, por definición, se dan por lo menos una vez en cada ciclo de la operación, de modo que en su respectivo renglón se pondrá 1/1 si se dan una vez por operación, o 2/1 si se dan 2 veces por operación.

Los **elementos casuales** (por ejemplo afilar herramientas), pueden suceder solo cada 5, 10 o 50 ciclos; en este caso se anotará en su respectivo renglón de frecuencia 1/5 en caso de darse ese elemento (afilar herramientas, p.e) una vez cada 5 operaciones, o 1/10 si se da 1 vez luego de 10 operaciones.

Luego se multiplica el Tiempo Concedido Elemental ( $T_e$ ) por la frecuencia del elemento (que se escribirá, tal como ya lo mencionamos en forma de fracción). A el producto de esta multiplicación se le denominará Tiempo Total Concedido ( $T_{tc}$  = Tiempo Total Concedido).

$$T_{tc} = T_e \times \text{Frecuencia}$$

Podemos decir que el elemento que nos ha servido como ejemplo es un **elemento repetitivo**, y que este se presenta 3 veces por operación. Es decir, en la operación para producir la pieza A, se debe realizar 3 veces el elemento que calcularemos (Para un tiempo  $T_t$  equivalente a 0.371):

$$T_{tc} = 0.371 \times \frac{3}{1} = 1.113$$

### 6. Tiempo estándar o tipo

En este paso se suman los tiempos totales concedidos para cada elemento que forme parte de una operación, y se obtiene el tiempo estándar por operación.

$$\sum T_{tc} = \text{Tiempo Estándar}$$

Supongamos que el elemento que nos ha servido como ejemplo, es denominado elemento «A», y forma parte de una serie de elementos denominados elementos A, B, C, D, E, F. Tendremos así que:

Elemento	$T_{tc}$ (Tiempo Total Concedido)
A	1.113
B	2.106
C	1.590
D	3.520
E	1.008
F	1.464
Tiempo Estándar ( $\sum(T_{tc})$ )	10.345

Fuente: Pagina web, ingeniería industrial online.

## Figura (Anexo #9) Calculo del tiempo estándar

TABLA 14.1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla

Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el producto (efecto para el cliente)	Puntuación	Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el proceso (efecto para manufactura/ensamble)
Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso.	10	Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.
	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto).	8	Trastorno o afectación mayor	El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción o del embarque.
	Degradación de la función primaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño).	7	Trastorno o afectación significativa	Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores.
Pérdida o degradación de función secundaria	Pérdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables).	6	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
	Degradación de función secundaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño de las funciones de confort o comodidad)	5		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%).	4	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por muchos clientes (50%).	3		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%).	2	Trastorno o afectación menor	Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador.
Ningún efecto	Ningún efecto perceptible para el cliente.	1	Ningún efecto	Ningún efecto perceptible

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (tercera edición).

**Figura (Anexo #10) Clasificación y puntuaciones para la severidad del efecto de falla**

ANÁLISIS DE MODO  
Y EFECTO DE LAS FALLAS  
(PROCESO)

AMEF número \_\_\_\_\_ A  
Página \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
Preparado por \_\_\_\_\_ H  
Fecha AMEF (Original) \_\_\_\_\_ F

Artículo \_\_\_\_\_ B  
Responsable del proceso \_\_\_\_\_ C  
Modelo/Año(s) / Programas \_\_\_\_\_ D  
Fecha clave \_\_\_\_\_ E  
Equipo principal \_\_\_\_\_ G

Etapa/función de proceso/ requerimientos	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de la falla	Severidad	Clasificación	Causa(s) potenciales de la falla	Proceso actual					Acciones recomendadas	Responsabilidad y fecha compromiso	Resultados de acciones										
						Controles preventivos	Ocurrencia	Controles de detección	Detección	NPR			Acciones tomadas, y fecha de finalización	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR						

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (tercera edición).

**Figura (Anexo #11) Criterios para evaluar la ocurrencia de las causas potenciales de**

TABLA 14.2 Criterios para la evaluación de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMEF

Posibilidad de falla	Criterio: ocurrencia de las causas (incidentes por piezas/producto)	Puntuación
Muy alta	$\geq 100$ por cada mil piezas $\geq 1$ de cada 10	10
Alta	50 por cada mil piezas 1 en cada 20	9
	20 por cada mil piezas 1 en cada 50	8
	10 por cada mil piezas 1 en cada 100	7
Moderada	2 por cada mil piezas 1 en cada 500	6
	0.5 por cada mil piezas 1 en cada 2 000	5
	0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10 000	4
Baja	0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100 000	3
	$\leq 0.001$ por cada mil piezas 1 en cada 1 000 000	2
Muy baja	Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo	1

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (tercera edición).

## Figura (Anexo #12) Criterios para evaluar la ocurrencia de las causas potenciales de falla

TABLA 14.3 Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.

Oportunidad de detección	Criterio: posibilidad de detección por los controles del proceso	Puntuación	Posibilidad de detección
Ninguna oportunidad de detección	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.	10	Casi imposible
No es probable detectar en cualquier etapa	El modo de falla y/o la causa(error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorías aleatorias).	9	Muy remota
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído.	8	Remota
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	7	Muy Baja
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	6	Baja
Detección del problema en la fuente	El modo de falla o la causa del error se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes y notifican al operador (luz, sonidos, etc.). Se realizan mediciones al arranque y la primer pieza se verifica (sólo para causas relacionadas con el arranque).	5	Moderada
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente.	4	Moderadamente alta
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente.	3	Alta
Detección del error y/o prevención del problema	Se detecta la causa(error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepantes.	2	Muy Alta
No se aplica detección, se previene el error	Se previene la causa(error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.	1	Casi segura

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigma (tercera edición).

## Figura (Anexo #13) Criterios para estimar la posibilidad de detección de falla

$VAN = \sum_{t=1}^n FC_t (1+d)^{-t} - I_0$  donde:

$$VAN = FC_1 (1+d)^{-1} + FC_2 (1+d)^{-2} + \dots + FC_{n-1} (1+d)^{-(n-1)} + FC_n (1+d)^{-n} - I_0$$

$FC_t$  = Flujos Netos de Caja (en los períodos desde  $t = 1$  hasta  $t = n$ )

$I_0$  = Inversión Inicial (en el momento cero)

$d$  = Tasa de descuento (costo de capital)

Fuente: Técnicas de evaluación de flujos de inversión: Mitos y Realidades.

#### Figura (Anexo #14) Fórmula para calcular el VAN

$0 = \sum_{t=1}^n FC_t (1+r)^{-t} - I_0$  donde:

$$0 = FC_1 (1+r)^{-1} + FC_2 (1+r)^{-2} + \dots + FC_{n-1} (1+r)^{-(n-1)} + FC_n (1+r)^{-n} - I_0$$

$FC_t$  = Flujos Netos de Caja (en los períodos desde  $t = 1$  hasta  $t = n$ )

$I_0$  = Inversión Inicial (en el momento cero)

$r$  = Tasa Interna de Retorno (TIR)

Fuente: Técnicas de evaluación de flujos de inversión: Mitos y Realidades.

#### Figura (Anexo #15) Fórmula para calcular el TIR

$$PRI = a + \frac{b - c}{d}$$

- $a$  = es el año inmediato anterior en que se recupera la inversión.
- $b$  = Es la inversión Inicial.
- $c$  = Es la suma de los flujos de efectivo hasta llegar al final del periodo  $a$ .
- $d$  = Es el flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

Fuente: Emprendedor inteligente, pagina Web.

#### Figura (Anexo #16) Fórmula para calcular el PRI

$$F.E = \frac{(Total\ columna)(Total\ renglón)}{Gran\ total}$$

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México, pagina Web.

**Figura (Anexo #17) Fórmula para calcular la frecuencia esperada**

$$g.l = (\#\ renglones)(\# columnas)$$

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México, pagina Web.

**Figura (Anexo #18) Fórmula para calcular los grados de libertad**

$$\chi_c^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(F.O - F.E)^2}{F.E}$$

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México, pagina Web.

**Figura (Anexo #19) Fórmula para calcular la chi cuadrada**