

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA
TECNOLÓGICA PARA EL INVENTARIO DE
RODADOS, EN EL DEPARTAMENTO DE
TUBULADORAS DE BRIDGESTONE DE COSTA
RICA, PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL
2023

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUTRIAL


ESTUDIANTE: JEREMY VARGAS CASTILLO

TUTOR: ING. FREDDY MONGE CALVO. MBA

Heredia, 2023

DECLARACIÓN JURADA

Yo Jeremy Vargas Castillo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 206910696 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: IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA EL INVENTARIO DE RODADOS, EN EL DEPARTAMENTO DE TUBULADORAS DE BRIDGESTONE DE COSTA RICA, PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023, 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 trece días del mes de diciembre del año dos mil veinte tres.


206910696
Firma del estudiante
Cédula

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 18 de diciembre de 2023

Destinatario: Dirección de Carrera de Ingeniería Industrial
Carrera: Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Jeremy Vargas Castillo**, cédula de identidad número **2-0691-0696**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA EL INVENTARIO DE RODADOS, EN EL DEPARTAMENTO DE TUBULADORAS DE BRIDGESTONE DE COSTA RICA, PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de **LICENCIATURA EN INGENIERIA INDUSTRIAL**.

En mi calidad de tutor, he 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:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19%
	TOTAL		90%

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

Atentamente,

FREDDY MONGE
 CALVO (FIRMA)

 Digitally signed by FREDDY MONGE CALVO (FIRMA)
 Date: 2023.12.19 06:05:23 -0600

ING. FREDDY MONGE CALVO, MBA
Cédula identidad N 303260154

CARTA DEL LECTOR

San José, 01 de marzo de 2024

Departamento de Servicios Estudiantiles
Universidad Hispanoamericana

A quien corresponda

En mi calidad de lectora del proyecto de graduación presentado por la estudiante Jeremy Vargas Castillo, titulado "IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA EL INVENTARIO DE RODADOS, EN EL DEPARTAMENTO DE TUBULADORAS DE BRIDGESTONE DE COSTA RICA, PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023", para optar por la Licenciatura en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, marco teórico, marco metodológico, diagnóstico, propuestas conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos suficientes para ser aprobado.

Atentamente,

JACQUELINE DE
LOS ANGELES
BRENES GRANADOS
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
JACQUELINE DE LOS
ANGELES BRENES
GRANADOS (FIRMA)
Fecha: 2024.03.01
23:49:53 -06'00'

Jacqueline Brenes Granados

Cédula: 3-0138-0274

IPI-27267

CARTA DEL CENIT

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (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, 13 de diciembre del 2023

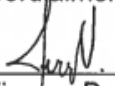
Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Jeremy Vargas Castillo con número de identificación 206910696 autor (a) del trabajo de graduación titulado IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA EL INVENTARIO DE RODADOS, EN EL DEPARTAMENTO DE TUBULADORAS DE BRIDGESTONE DE COSTA RICA, PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023 presentado y aprobado en el año 2023 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,


206910696
Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

DEDICATORIA

El proyecto realizado se lo dedico a mi madre, Blanca Castillo Chacón, quien sin tener mucho siempre lucho e hizo todo lo posible por sacarnos adelante a mis hermanas y a mí. Siempre predicando con el ejemplo nos enseñó a ser personas de bien y nos impulsó para luchar por nuestros sueños.

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a Dios por el regalo de la vida y por la salud que me brinda, por darme las fuerzas cada día para levantarme y seguir adelante.

También quiero agradecer a mi familia la cual siempre estuvo apoyándome para concluir una meta más. A mi tutor Freddy Monge Calvo el cual me tuvo la paciencia necesaria para concluir este proyecto tan importante en mi vida.

Además, quiero dar un profundo agradecimiento al señor Dennis Barquero Zúñiga, jefe de la empresa Bridgestone de Costa Rica S.A. ya que sin el este proyecto no se hubiera logrado ejecutar, y también agradecerle por insistirme en desarrollar este proyecto como mi Tesis.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Rodado: Banda de rodamiento de la llanta.

Llanta verde: Unión de todos los materiales de la llanta después del proceso de armado y antes de ingresar a la prensa de vulcanización.

Programador de Producción: Empleado encargado de realizar inventarios y dar las cédulas de producción a las máquinas de tubuladoras.

PCS (Process Control System): Software utilizado en todos los departamentos de la compañía (excepto vulcanización, Inspección Final y Bodega Producto Terminado) para la generación de lotes y trazabilidades.

Máquina de armado: Máquina industrial encargada de unir todos los materiales y formar la llanta verde.

Tubuladora: Máquina industrial que calienta el hule y por medio de moldes le da forma a la banda de rodamiento de la llanta.

Cédula de producción: Programa de producción que genera el programador después de realizar el inventario y con la cual se sabe las cantidades a producir de cada material en tubuladora.

Nexus: Empresa costarricense encargada del software PCS, con el cual trabaja la mayoría de los departamentos de la compañía.

CFT (Cross Functional Team): Equipo de trabajo en cada departamento conformado por jefe, supervisores, ingeniero industrial, ingeniero de mejora continua, ingeniero de calidad, ingeniero de procesos, mantenimiento, set up y proyectos.

Trazabilidad: Etiqueta o colilla de papel la cual tiene la información más importante de los materiales como: el código de producto, cantidad de unidades, fecha de producción y de vencimiento, máquina donde se produce el material, entre otros. Esto permite poder revisar a nivel físico o de sistema que materiales se han utilizado para producir este material, desde materia prima hasta el producto final.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA	1
CARTA DEL TUTOR.....	2
CARTA DEL LECTOR.....	3
CARTA DEL CENIT	4
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN EJECUTIVO	17
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	19
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	21
1.2.1 Descripción general de la empresa	21
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa.....	30
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	30
1.3.1 Definición y medición del problema.....	30
1.3.2 Justificación del proyecto	33
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	34
1.4.1 Objetivo general	34
1.4.2 Objetivos específicos.....	34
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	35
1.5.1 Alcances.....	35
1.5.2 Limitaciones	35
MARCO TEÓRICO.....	36
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	37
2.1.1 Ingeniería industrial	37
2.1.2 Procesos de producción	38
2.1.3 Productividad.....	39
2.1.4 Inventario.....	40
2.1.5 Equipo de control funcional (Cross Functional Team	41
2.1.6 Ciclo de la calidad (PHVA)	41
2.2.2 Lluvia de ideas (Brainstorming).....	48
2.2.3 Gráficos estadísticos	50
2.2.3.1 Tipos de datos.....	50

2.2.3.2 Gráfico de barras.....	51
2.2.3.3 Gráfico de líneas	51
2.2.4 Diagrama de flujo	52
2.2.5 Gemba.....	53
2.2.6 Kaizen	54
2.2.7 Tabla Multivoto	55
2.2.8 Diagrama ABC	57
2.2.9 Diagrama de Pareto	58
2.2.10 Diagrama de Ishikawa	60
2.2.11 ¿Los 5 porqué?	63
2.2.12 Diagrama afinidad	64
2.2.13 Criterios de decisión	65
2.2.13.1 Valor Actual Neto (VAN).....	65
2.2.13.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	66
2.2.13.3 Tasa Interna de Retorno (ROI).....	67
2.2.13.4 Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	68
2.2.13.5 Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR).....	69
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	70
2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	70
2.4.1 PROYECTO 1	71
2.4.2 PROYECTO 2	71
MARCO METODOLÓGICO	73
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	74
3.1.1 Etapa de definir	74
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICION Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO	75
3.2.1 Etapa de medir	75
3.3 METODOLOGIA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO	76
3.3.1 Etapa de analizar	76
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	77
3.4.1 Etapa de implementar	77

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	78
3.5.1 Etapa de controlar	78
CAPÍTULO IV	80
ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ	80
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN.....	81
4.2 DEPARTAMENTOS INTERESADOS.....	85
4.5 DESARROLLO DE POSIBLES CAUSAS.....	94
4.5.1 Explicación de causas	96
4.5.1.1 Medición	96
4.5.1.2 Medio Ambiente	96
4.5.1.3 Materiales	96
4.5.1.4 Mano de Obra	97
4.5.1.5 Método	98
4.6 CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	100
CAPÍTULO V	102
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	102
5.1 DISEÑO DE LA MEJORA	103
5.2 DESARROLLO DE SOLUCIONES	105
5.2.1 Desarrollo de sistema electrónico en PCS para el inventario.....	105
5.2.2 Desarrollo de visualizador de material.....	112
5.2.3 Sistema de balance de masas	114
5.2.4 Eliminar inventario manual para evitar errores	116
5.2.5 Consulta existencia de material por carro de rodados y reimpresión	117
5.3 CONTROL DE LA MEJORA.....	120
5.3.1 Soporte al sistema.....	121
5.3.2 Ayudas Visuales.....	121
5.3.3 Modificación del Plan de control del proceso de la Tubuladora.....	123
5.3.4 Revisión en sistema SMS (control interno).....	125
5.3.5 Auditorías internas del Departamento de Calidad	127
5.3.6 Entrenamiento al personal de planta para el uso del sistema	130
5.5 IMPACTO ECONÓMICO.....	131
.....	133

5.6 DIAGRAMA DE GANTT IMPLEMENTACIÓN	134
5.7 RESULTADOS OBTENIDOS	135
CAPÍTULO VI	138
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
6.1 CONCLUSIONES.....	139
6.2 RECOMENDACIONES	140
Bibliografía	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	21
<i>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</i>	21
Figura 2.....	24
<i>MISIÓN Y VISIÓN BRIDGESTONE DE COSTA RICA</i>	24
Figura 3.....	25
<i>ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA</i>	25
Figura 4.....	26
<i>MAPEO GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO</i>	26
Figura 5.....	28
<i>MAPEO GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RODADOS</i>	29
Figura 6.....	32
<i>HORAS DE DOMORA EN EL DEPARTAMENTO DE ARMADO</i>	32
Figura 7.....	33
<i>HORAS DE DEMORA EN ARMADO POR FALTA DE MATERIALES</i>	33
Figura 8.....	43
<i>DESPLIEGUE DEL CICLO PHVA</i>	43
Figura 9.....	44
<i>METODOLOGÍA DMAIC</i>	44
Figura 10.....	57
<i>TABLA MULTIVOTO</i>	57
Figura 11.....	60
<i>DIAGRAMA DE PARETO</i>	60

Figura 12.....	62
<i>DIAGRAMA DE ISHIKAWA</i>	62
Figura 13.....	82
<i>DIAGRAMA DE PARETO PRINCIPALES DEMORAS EN ARMADO</i>	82
Figura 14.....	84
Figura 15.....	93
<i>PORCENTAJE DE ERROR EN RODADOS</i>	93
Figura 16.....	95
<i>DIAGRAMA DE ISHIKAWA ERROR DE INVENTARIO</i>	95
Figura 17.....	106
<i>CARRO DE RODADOS ANTES DE ESTANDARIZAR NUMERACIÓN</i>	106
Figura 18.....	107
<i>CARRO DE RODADOS DESPUÉS DE ESTANDARIZAR NUMERACIÓN</i>	107
Figura 19.....	108
<i>SISTEMA PCS ANTES DE MODIFICACIÓN</i>	108
Figura 20.....	109
<i>SISTEMA PCS DESPUÉS DE MODIFICACIÓN</i>	109
Figura 21.....	110
<i>TRAZABILIDAD DE RODADOS ANTES DE MODIFICACIÓN</i>	110
Figura 22.....	110
<i>TRAZABILIDAD DE RODADOS DESPUÉS DE MODIFICACIÓN</i>	110
Figura 23.....	111
<i>REPORTE DE INVENTARIO EN PCS EN TIEMPO REAL</i>	111
Figura 24.....	113
<i>VISUALIZADOR DE INVENTARIO EN TIEMPO REAL</i>	113
Figura 25.....	114
<i>SISTEMA PCS EN ARMADO ANTES DE MODIFICACIÓN</i>	114
Figura 26.....	115
<i>SISTEMA PCS EN ARMADO DESPUÉS DE MODIFICACIÓN</i>	115
Figura 27.....	116
<i>INVENTARIO MANUAL EN HOJA</i>	116
Figura 28.....	117
<i>TRAZABILIDAD DE SOBRENTE DE MATERIAL</i>	117

Figura 29.....	118
<i>TRAZABILIDAD ROTA</i>	118
Figura 30.....	119
<i>CONSULTA EN EL SISTEMA Y REIMPRESIÓN DE LA TRAZABILIDAD</i>	119
Figura 31.....	122
<i>AYUDA VISUAL CARROS DE RODADOS</i>	122
Figura 32.....	123
<i>PCP DEPARTAMENTO DE TUBULADORA</i>	124
Figura 33.....	126
<i>REVISIÓN DE PUNTOS EN SISTEMA SMS</i>	126
Figura 34.....	128
<i>AUDITORÍA DE CALIDAD EN TUBULADORAS</i>	128
Figura 35.....	129
<i>AUDITORÍA DE CALIDAD EN ARMADO</i>	129
Figura 36.....	130
<i>COMUNICACIÓN Y USO DEL NUEVO SISTEMA</i>	130
Figura 37.....	135
<i>DEMORAS DE ARMADO DESPUÉS DEL SISTEMA</i>	135
Figura 38.....	136
<i>DEMORAS DE ARMADO POR MATERIALES DESPUÉS DEL SISTEMA</i>	136
Figura 39.....	137
<i>DEMORAS POR RODADOS ANTES Y DESPUÉS</i>	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	75
<i>ACTIVIDADES POR REALIZAR EN LA ETAPA DEFINIR</i>	75
Tabla 2	76
<i>ACTIVIDADES POR REALIZAR EN LA ETAPA MEDIR</i>	76
Tabla 3	77
<i>ACTIVIDADES POR REALIZAR EN LA ETAPA ANALIZAR</i>	77
Tabla 4	78
<i>ACTIVIDADES POR REALIZAR EN LA ETAPA IMPLEMENTAR</i>	78
Tabla 5	79
<i>ACTIVIDADES POR REALIZAR EN LA ETAPA CONTROLAR</i>	79
Tabla 6	81
<i>DIAGRAMA ABC HORAS DE DEMORA EN ARMADO</i>	81
Tabla 7	83
<i>DIAGRAMA ABC HORAS DE DEMORA EN MATERIALES</i>	83
Tabla 8	89
<i>TABLA PARA MEDIR EL PORCENTAJE DE ERROR EN RODADOS</i>	89
Tabla 9	99
<i>TABLA MULTIVOTO POSIBLES CAUSAS</i>	99
Tabla 10	103
<i>MATRIZ DE SOLUCIONES DE LAS CAUSAS</i>	104
Tabla 11	131
<i>RESUMEN DE MONTOS EN \$ ANTES Y DESPUÉS DE LA MEJORA</i>	131
Tabla 12	132
<i>IMPACTO ECONÓMICO DEL PROYECTO</i>	132
Tabla 13	132
<i>FLUJOS DE CAJA</i>	133
Tabla 14	133
<i>RESUMEN TIR, VAN, ROI</i>	133
Tabla 15	1339
<i>DIAGRAMA DE GANTT</i>	1339

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto se realizó en la empresa Bridgestone de Costa Rica S.A, la cual se ubica en la Ribera de Belén, Heredia. Se dedica a la fabricación de llantas para automóviles y equipo agrícola tanto para el comercio nacional, así como para exportar a diferentes mercados alrededor del mundo.

El proyecto se desarrolló bajo la metodología DMAIC, para el cual se aplicaron diferentes herramientas ingenieriles en las diferentes etapas. Tiene como objetivo optimizar el proceso de toma de inventarios de rodados (banda de rodamiento de la llanta) en el Departamento de tubuladora para disminuir la demora en el área de armado y se pueda aumentar la producción.

Con la implementación de un software se busca tener el inventario en tiempo real, y no depender del conteo manual, en el cual se pueda cometer errores en la toma del inventario y por ende no se realice el requerimiento oportuno de los materiales al departamento de tubuladoras para la producción, ocasionando la falta de tiempo de respuesta a esta necesidad y el paro de las máquinas de armado y de la producción de llantas. Esta mejora representa un 95,79%, reduciendo el tiempo de demora de 197,30 a 8,30 horas en promedio mensual por falta de rodados en armado.

Una de las ventajas del proyecto es que el software PCS (Process Control System) fue desarrollado por una empresa nacional Nexus, que brinda los servicios a Bridgestone de Costa Rica S.A., lo que facilitó la implementación, debido a que es una extensión del software que se utiliza en la empresa desde hace varios años.

Una vez implementado el sistema y después de realizar el análisis económico se obtiene una TIR de un 156,28% lo cual representa que el proyecto es viable, además de que el período de recuperación es de 0,64 meses por lo que la inversión se recupera en menos de un mes.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a mencionar algunos puntos importantes como la reseña histórica de la empresa, los productos que manufactura, la misión, visión, la descripción del proyecto general, el desarrollo del problema, el objetivo del general y específicos, así como: el alcance y limitaciones.

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Entre mediados del siglo XVIII y siglo XIX se da una transformación socioeconómica y tecnológica sin precedentes llamada revolución industrial, este periodo se caracterizó por el paso de una economía agraria y manual a una economía industrializada y mecanizada, lo que tuvo un impacto significativo en la sociedad, la producción, el trabajo y la organización económica.

A causa de esta revolución industrial y con el nacimiento de las empresas de manufactura empiezan a surgir ciertas necesidades ya que los métodos de producción tuvieron una gran transformación, ya que se sustituye la producción artesanal por la producción en fábricas, esto llevo a un aumento significativo de la productividad y a la producción en gran escala.

En la actualidad, en el sector de las empresas de manufactura estas se encuentran inmersas en un entorno competitivo y dinámico, en el cual las organizaciones buscan constantemente mejorar sus procesos y estrategias para garantizar su supervivencia y el éxito a largo plazo. En este contexto, las empresas llanteras no son la excepción, ya que enfrentan desafíos particulares en su proceso productivo, específicamente en el manejo de sus inventarios de materiales.

Una empresa llantera se dedica a la comercialización y distribución de neumáticos para vehículos automotores, la demanda de las llantas está estrechamente relacionada con la industria automotriz y el comportamiento del mercado, lo que implica que la gestión del inventario debe

ser eficiente y precisa para evitar costos adicionales y pérdidas por exceso o faltante de materiales.

El objetivo del proyecto es analizar y optimizar la gestión de inventario en el departamento de tubuladora en la empresa Bridgestone de Costa Rica, con el fin de mejorar la disponibilidad de materiales, reducir los costos asociados y con esto aumentar la productividad de los departamentos involucrados en el proceso. Para lograrlo se llevará a cabo un estudio exhaustivo de los procesos actuales de gestión de inventarios de la empresa, identificando sus fortalezas y debilidades.

Además, se revisarán las mejores prácticas y enfoques en la industria, así como las mejores formas emergentes de realización de inventarios, como el uso de tecnologías avanzadas, la implementación de nuevos sistemas y la optimización de los recursos de la empresa. Estas investigaciones y análisis servirán de base para proponer recomendaciones específicas para mejorar la gestión de inventario en la empresa llantera objeto de estudio.

Se espera que los resultados del proyecto no solo contribuyan al conocimiento teórico sobre la gestión de inventario en una empresa llantera, sino que también brinden a la compañía analizada una guía práctica para implementar mejoras concretas y medibles en sus procesos productivos. Así mismo se espera que estas mejoras luego puedan ser implementadas en otros departamentos internos de Bridgestone aportando más valor a la compañía.

En resumen, este proyecto se enfocará en el análisis y optimización de la gestión de inventario en la empresa llantera Bridgestone de Costa Rica SA, con el propósito de mejorar la disponibilidad de materiales, reducir costos y aumentar la productividad y por consecuente aumentar la satisfacción del cliente brindándole productos de calidad y en el tiempo requerido.

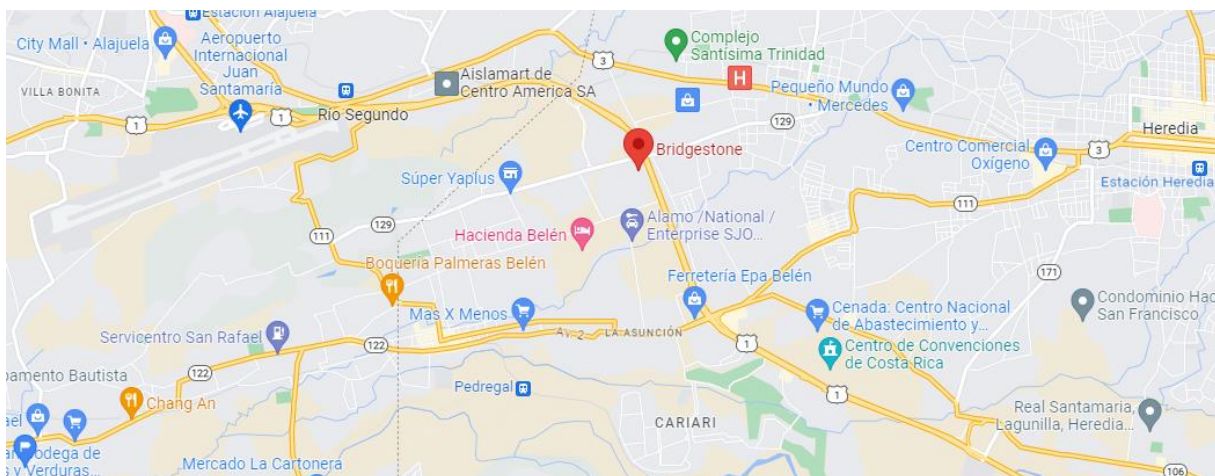
Todo esto a través de un enfoque basado en la revisión de mejores prácticas y el análisis de tendencias, para dar recomendaciones concretas que permitan la mejora del desempeño de la empresa para ser competitiva en el mercado.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.2.1 Descripción general de la empresa

El presente proyecto se desarrolla en la empresa Bridgestone de Costa Rica Sociedad Anónima. Es una reconocida empresa multinacional japonesa especializada en la fabricación de neumáticos y productos relacionados. La misma se ubica en el kilómetro 11 de la autopista General Cañas en la Ribera de Belén, en Heredia Costa Rica.

Figura 1 Ubicación Geográfica



Fuente: Google Maps (2023).

La historia de Bridgestone en Costa Rica se remonta a hace varias décadas. En 1967, Bridgestone Corporation estableció su primera fábrica en América Latina en Costa Rica, con el nombre de Bridgestone Firestone de Costa Rica S.A. La ubicación estratégica de Costa Rica, su estabilidad política y su mano de obra calificada fueron factores determinantes en la elección de este país como sede de la empresa.

Desde su establecimiento, Bridgestone Firestone de Costa Rica S.A. ha experimentado un crecimiento constante y se ha convertido en un actor importante en la industria de neumáticos del país. La empresa ha invertido en tecnología de vanguardia y ha implementado procesos de producción eficientes para asegurar la calidad y confiabilidad de sus productos.

Además de la fabricación de neumáticos, Bridgestone también ha expandido sus operaciones en Costa Rica para incluir servicios de distribución y venta de neumáticos en todo el país. Cuenta con una amplia red de distribuidores y centros de servicio, lo que le ha permitido atender las necesidades de los clientes tanto en el sector automotriz como en el industrial.

Bridgestone de Costa Rica también ha mostrado un fuerte compromiso con la responsabilidad social corporativa y el desarrollo sostenible. Ha implementado diversas iniciativas para reducir su impacto ambiental y contribuir positivamente a las comunidades locales. Esto incluye la promoción de prácticas sostenibles en su cadena de suministro, la participación en proyectos comunitarios y el fomento de la seguridad vial.

En resumen, Bridgestone Firestone de Costa Rica S.A. tiene una historia sólida en el país desde 1967. A lo largo de los años, ha crecido y se ha consolidado como un actor importante en la industria de neumáticos en Costa Rica, ofreciendo productos de calidad y servicios confiables. Su compromiso con la responsabilidad social y el desarrollo sostenible demuestra su visión a largo plazo y su contribución al bienestar de la sociedad costarricense.

Dentro de la política integrada de sistema de gestión de seguridad, ambiente y calidad que maneja la compañía se define de la siguiente manera:

“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.

Tiene como compromiso la satisfacción del cliente y de los entes interesados, capacitación de nuestros asociados, trabajo en equipo, decisiones tomadas con base en hechos y datos, mejoramiento continuo de la eficacia de los sistemas de gestión, comunicaciones abiertas y prevención de la contaminación.” Esta política es el marco para establecer los objetivos del sistema integrado.

La misión de Bridgestone de Costa Rica se define de la siguiente manera:

“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 S.A. se resume en “Servir a la sociedad con calidad superior” (Documentos Bridgestone, 1992).

La visión de Bridgestone de Costa Rica se define de la siguiente manera:

“El fundador Shojiro Ishibashi, resume la visión de empresa como ser el mejor, por lo cual, en Bridgestone de Costa Rica propone que los procesos productivos, administrativos, de mercadeo, de recursos humanos y de ventas sean comparables con las mejores empresas a nivel mundial.

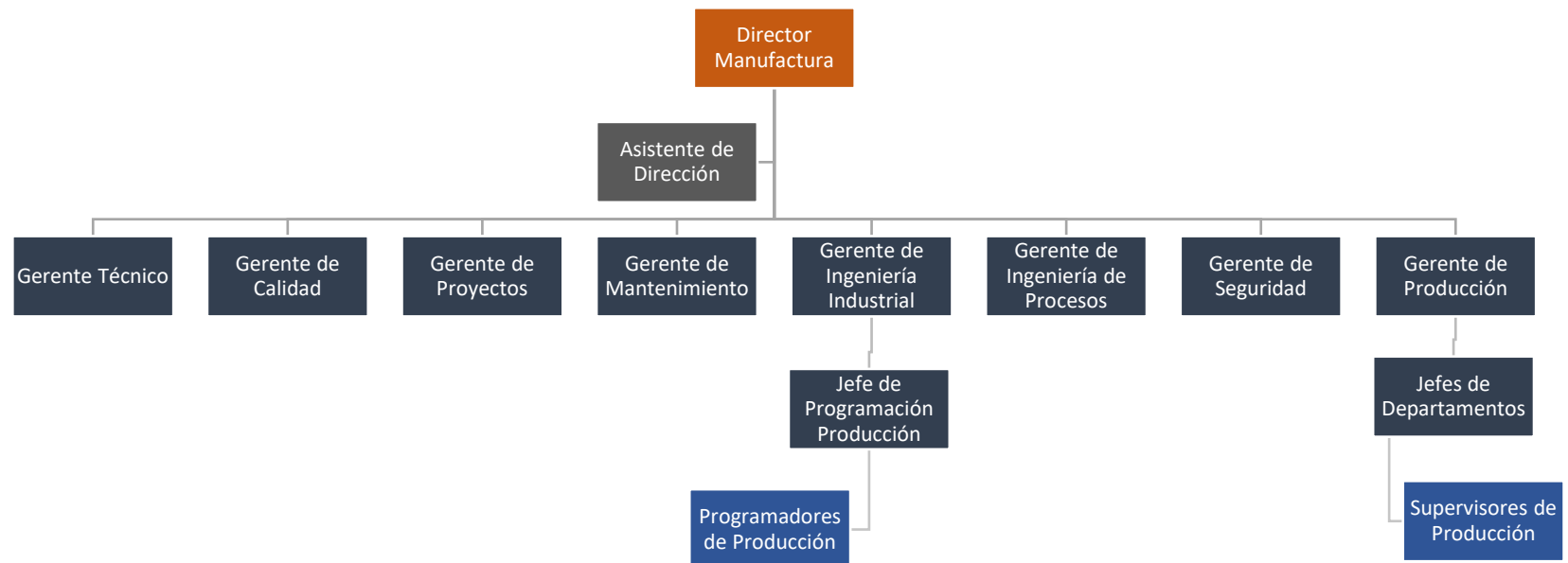
Lo anterior se ha convertido en un reto para consolidarse como la mejor planta de la corporación Bridgestone en América Latina (Documentos Bridgestone, 1992).

Figura 2 Misión y Visión Bridgestone de Costa Rica



Fuente: Departamento de Recursos Humanos Bridgestone de Costa Rica (2023).

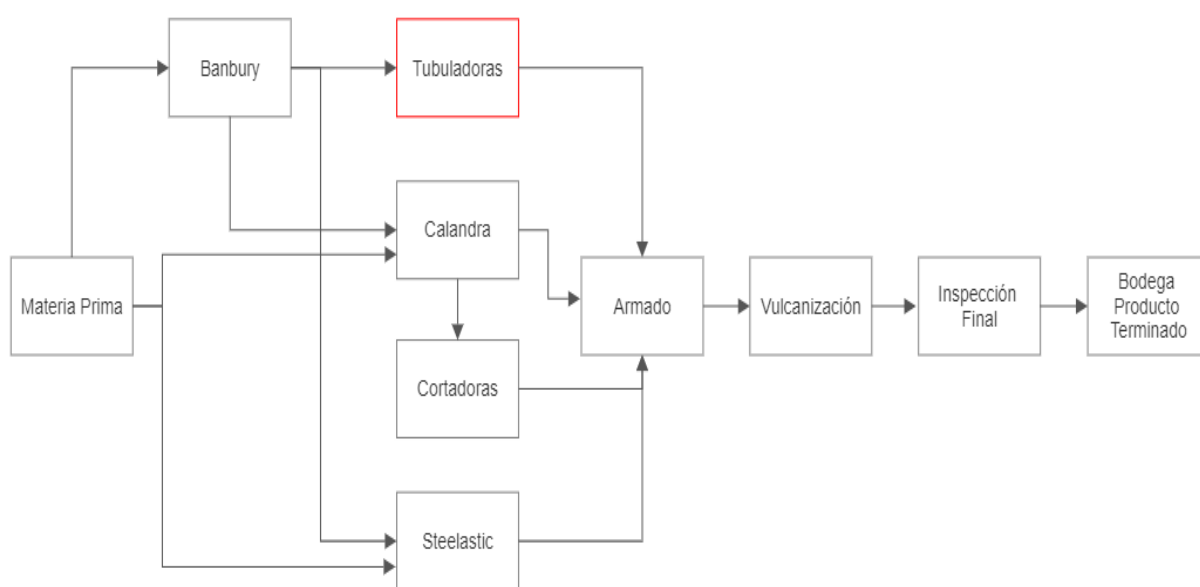
La empresa Bridgestone de Costa Rica tiene una estructura organizativa bien definida, donde se indican las gerencias y las jefaturas de las áreas donde se tiene impacto con este proyecto, los cuales son el área de producción y de programación de la producción. Se resume en la siguiente figura:

Figura 3 Organigrama General de la Empresa

Fuente: Elaboración Propia (2023).

La empresa Bridgestone de Costa Rica cuenta con 10 departamentos dentro del proceso productivo incluyendo la bodega de materia prima y la de producto terminado, así como otros departamentos donde se transforman los materiales para producir las llantas que se van a vender a los clientes. A continuación, se detalla en un diagrama, el proceso productivo de la organización y se resalta el departamento donde se realiza el proyecto.

Figura 4 Mapeo General del Proceso Productivo



Fuente: Elaboración Propia (2023).

A continuación, se hace una explicación de que hace cada departamento de la empresa.

Materia Prima: Es la bodega donde llegan todos los materiales necesarios para realizar la fabricación de llantas y que envía los materiales a los diferentes departamentos donde se requieren.

Banbury: Es el departamento donde se transforman los hules naturales y sintéticos con diferentes acelerantes y componentes para producir el hule que se va a utilizar en los diferentes

departamentos: tubuladoras, calandra y steelastic. En total hay 4 banburys que se encargan de producir hules para los departamentos antes mencionados.

Tubuladora: es el departamento donde se utilizan los hules y mediante un proceso de extrusión a altas temperaturas se producen los rodados, paredes y filler. En total son 7 tubuladoras las cuales se encargan de producir los materiales que va a ocupar el departamento de armado para la fabricación de la llanta verde.

Calandra: En este departamento hay 2 calandras, la primera se encarga de mezclar el hule del banbury y formar laminas que son las que se van a colocar en la parte interna de la llanta y es la que no permite que el aire se salga de la misma, la segunda se encarga de mezclar el hule del banbury con el nylon proveniente de la bodega y se hacen las telas que se envían a cortadoras.

Cortadora: En este departamento se utiliza la tela que sale de la calandra y se corta de acuerdo con las especificaciones de cada tipo de llanta, luego se envía al departamento de armado.

Steelastic: En este departamento se utiliza el hule proveniente del banbury y alambre de acero que viene de la bodega de materia prima, el hule se calienta y se una en un proceso de extrusión con el alambre y se producen las capas estabilizadoras que se envían al departamento de armado.

Armado: En este departamento es donde se unen todos los materiales provenientes de todos los departamentos ya mencionados, en una maquina armadora que mediante la operación de una persona se encarga de unir los materiales y fabricar lo que se le conoce como llanta verde.

Vulcanización: En este departamento es donde se transforma la llanta verde proveniente de armado en la llanta vulcanizada, a través de un proceso de moldes que están calientes y que funcionan con nitrógeno, la llanta se cocina por cierta cantidad de tiempo y sale la llanta vulcanizada, la cual ya tiene la apariencia de como se conoce en la calle.

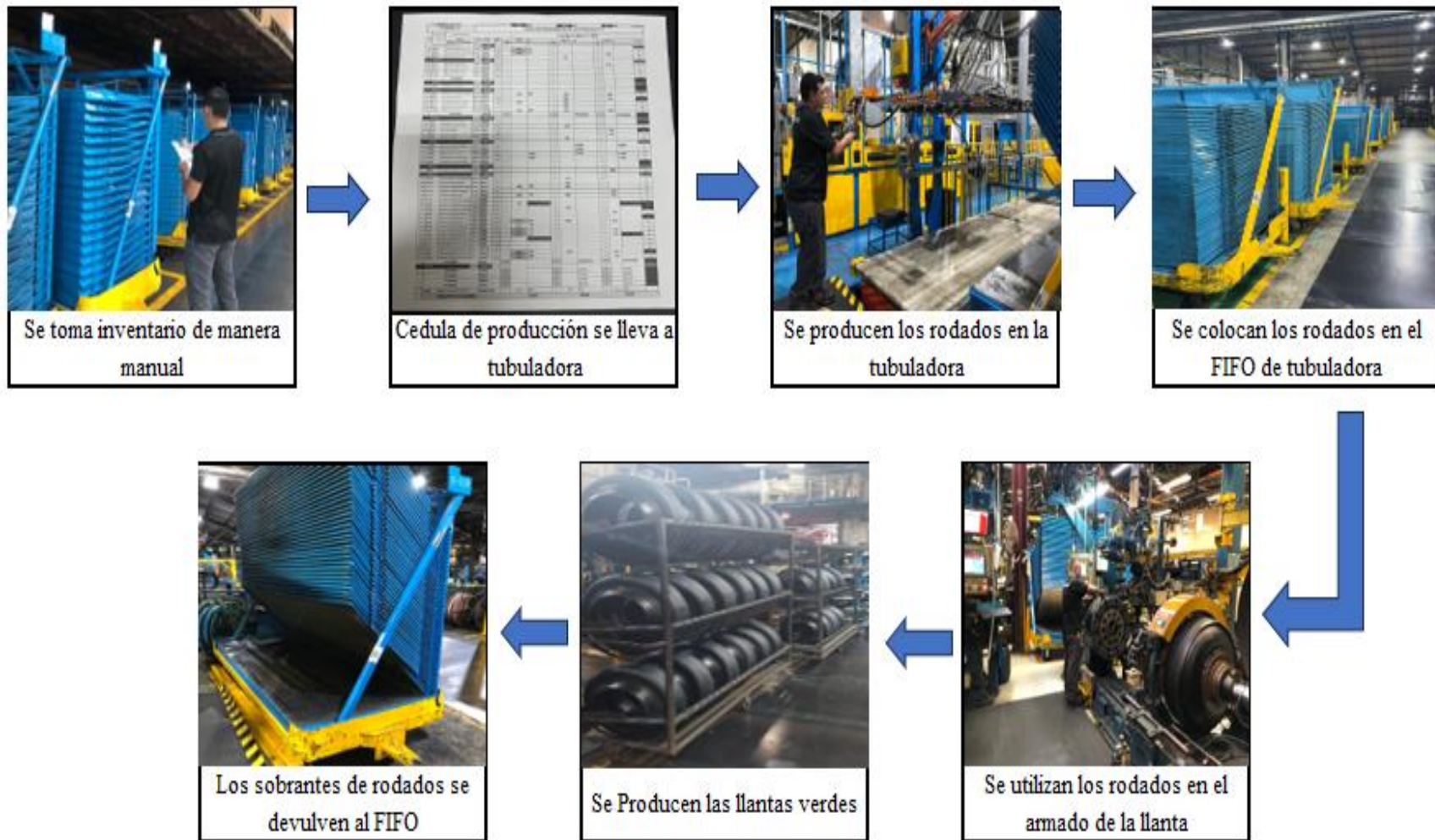
Inspección Final: En este departamento a través de los inspectores se revisa la llanta para verificar que cumpla con las condiciones para salir a venta, las que están buenas se envían a las máquinas que verifican que la misma se apta para andar en carretera, y las que se ven con alguna condición fuera de tolerancia se devuelven para verificar si se tiene que botar o si se puede retrabajar y continuar el proceso.

Bodega Producto Terminado: Es el almacén donde llegan todas las llantas verificadas por las máquinas de inspección final y se almacenan para luego ser distribuidas a los diferentes clientes, tanto dentro como fuera del país.

Básicamente el proceso empieza en la toma de inventario por parte del programador de producción, todos los días en la mañana y se hace de manera manual. Después de obtener las cantidades, las ingresa a un Excel (formato donde se genera la cédula de producción), y de acuerdo con las cantidades de la toma de inventario, programa la cédula de producción para el departamento de tubuladora, la cual se encarga de producir las cantidades de cada código.

Una vez que están listos los rodados con su respectiva trazabilidad, se colocan en el fifo de rodados y cuando el material es requerido, el auxiliar lleva el material a la máquina que arma las llantas. El operador hace uso del material y produce lo que se conoce como llantas verdes y si queda un sobrante de rodados le coloca nuevamente la trazabilidad para que se vuelva a enviar al fifo de rodados. Se muestra un mapeo general del proceso a continuación.

Figura 5 Mapeo General del Proceso de Producción de Rodados



Fuente: Elaboración Propia (2023).

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa

En el año 1967 inicia operaciones en Costa Rica bajo el nombre de Industrias Firestone de Costa Rica. A principios de la década de 1970, se fabricaban 1200 llantas por día.

En 1985 SUMMA SA adquirió la compañía cambiando la razón social a Industrias Akron de Costa Rica S.A. para este momento la compañía fabricaba 2200 llantas por día.

En 1996 se construyó una alianza estratégica con la corporación Bridgestone y cambia la razón social a Firestone de Costa Rica S.A.

En el 2008 Bridgestone Corporation y su unidad de negocios en América, Bridgestone Américas Tire Operations (BATO), denominaron a Bridgestone como único nombre corporativo para el grupo de empresas a nivel global. Adquiriendo entonces su nombre Bridgestone de Costa Rica S.A.

Hoy en día la empresa cuenta con alrededor de 1042 colaboradores en su planta en Belén, y se producen alrededor de las 11000 llantas diarias, con una producción ininterrumpida las 24 horas al día los 7 días de la semana. Fabricando en su gran mayoría llantas de pasajero radial (PSR), llantas de camioneta radial (LTR) y llantas para equipo agrícola (AGR).

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Definición y medición del problema

El departamento de tubuladora se encarga de producir los materiales que requiere armado para la producción de llantas, se ha notado que en ocasiones la cédula de producción tiene indicado una cantidad de rodados para la producción de un código de material específico, tal cual lo solicita el departamento de programación de producción, pero en ocasiones el departamento de armado le solicita más unidades, ya que los rodados que tienen en el momento no alcanza para

la cantidad de llantas verdes que tienen que producir, en otras palabras hacen falta rodados para la cantidad de llantas solicitadas.

Todo esto se debe a que, en el momento de tomar el inventario de manera manual, el programador de producción no logra apuntar las cantidades exactas, ya que el escribe la cantidad que dice la trazabilidad y en físico el carro de rodados tiene menos cantidad. Cabe recalcar que la relación de rodados utilizados para producir una llanta verde es 1 a 1, esto quiere decir que se utiliza un rodado para cada llanta verde armada.

La toma de inventarios de materiales en la empresa Bridgestone de Costa Rica se hace de manera manual por el programador de producción, este pasa todas las mañanas apuntando en una hoja las cantidades que se tienen de cada código de material, para luego completar el Excel, y con esto realizar la sumatoria de cada código de producto, una vez listas las cantidades de cada código, el programador genera la cédula de producción (programa de producción) que se envía al departamento de tubuladora. Esta cédula indica cuantas unidades de cada código de rodados se debe producir para cumplir con la cantidad de llantas que se deben fabricar en el departamento de armado.

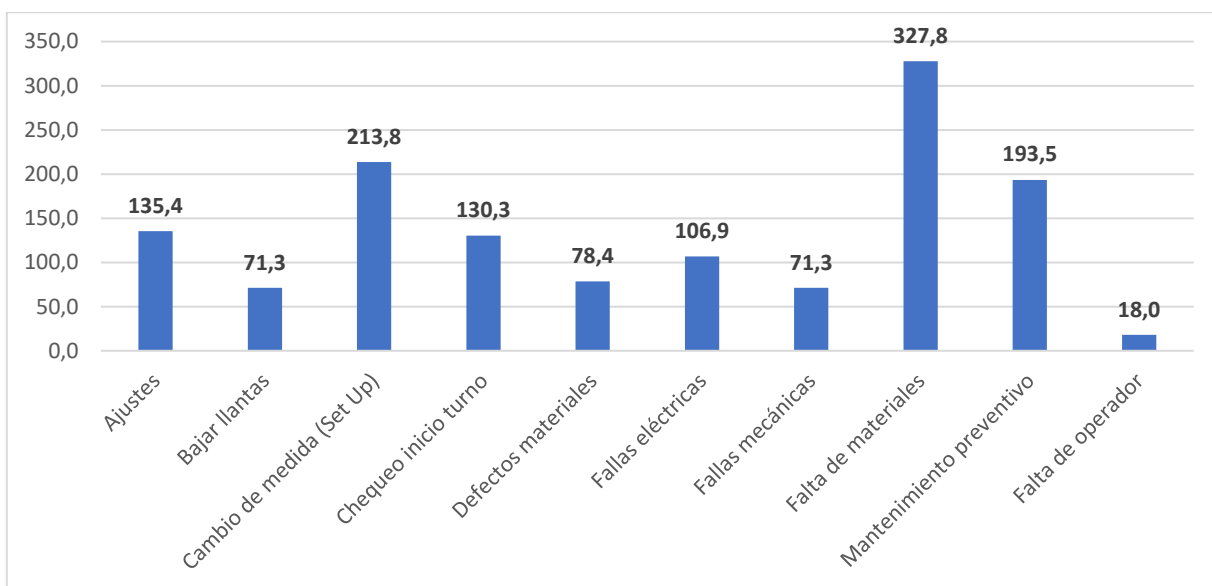
Los errores que se originan se deben a que en ocasiones hay carros de rodados que no tienen trazabilidad, pero si material, por lo que el programador no toma en cuenta el material que está en el carro de rodados y se producen materiales que no se ocupan. También se da la situación que las trazabilidades cuando se usan y queda un sobrante, el operador de armado indica con lapicero la cantidad de material que queda en ese carro, que en la mayoría de las ocasiones es errónea, ocasionando que el programador de producción pida menos material de un código o

más material de otros códigos, en otras palabras, se está produciendo con un inventario que no es exacto y se toma en cuenta cantidades incorrectas.

Esta falta de material produce una demora en la máquina de armado ya que no se pueden producir llantas hasta que en el departamento de tubuladora vuelva a producir ese código faltante. Como en este departamento utiliza diferentes tipos de hules en la fabricación de los rodados (no todos llevan los mismos tipos de hules), se espera a producir lo necesario del código faltante con el tipo de hule requerido para satisfacer la necesidad de armado. Para que los rodados se produzcan, se lleven a la máquina de armado y se continúe con la producción se tardan varios minutos, en ocasiones hasta horas. Ocasionando pérdida de producción en el área de armado.

A continuación, se presenta un gráfico con las principales demoras en el departamento de armado

Figura 6 Horas promedio mensuales por demoras en el Departamento de Armado

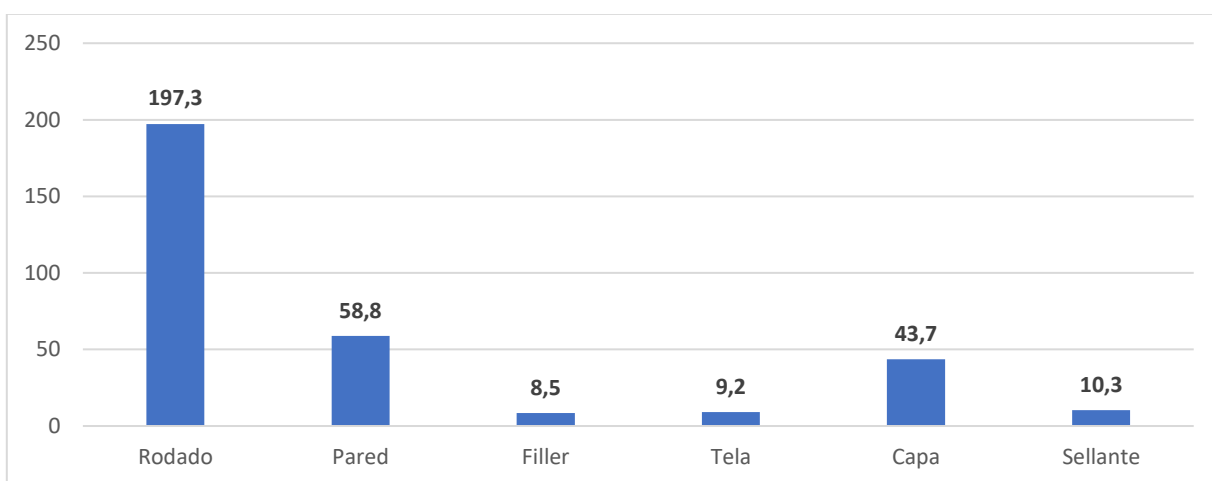


Fuente: Ingeniería Industrial (2023).

En el gráfico se presenta el promedio de horas al mes de las diferentes demoras que hay en el departamento de armado, que representan los paros de la máquina, principalmente por la falta de materiales.

También se detalla en el siguiente gráfico, el tiempo de demora por cada material faltante en el Departamento de armado, que ocasiona el paro de producción de las llantas.

Figura 7 Horas promedio mensuales por demoras en el Armado por falta de materiales



Fuente: Ingeniería Industrial (2023).

En el gráfico presentado se observan las horas de demora por falta de material en el departamento de armado, en el cual indica los materiales que produce el departamento de tubuladora. Los Rodados, Paredes, Filler aportan en total 264,6 horas de paro en promedio al mes, el cual es tiempo que pasa la máquina armadora detenida sin producir llantas.

1.3.2 Justificación del proyecto

La falta de material en el departamento de armado es la principal razón de paro en la producción de llantas, debido a que la máquina se detiene por completo hasta que se produzca el material faltante, esto a su vez afecta el departamento de vulcanización que se queda sin inventario de llantas verdes para ingresar en las prensas de vulcanizado. Todo esto afecta la productividad de

la empresa debido a que hay una pérdida de llantas que se dejan de producir por este faltante de material, lo cual genera una pérdida de dinero para la organización, solo en el faltante de rodados el cual es el que tiene más horas de demora se dejan de percibir alrededor de \$94 710,00 mensualmente.

Este proyecto busca contar con una aplicación digital que permita contar con un inventario en tiempo real y que el programador de producción pueda generar la cédula de producción de una manera más ágil. Con este proyecto se beneficia al departamento de tubuladora, debido a que los operadores podrán identificar que materiales deben producir primero y los códigos de material que están próximos a acabarse en el área de armado. En general la empresa Bridgestone de Costa Rica, se beneficiará al disminuir errores en la toma de inventarios, demoras por falta de material en el departamento de tubuladora, esto a su vez permitirá que en el departamento de armado aumente su productividad y disminuya las pérdidas de producción.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Optimizar el proceso de toma de inventario de rodados mediante la aplicación de la metodología DMAIC, que permita el aumento de la productividad en el departamento de armado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Optimizar el proceso de toma de inventarios en el departamento de tubuladora de Bridgestone de Costa Rica.
- Cuantificar la cantidad de llantas que se dejan de producir por demoras de falta de rodado en el departamento de armado.

- Establecer las propuestas de mejora para lograr la disminución de tiempo por demoras por falta de material en el departamento de armado.
- Controlar las mejoras realizadas garantizando que estas se mantengan durante el tiempo.
- Realizar un análisis económico para evaluar las propuestas implementadas.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

Este proyecto se desarrolla en la empresa Bridgestone de Costa Rica S.A. y busca tener un impacto positivo en los departamentos de programación de producción, tubuladora y armado, esto para evitar demoras de materiales, mejorar la productividad y agregar valor al proceso productivo de la compañía.

1.5.2 Limitaciones

Entre las limitaciones de este proyecto se tiene que los cálculos que se efectúan en cuanto a costos se harán de acuerdo con la información que brinda la empresa, por tema de confidencialidad, por lo cual es necesario validar la información que se coloca en este documento.

Otra limitante es la resistencia al cambio por parte del personal, que se acostumbran a realizar una tarea de la misma manera por bastante tiempo, luego es difícil que se adapten a cambios en el proceso o a nuevas tecnologías. Sin embargo, el enfoque es brindar entrenamiento a cada uno de los involucrados en el proceso para que logren adaptarse a nuevas tecnologías y métodos de trabajo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

Este capítulo constituye el fundamento esencial de este proyecto, ya que proporciona la base conceptual y teórica necesaria para comprender la importancia de la ingeniería industrial en el ámbito y como sus principios se aplican para abordar problemas específicos. Además, permite identificar y a la vez definir todos los conceptos, herramientas utilizadas y que están relacionados al desarrollo del presente proyecto.

2.1.1 Ingeniería industrial

Se define la ingeniería industrial como la disciplina que se encarga de diseñar, implementar y mejorar y optimizar sistemas integrados que involucran personas, recursos materiales, equipos, tecnología y procesos, con el propósito de maximizar la eficiencia y la productividad en las organizaciones y empresas.

El objetivo principal de la ingeniería industrial es lograr la utilización óptima de los recursos disponibles para obtener resultados eficientes y rentables. Para lograrlo, los ingenieros industriales aplican principios y métodos científicos y matemáticos en la toma de decisiones, el análisis de datos, la simulación y la modelización de procesos, con el fin de mejorar la calidad, reducir costos, acortar tiempos de producción y optimizar el flujo de trabajo.

La ingeniería industrial se aplica en una amplia variedad de sectores, como la manufactura, la logística, la gestión de la cadena de suministros, la planificación de recursos empresariales, la gestión de operaciones, la ergonomía, la seguridad en el trabajo, entre otros. Stincer (2012) afirma lo siguiente:

“Es la disciplina con la cual se puede mejorar todo el sistema y el entorno en el que vivimos. Consiste en adaptar las ciencias y todo el conocimiento humano adquirido durante años de estudio e investigación de manera practica en función de satisfacer y dar soluciones a las necesidades humanas. (p.12)”

2.1.2 Procesos de producción

Es una secuencia de pasos o actividades organizadas y coordinadas de manera sistémica para transformar insumos (materia prima, recursos, mano de obra, etc.) en productos o bienes terminados, listos para ser entregados al mercado o utilizados por los consumidores.

En otras palabras, es el conjunto de operaciones y tareas que se llevan a cabo para crear un producto final a partir de los elementos que lo componen. Estos elementos pueden ser materiales, información, energía o mano de obra, y durante el proceso de producción, se combinan y transforman para obtener el resultado deseado.

Un proceso de producción puede variar significativamente dependiendo del tipo de producto que se esté fabricando y del sector industrial en el que se encuentre. Algunos ejemplos de procesos de producción son: procesos de manufactura, procesos de producción de alimentos, procesos de producción de servicios, procesos de producción en la industria química.

La eficiencia y la calidad del proceso de producción son aspectos cruciales para el éxito de una empresa, ya que influyen directamente en los costos de producción, los tiempos de entrega, la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado. Por lo tanto, la ingeniería industrial desempeña un papel esencial en la optimización y mejora de estos procesos, aplicando métodos y técnicas para maximizar la productividad y la eficiencia de las operaciones industriales.

Santos (2021) afirma:

“Un proceso productivo contempla el conjunto de operaciones que una empresa debe realizar con el fin de ofrecer un bien, un servicio o un producto. Abarca la totalidad de los procedimientos que permiten transformar un recurso, una idea o una materia prima en el resultado final que una empresa ofrece al mercado. (p.1)”

2.1.3 Productividad

Se define productividad como la relación entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para su producción. En otras palabras, es una medida de la eficiencia con la que se utilizan los recursos (como mano de obra, capital, tiempo, materiales, energía, etc.) para generar una determinada producción o resultado.

La productividad es un indicador clave para medir el rendimiento y la eficiencia de un proceso, empresa o economía en general. Cuanto mayor sea la producción obtenida con una cantidad dada de recursos, mayor será la productividad y, por lo tanto, más eficiente será el proceso productivo.

La mejora de la productividad es un objetivo clave para las empresas, ya que está estrechamente relacionada con la competitividad y el crecimiento económico. Incrementar la productividad puede lograrse mediante la implementación de mejores prácticas, tecnologías avanzadas, capacitación del personal, reorganización de procesos y una gestión eficiente de los recursos disponibles. Al aumentar la productividad, las organizaciones pueden obtener mayores beneficios y ofrecer bienes y servicios de mejor calidad a precios más competitivos. Prokopenko (1989) afirma:

“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 (trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información) en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo. Esto se suele representar con la siguiente fórmula. (p.3)”

$$\text{Producto/Insumo} = \text{Productividad}$$

2.1.4 Inventario

Se define como inventario a un registro detallado y sistemático de todos los bienes, productos o materiales que una empresa o entidad posee en un momento específico. Estos elementos pueden ser productos terminados listos para ser vendidos, materias primas para la producción, productos en proceso de fabricación, repuestos, materiales de empaque, entre otros.

El propósito principal de llevar un inventario es tener un control preciso de los recursos disponibles, tanto en términos de cantidad como de valor, para asegurarse de que la empresa pueda cumplir con la demanda de sus clientes y operar de manera eficiente. Los inventarios son esenciales para evitar faltantes de productos, minimizar costos de almacenamiento y planificar adecuadamente la producción y las ventas.

El control adecuado del inventario es crucial para evitar problemas como el exceso de stock (lo que puede generar costos de almacenamiento innecesarios) o la falta de stock (lo que puede llevar a pérdida de ventas y clientes insatisfechos). Por lo tanto, una gestión eficiente del inventario implica un equilibrio cuidadoso para mantener niveles óptimos de existencias y asegurar el funcionamiento eficiente de la cadena de suministro. Para ello, se emplean herramientas como sistemas de inventario, software de gestión, métodos de pronóstico de la demanda y estrategias de control de inventario. Arenal (2020) afirma:

“Un inventario es una relación de los bienes que se disponen, clasificados según familias y categorías y por lugar de ocupación. Las empresas tienen por obligación de realizar inventario y es necesario que este se ajuste a la realidad, ya que una sobrevaloración de este (decir que tenemos más de lo que existe en realidad) hace que el valor de una empresa sea mayor, mientras que una infravaloración hará que los impuestos a pagar sean menores. (p.9)”

2.1.5 Equipo de control funcional (Cross Functional Team)

El CFT como se le conoce en muchas organizaciones es un grupo de personas que trabajan de manera conjunta y coordinada para monitorear, supervisar y asegurar el funcionamiento óptimo de un proceso o sistema en una empresa u organización. Estos equipos se encargan de verificar que las operaciones se desarrollen de acuerdo con los estándares establecidos, con el objetivo de mantener la eficiencia, calidad y seguridad de los procesos productivos o de prestación de servicios.

Los equipos de control funcional se encuentran en una amplia variedad de industrias y sectores, desde la producción manufacturera hasta la gestión de servicios y operaciones logísticas. Su objetivo principal es garantizar la estabilidad y el rendimiento adecuado de los procesos, lo que contribuye a la eficiencia operativa y a la satisfacción del cliente. Sheldon (2020) afirma:

Un equipo cross-funcional es aquel que posee todas las habilidades necesarias para cumplir los objetivos del proyecto sin depender de nadie fuera del equipo. Ser productivo de forma independiente significa que el equipo puede aportar valor real con frecuencia y eficacia, sin cuellos de botella ni retrasos externos. Los equipos cross-funcionales suelen estar formados por miembros de diferentes departamentos de una empresa, o incluso de empresas totalmente distintas. Los proyectos suelen tener requisitos que abarcan múltiples ámbitos, de modo que contar con profesionales de diversos sectores garantiza que el equipo cuente con los conocimientos necesarios para avanzar y tenga autonomía. (p.1)

2.1.6 Ciclo de la calidad (PHVA)

El ciclo de la calidad, también conocido como el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), es una metodología de mejora continua que se utiliza para gestionar y mejorar la calidad de los procesos, productos y servicios en una organización. Fue desarrollado por el ingeniero y estadístico William Edwards Deming, quien es considerado uno de los principales impulsores del enfoque de la calidad total.

El ciclo de la calidad consta de cuatro etapas interconectadas:

- **Planear:** En esta fase, se establecen los objetivos y metas a alcanzar, se identifican los problemas y oportunidades de mejora, y se diseñan los planes y estrategias para lograr los resultados deseados. Se definen los procesos, recursos y medidas necesarias para alcanzar los objetivos de calidad.
- **Hacer:** En esta etapa, se implementan los planes y estrategias previamente diseñados. Se ejecutan las acciones planificadas, se llevan a cabo las actividades de producción o prestación de servicios y se recopilan los datos y la información relevante para el proceso de mejora.
- **Verificar:** En esta fase, se lleva a cabo la evaluación y el seguimiento de los resultados obtenidos. Se comparan los resultados con los objetivos establecidos y los estándares de calidad para determinar si se han cumplido las metas. También se analizan los datos recopilados para identificar tendencias y patrones relevantes.
- **Actuar:** En esta última etapa, se toman acciones basadas en los resultados obtenidos en la etapa de verificación. Si los resultados son satisfactorios, se pueden implementar las mejoras y las buenas prácticas de forma permanente. Si se identifican desviaciones o áreas de mejora, se toman acciones correctivas para abordar los problemas y ajustar los planes y procesos según sea necesario.

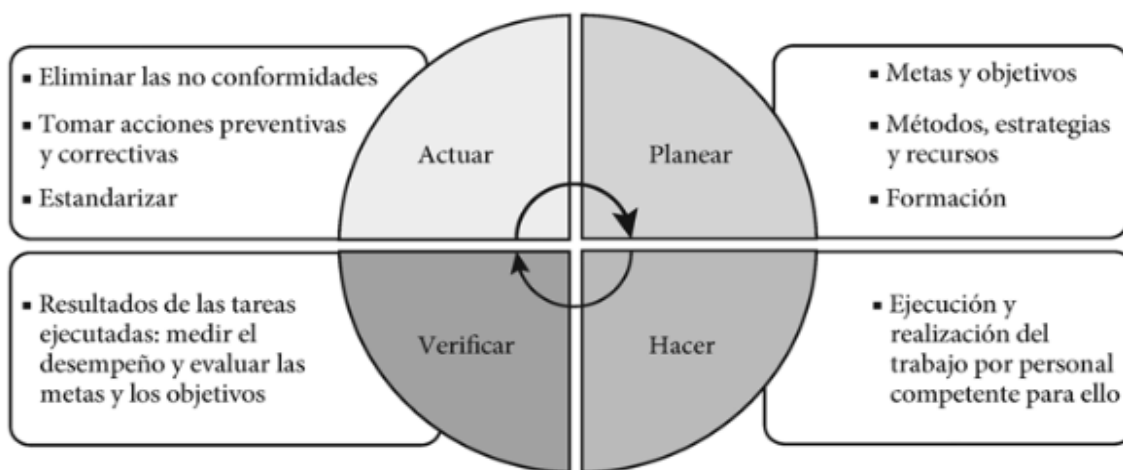
Una vez que se completa la cuarta etapa, el ciclo vuelve a comenzar con la planificación de nuevas acciones de mejora continua, creando así un proceso cíclico y constante que busca optimizar continuamente la calidad de los procesos y resultados.

El ciclo de la calidad es una herramienta valiosa para las organizaciones que buscan mejorar su eficiencia, reducir defectos, aumentar la satisfacción del cliente y lograr la excelencia en sus operaciones y servicios. Al aplicar este enfoque, las empresas pueden lograr una cultura de

mejora continua, lo que les permite mantenerse competitivas y adaptarse a los cambios del entorno empresarial. Zapata (2015) afirma:

“El PHVA, también conocido como ciclo de la calidad, círculo de Deming o Espiral de la mejora continua, es una herramienta planteada inicialmente por Walter Shewhart y trabajada por Deming en 1950; se fundamenta en cuatro pasos: planificar (plan), hacer (Do), verificar (Check) y actuar (Act).”

Figura 8 Despliegue del Ciclo Phva



Fuente: Ciclo de la Calidad PHVA (2015).

En términos generales, el PHVA es un ciclo que contribuye a la ejecución de los procesos de forma organizada y a la comprensión de la necesidad de ofrecer altos estándares de calidad en el producto o servicio; por tanto, puede ser utilizado en las empresas, ya que permite la ejecución eficaz de las actividades. (p.12)

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTION DEL PROYECTO

2.2.1 Metodología DMAIC

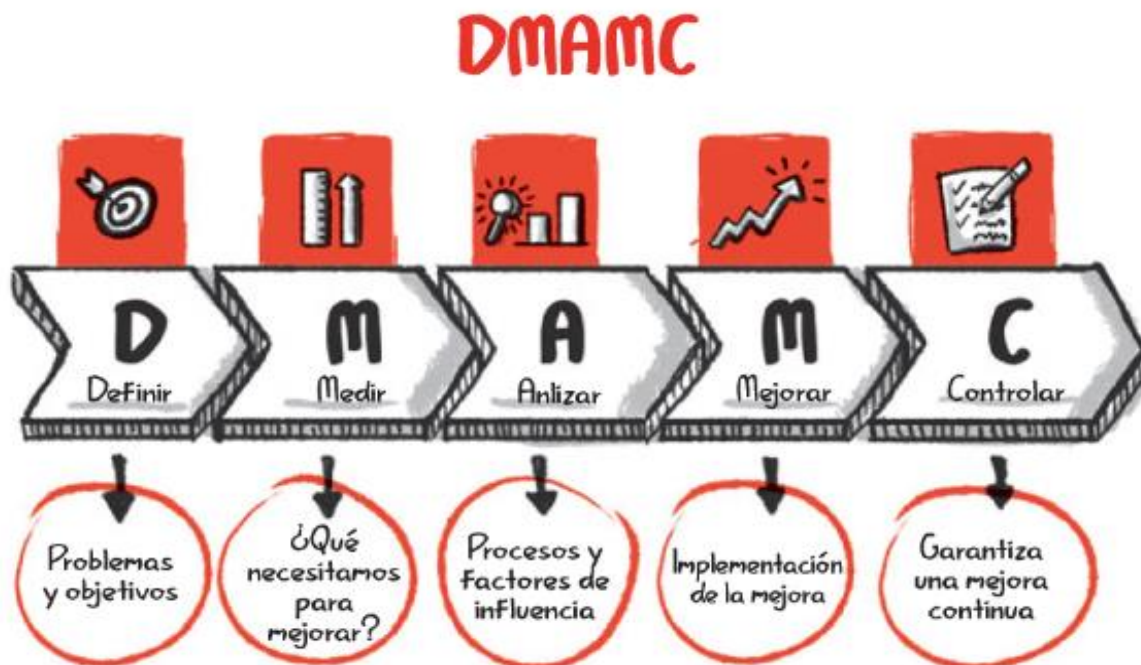
La metodología DMAIC es una herramienta estructurada y sistemática utilizada en el ámbito de la gestión de la calidad y mejora continua. DMAIC es un acrónimo que representa las cinco etapas que componen esta metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es

ampliamente utilizada en el enfoque Six Sigma, que busca reducir la variabilidad y mejorar la calidad en los procesos de una organización. Socconini y Reato (2019) afirman:

El sistema six sigma se basa en la metodología DMAMC (DMAIC, en inglés), que permite desarrollar Mejoras siguiendo estos pasos:

- **Definición:** del problema, del valor para el cliente, del equipo y del proyecto.
- **Medición:** del rendimiento mediante un mapa del proceso en el que se determine la fiabilidad de los datos.
- **Análisis:** en el que se identifiquen las fuentes de variación y las raíces del problema.
- **Mejora:** desarrollos de cambio para mejorar el rendimiento.
- **Controlar:** para mantener las mejoras realizadas. (p.32)

Figura 9 Metodología DMAIC



Fuente: Lean six sigma. Sistema de gestión para liderar empresas (2015).

Explicando un poco cada una de las etapas de esta metodología y como serán abordadas en el desarrollo del proyecto se explica lo siguiente:

Definir: esta etapa es fundamental para establecer el enfoque y los objetivos del proyecto de mejora. Básicamente se identifica un área específica del proceso o servicio que requiera mejoras o que presente oportunidades para optimizar la calidad, reducir costos o aumentar la eficiencia. Es importante que el problema esté bien definido y tenga un impacto significativo en la organización.

Además, se delimita claramente los límites y alcance del proyecto. Define qué aspectos serán incluidos y excluidos, para evitar desviaciones y asegurar que el equipo de trabajo tenga claridad sobre qué se abordará.

Al completar la etapa "Definir", el equipo de trabajo tendrá una visión clara del problema a abordar, los objetivos a alcanzar y el plan de acción para el proyecto DMAIC. Esto sienta las bases para avanzar a las siguientes etapas de la metodología, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y llevar a cabo una mejora continua efectiva en el proceso. En esta fase se puede utilizar herramientas como el Diagrama de Pareto y el Diagrama SIPOC para identificar los elementos o las variables claves en el proceso.

Medir: esta etapa es crucial para obtener datos y evidencias que permitan comprender la situación actual del proceso y cuantificar la magnitud del problema identificado en la etapa de "Definir". Se identifican las métricas y los indicadores clave que permitirán evaluar el rendimiento del proceso. Estos indicadores deben estar alineados con los objetivos establecidos en la etapa de "Definir" y deben ser cuantificables y medibles.

Se recopilan datos relevantes y precisos sobre el proceso. Se puede utilizar distintas fuentes, como registros, sistemas de información, mediciones en tiempo real, encuestas, herramientas estadísticas, gráficos de control, entre otros.

Al completar la etapa "Medir", se tendrá una comprensión clara de cómo se está desempeñando el proceso actual y contará con datos sólidos para fundamentar las decisiones y acciones a tomar en las etapas siguientes de "Analizar", "Mejorar" y "Controlar". La etapa de "Medir" proporciona una base sólida para la toma de decisiones basadas en datos y para lograr una mejora continua efectiva del proceso.

Analizar: es donde el equipo de trabajo profundiza en los datos recolectados durante la etapa de "Medir" para comprender las causas raíz de los problemas identificados y para identificar oportunidades de mejora. Se debe analizar detalladamente los datos recopilados y los gráficos de control construidos. Esto permitirá identificar patrones, tendencias, desviaciones y otras características relevantes del proceso.

Además, se debe identificar y analizar en profundidad las posibles causas que están contribuyendo a los problemas o desviaciones en el proceso. Es importante buscar la causa raíz, es decir, la causa fundamental que está generando los síntomas observados. Se debe también, clasificar las causas identificadas en función de su impacto en el proceso y su relevancia para los objetivos establecidos. Esto permitirá enfocar los esfuerzos en abordar las causas más significativas y que tengan un mayor potencial de mejora.

Al completar la etapa "Analizar", se tendrá una comprensión clara de las causas raíz de los problemas identificados y contará con información sólida para desarrollar soluciones efectivas en la etapa de "Mejorar". El análisis de causa raíz es esencial para garantizar que las mejoras

aborden los problemas subyacentes y generen un impacto positivo en el proceso. En esta etapa se puede utilizar la herramienta Diagrama de Ishikawa.

Implementar: esta etapa se enfoca en implementar y probar las soluciones identificadas durante la etapa "Analizar" para abordar las causas raíz de los problemas y lograr mejoras significativas en el proceso. Se debe seleccionar las soluciones más adecuadas para abordar los problemas identificados. También, se desarrolla un plan detallado para implementar las soluciones seleccionadas. Esto incluye definir el cronograma de implementación, asignar responsabilidades y recursos necesarios, y establecer medidas para evaluar el progreso y éxito de las acciones.

Es importante que antes de implementar las soluciones a gran escala, es recomendable realizar pruebas piloto en áreas o procesos específicos para evaluar la efectividad de las mejoras propuestas. Esto permite identificar posibles problemas y realizar ajustes antes de una implementación completa. Si los datos recopilados después de la implementación muestran que las mejoras no han tenido el impacto deseado, es importante analizar las razones y realizar ajustes en las soluciones para mejorar su efectividad.

Al completar la fase "Implementar", se habrán implementado soluciones efectivas para abordar las causas raíz de los problemas identificados y lograr mejoras significativas en el proceso.

Controlar: esta etapa es esencial para asegurar que las mejoras implementadas en la etapa de "Mejorar" se mantengan en el tiempo y que el proceso siga funcionando de manera óptima. Se definen las medidas y los indicadores clave que se utilizarán para monitorear el proceso después de implementar las mejoras. Estas medidas deben estar relacionadas con los objetivos

establecidos en la etapa de "Definir" y permitir evaluar el rendimiento del proceso de manera continua.

Además, se desarrollan y establecen controles y procedimientos para asegurar que el proceso se mantenga en los nuevos niveles de calidad alcanzados. Esto incluye la capacitación del personal, la documentación de los procedimientos, la implementación de políticas y otras acciones para garantizar que se sigan las mejores prácticas. Asigna responsabilidades claras para el monitoreo y el cumplimiento de los controles establecidos. Se define quiénes serán los responsables de llevar a cabo las tareas de control y asegurarte de que estén capacitados para hacerlo de manera efectiva.

Al completar la etapa "Controlar", se estará en una posición sólida para mantener las mejoras logradas en la etapa de "Mejorar" y asegurar que el proceso se mantenga en niveles óptimos de calidad y eficiencia a lo largo del tiempo. Esta etapa es clave para asegurar una mejora continua y sostenible en el proceso y para lograr resultados a largo plazo.

2.2.2 Lluvia de ideas (Brainstorming)

La lluvia de ideas, también conocida como "brainstorming", es una técnica creativa de generación de ideas que se utiliza para generar un gran número de propuestas, soluciones o enfoques en un corto período de tiempo. Es una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito empresarial, educativo y creativo para resolver problemas, fomentar la innovación y promover la colaboración en equipo.

El proceso de lluvia de ideas generalmente involucra a un grupo de personas que se reúnen para compartir sus ideas y pensamientos sobre un tema o problema específico. No hay límites ni restricciones para la generación de ideas durante la sesión. La idea es animar a los participantes

a ofrecer cualquier idea que se les ocurra, sin importar lo poco convencional o práctica que pueda parecer en un principio.

Algunos principios clave del brainstorming son:

- Durante una sesión de lluvia de ideas, se alienta a los participantes a suspender el juicio y evitar criticar o descartar las ideas de otros. El objetivo es generar la mayor cantidad posible de ideas sin limitaciones.
- El ambiente de la lluvia de ideas es propicio para fomentar la creatividad y la imaginación. Se anima a los participantes a pensar fuera de lo común y proponer ideas innovadoras.
- Los participantes pueden construir sobre las ideas de sus compañeros o combinar varias ideas para crear soluciones más completas o novedosas.
- Un facilitador o alguien designado debe registrar todas las ideas en un lugar visible para que todos los participantes puedan verlas. Esto evita la repetición de ideas y permite a todos los participantes contribuir al proceso.

La lluvia de ideas es una herramienta poderosa para estimular la creatividad, promover la colaboración en equipo y encontrar soluciones innovadoras a problemas o desafíos. Es una práctica muy versátil que puede adaptarse a diferentes contextos y escenarios, y es especialmente útil para resolver problemas complejos donde se requiere una amplia gama de enfoques y perspectivas. Después de la sesión de lluvia de ideas, el siguiente paso suele ser el análisis y la evaluación de las ideas generadas. Se pueden aplicar otros métodos y técnicas para seleccionar las ideas más prometedoras y desarrollar un plan de acción para su implementación.

2.2.3 Gráficos estadísticos

Los gráficos estadísticos son representaciones visuales de datos numéricos que permiten analizar y comunicar información de manera clara y efectiva. Estos gráficos son ampliamente utilizados en el campo de la estadística y en diversas áreas como la ciencia, negocios, educación, investigación, entre otros. Algunos tipos comunes de gráficos estadísticos son: gráfico de barras, gráfico de líneas, gráfico de dispersión, histograma, gráfico circular, gráfico de cajas, diagrama de Pareto.

La elección del gráfico adecuado dependerá del tipo de datos que se estén analizando y del objetivo de la representación visual. Los gráficos estadísticos son una herramienta poderosa para resumir y comunicar información de manera efectiva, lo que facilita la toma de decisiones informadas, el análisis de patrones y tendencias en los datos. Abad y Huapaya (2009) afirman:

“El gráfico estadístico es una representación visual de datos estadísticos por medio de puntos, líneas, barras, polígonos o figuras asociadas a escalas de medición, que permite una fácil comprensión de la información en su conjunto. (p.13)”

2.2.3.1 Tipos de datos

Existen dos tipos de datos cualitativos y cuantitativos, se definen de la siguiente manera:

Cualitativos: son aquellos que se refieren a características o atributos que no pueden expresarse en términos numéricos. Representan cualidades, categorías, etiquetas o descripciones que permiten clasificar elementos o sujetos en diferentes grupos, pero no se pueden medir o cuantificar con números. Estos datos se basan en observaciones subjetivas y no pueden someterse a operaciones matemáticas aritméticas. Sampieri (2014) afirma:

“El enfoque cualitativo utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. (p.7)”

Cuantitativos: son aquellos que se expresan en términos numéricos y pueden ser medidos o cuantificados de manera objetiva. Representan cantidades, magnitudes o valores numéricos y se obtienen a través de mediciones, conteos o registros numéricos. Estos datos permiten realizar operaciones matemáticas y análisis estadísticos para obtener conclusiones objetivas y extraer información cuantitativa. Sampieri (2014) afirma:

“El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (p.4)”

2.2.3.2 Gráfico de barras

Un gráfico de barras es una representación gráfica que utiliza barras rectangulares para mostrar la comparación de diferentes categorías o datos cuantitativos. Cada barra representa una categoría y su altura está proporcionalmente relacionada con el valor numérico que representa. Son ampliamente utilizados para visualizar datos categóricos y comparar diferentes valores de manera clara y efectiva. Estos gráficos son útiles para mostrar relaciones entre distintos grupos o para resaltar diferencias y similitudes entre categorías. Abad y Huapaya (2009) afirman:

“En el gráfico de barras, los datos se representan por medio de rectángulos de igual base sobre el eje de conceptos; en tanto que la longitud del otro lado corresponde al valor del dato, según la escala utilizada en el eje de valores. Cuando se grafica más de una categoría existen diferentes modalidades de presentación. (p.25)”

2.2.3.3 Gráfico de líneas

Un gráfico de líneas es una representación gráfica que utiliza puntos conectados por líneas rectas para mostrar la tendencia o el cambio de una serie de datos a lo largo del tiempo o de una secuencia ordenada. Es una herramienta visual efectiva para mostrar la evolución de variables numéricas a lo largo de un período determinado y para identificar patrones y tendencias en los

datos. Son especialmente útiles cuando se quiere visualizar la tendencia de una variable en función del tiempo o cuando se desea comparar varias series de datos en un mismo gráfico para analizar sus comportamientos a lo largo del tiempo. Abad y Huapaya (2009) afirman:

“Estos gráficos se emplean cuando es necesario representar las tendencias o relaciones entre dos o más series de datos, y éstos son numerosos o continuos; los gráficos de línea pueden cubrir períodos de minutos, horas, días, semanas, meses o años. (p.34)”

2.2.4 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso que muestra paso a paso las diferentes etapas o acciones que se llevan a cabo para alcanzar un objetivo o resolver un problema específico. Es una herramienta visual que utiliza símbolos y flechas para mostrar la secuencia lógica de actividades, decisiones y pasos en un flujo continuo. Son ampliamente utilizados en diversos campos, como la informática, la ingeniería, la programación, la administración, la producción y otros procesos que requieren un enfoque sistemático y bien definido para alcanzar resultados.

Los símbolos utilizados en los diagramas de flujo tienen significados específicos y ayudan a representar diferentes elementos del proceso. Algunos de los símbolos más comunes son:

- **Ovalo:** representa el inicio y el fin de un proceso.
- **Rectángulo:** representa una actividad, operación o tarea.
- **Rombo:** representa una condición, pregunta o decisión planteada siempre con solo dos alternativas: “si” o “no”.
- **Flecha de flujo:** representa la secuencia de las acciones y el orden en que se van llevando a cabo y cuál es el siguiente paso.
- **Documento:** representa la salida o entrada de documentos en el proceso.

Los diagramas de flujo son especialmente útiles para visualizar procesos complejos y comprender la lógica detrás de cada paso. Además, facilitan la comunicación entre diferentes miembros de un equipo o entre departamentos, permitiendo que todos tengan una comprensión clara y compartida del proceso. Suazo (2024) afirma:

“La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa permite ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para mejorarlo y mejorarlo. (p.2)”

2.2.5 Gemba

Es un término japonés que se utiliza en el contexto de la gestión y mejora de procesos, especialmente en el ámbito de la producción y la manufactura. La palabra "gemba" se traduce básicamente como "lugar real" o "lugar del trabajo" en japonés.

En el contexto empresarial, se refiere al lugar donde ocurren las actividades principales de producción o prestación de servicios. Es el lugar físico donde se lleva a cabo el trabajo real, donde los empleados interactúan con los clientes, donde se producen bienes o se brindan servicios.

Es importante en la filosofía japonesa de mejora continua y gestión de calidad, como lo ejemplifica la metodología Lean. Al enfocarse en el "gemba", las organizaciones pueden comprender de manera más profunda los procesos y problemas reales que afectan a la producción o a la prestación de servicios. Los gerentes y líderes de equipos a menudo lo realizan para observar y recopilar información de primera mano sobre cómo se están llevando a cabo las operaciones.

Al realizar un gemba las personas que lo realizan pueden obtener mucha información importante como:

- Observar directamente los procesos de trabajo y la interacción con los clientes.
- Identificar oportunidades de mejora y problemas en tiempo real.
- Recopilar datos y obtener información relevante para la toma de decisiones.
- Fomentar una cultura de colaboración y resolución de problemas en el lugar de trabajo.

El enfoque en el gemba permite a las organizaciones tomar decisiones informadas y basadas en hechos, en lugar de depender únicamente de informes y datos abstractos. Al conocer de primera mano cómo funcionan realmente las operaciones, las empresas pueden implementar mejoras significativas y eficaces para aumentar la eficiencia, la calidad y la satisfacción del cliente.

Hernández (2013) afirma:

“Palabra japonesa que significa “lugar real”, el lugar en donde la acción real pasa. Desde un punto de vista amplio “gemba” es donde se realizan las actividades de desarrollo, producción o venta del producto. (p.160)”

2.2.6 Kaizen

Kaizen es un término japonés que significa mejora continua. Se refiere a una filosofía y práctica de gestión que se centra en realizar mejoras incrementales y constantes en los procesos, productos o servicios de una organización. El objetivo principal del kaizen es lograr un crecimiento sostenible y constante a lo largo del tiempo, a través de pequeños cambios positivos y continuos en todas las áreas de la empresa.

El concepto de kaizen se originó en Japón y fue ampliamente popularizado por empresas como Toyota, donde se implementó en la producción y en la cultura organizacional. Sin embargo, el kaizen se ha extendido a nivel mundial y se aplica en diversos sectores y organizaciones.

El enfoque del kaizen en la mejora continua ha demostrado ser muy efectivo para aumentar la eficiencia, la calidad y la productividad en las organizaciones. Al fomentar una cultura de mejora constante, las empresas pueden adaptarse mejor a los cambios del entorno y mantener una ventaja competitiva a largo plazo. Hernández (2013) afirma:

“Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. (p.27)”

2.2.7 Tabla Multivoto

Una tabla de multivoto es una herramienta utilizada para recopilar y organizar opiniones o preferencias de un grupo de personas sobre varios temas o alternativas. Es una técnica de votación que permite obtener de manera rápida y sencilla la opinión colectiva de un equipo, equipo de trabajo o grupo de personas sobre diferentes opciones o propuestas.

El proceso de una tabla de multivoto generalmente es el siguiente:

- **Definir las opciones:** Identificar claramente las diferentes opciones, alternativas o temas sobre los cuales se desea obtener la opinión del grupo.
- **Crear la tabla:** Se dibuja una tabla en la que las filas representan las opciones y las columnas representan a las personas o miembros del equipo que van a votar.
- **Votación:** Cada miembro del grupo asigna una cierta cantidad de votos a las opciones que consideran más adecuadas o preferidas. Dependiendo de la tabla de multivoto, los miembros pueden tener una cantidad fija de votos para distribuir entre todas las opciones o se les permite asignar diferentes cantidades de votos a diferentes opciones.

- **Recopilación de votos:** Se suman los votos asignados a cada opción en todas las columnas para obtener el total de votos para cada opción.
- **Análisis de resultados:** Los totales de votos se utilizan para clasificar las opciones según la cantidad de apoyo recibida por parte del grupo. Esto permite identificar las opciones más populares o preferidas y tomar decisiones basadas en los resultados de la votación.

La tabla de multivoto es una técnica útil para obtener rápidamente una idea de las preferencias o consensos del grupo en un contexto determinado. Es especialmente útil cuando se deben tomar decisiones colectivas o se necesita realizar una elección entre múltiples opciones. Además, esta herramienta fomenta la participación de todos los miembros del grupo y permite recopilar datos de manera ordenada y estructurada para facilitar el análisis y la toma de decisiones informadas.

Acuña (2012) afirma:

“La tabla multivoto es un método para clasificar problemas, características de calidad, causas de problemas o limitaciones de un proceso de mejoramiento continuo que se basa en la votación-clasificación de un grupo idóneo de personas. El proceso de votación se inicia con el listado de las características provenientes del diagrama de Ishikawa, las que se someten a votación de un grupo de 10 personas calificadas.

Estas personas conocen a fondo el proceso y el producto, lo que les permite expresar su opinión con respecto a la criticidad de las características o problemas de calidad. Dicha opinión se manifiesta anotando para cada una de las características un número que va de uno a cinco, asignando un uno para la mayor criticidad y un cinco para la de menor importancia. El tres representa una opinión intermedia. (p. 221)”

Figura 10 Tabla Multivoto

Fallas	1	2	3	4	5	Total
Diámetro mayor	1	6	12	4	5	28
Color inadecuado	8	2	3	0	0	13
Asperezas	2	4	15	4	0	25
Fracturas	7	2	3	0	5	17
Embalaje incorrecto	1	4	3	16	10	34
Pedidos atrasados	0	0	9	8	25	42

Fuente: Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico (2012).

2.2.8 Diagrama ABC

El diagrama ABC, también conocido como análisis ABC o clasificación ABC, es una herramienta de gestión utilizada para clasificar elementos, como productos, clientes o actividades, en diferentes categorías en función de su importancia o contribución a ciertos criterios específicos.

El análisis ABC se basa en el principio de Pareto, que establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. En el contexto del diagrama ABC, esto se traduce en que un pequeño porcentaje de elementos contribuye significativamente a un criterio particular, mientras que la mayoría de los elementos tienen una contribución relativamente baja.

El proceso para realizar un diagrama ABC generalmente sigue estos pasos:

- **Identificar el criterio:** se define el criterio o variable que se utilizará para clasificar los elementos. Esto puede ser, por ejemplo, el volumen de ventas, el valor monetario, el tiempo de procesamiento o cualquier otro criterio relevante para el análisis.
- **Recopilar datos:** se obtienen los datos necesarios para cada elemento en relación con el criterio seleccionado. Por ejemplo, si el criterio es el volumen de ventas, debes obtener las cifras de ventas para cada producto o cliente.

- **Ordenar los datos:** Ordena los elementos en orden descendente o ascendente según el criterio seleccionado.
- **Calcular acumulados:** Calcula los porcentajes acumulados del criterio para cada elemento. Esto te mostrará la contribución acumulada de los elementos en relación con el total.
- **Clasificar los elementos:** Dividir los elementos en categorías según su contribución al criterio. Las categorías típicas son:
 - Clase A:** Incluye los elementos con la mayor contribución, generalmente alrededor del 20% del total de elementos que aportan aproximadamente el 80% del criterio.
 - Clase B:** Incluye los elementos con una contribución intermedia, alrededor del 30% del total de elementos que aportan aproximadamente el 15% del criterio.
 - Clase C:** Incluye los elementos con la menor contribución, alrededor del 50% del total de elementos que aportan aproximadamente el 5% del criterio.

El diagrama ABC ayuda a enfocar la atención y los recursos en los elementos más importantes y con mayor impacto, lo que permite una gestión más efectiva y eficiente. Es útil en la gestión de inventarios, la toma de decisiones sobre clientes o productos, la optimización de procesos y en diversas áreas donde es importante priorizar y asignar recursos de manera adecuada.

2.2.9 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también conocido como el principio de Pareto o la ley 80/20, es una herramienta gráfica utilizada para identificar y priorizar los problemas o causas que generan la mayor parte de los efectos o resultados no deseados en un proceso o conjunto de datos.

Se basa en el principio de que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Esta regla 80/20 se puede aplicar a muchos escenarios, como en la distribución de ingresos, donde el 80% de la riqueza a menudo está en manos del 20% de la población, o en la gestión de proyectos, donde el 80% de los problemas pueden estar relacionados con el 20% de las causas.

El proceso para crear un diagrama de Pareto generalmente sigue estos pasos:

- **Identificar el problema:** Definir claramente el problema o los efectos no deseados que se desean analizar y mejorar.
- **Recopilar datos:** Obtener datos relevantes sobre los diferentes problemas o causas que están relacionadas con el problema identificado.
- **Clasificar los datos:** Organizar los datos en categorías o grupos que representen las causas o factores que contribuyen a los problemas.
- **Calcular las frecuencias:** Determinar la frecuencia de cada categoría o causa, es decir, cuántas veces se ha producido cada una de ellas.
- **Ordenar en orden descendente:** Organizar las causas en orden descendente según su frecuencia, de modo que la causa más frecuente se encuentre en la parte izquierda y las menos frecuentes en la parte derecha.
- **Crear el gráfico:** Representar gráficamente los datos en un gráfico de barras, donde el eje X muestra las causas y el eje Y muestra las frecuencias. Se agregan barras en orden descendente y, a menudo, se incluye una línea que muestra el porcentaje acumulado de las frecuencias.

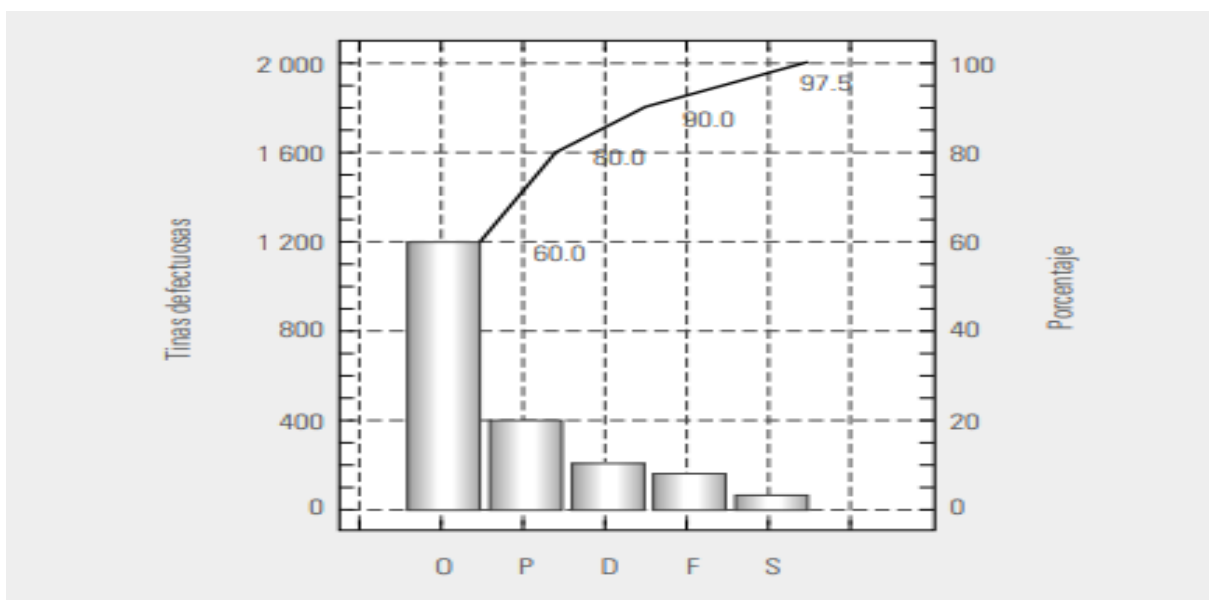
El diagrama de Pareto ayuda a identificar las causas más significativas o críticas que requieren atención y acción inmediata para abordar el problema. Al centrarse en las pocas causas principales que generan la mayoría de los efectos no deseados, las organizaciones pueden dirigir

sus esfuerzos de mejora de manera más efectiva y obtener resultados más significativos en la solución de problemas y en la optimización de procesos. Gutiérrez (2013) afirma:

“Es imposible e impráctico pretender resolver todos los problemas de un proceso o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, el diagrama de Pareto (DP) es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo.

El diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “ley 80-20” o “pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que solo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto genera muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una organización, solo unos cuantos son realmente importantes. (p. 179)”

Figura 11 Diagrama De Pareto



Fuente: Calidad total y productividad (2013).

2.2.10 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta gráfica utilizada para identificar y analizar las posibles

causas de un problema o efecto específico. Fue desarrollado por el profesor Kaoru Ishikawa en la década de 1960 y es ampliamente utilizado en la mejora de la calidad y en la resolución de problemas en diversas industrias.

El diagrama de Ishikawa se llama así porque su estructura se asemeja a una espina de pescado o esqueleto de pez, donde el "efecto" (problema) se representa en la parte derecha del gráfico, y las "causas" que pueden contribuir al efecto se enumeran en forma de ramas que se extienden hacia la izquierda desde una línea central.

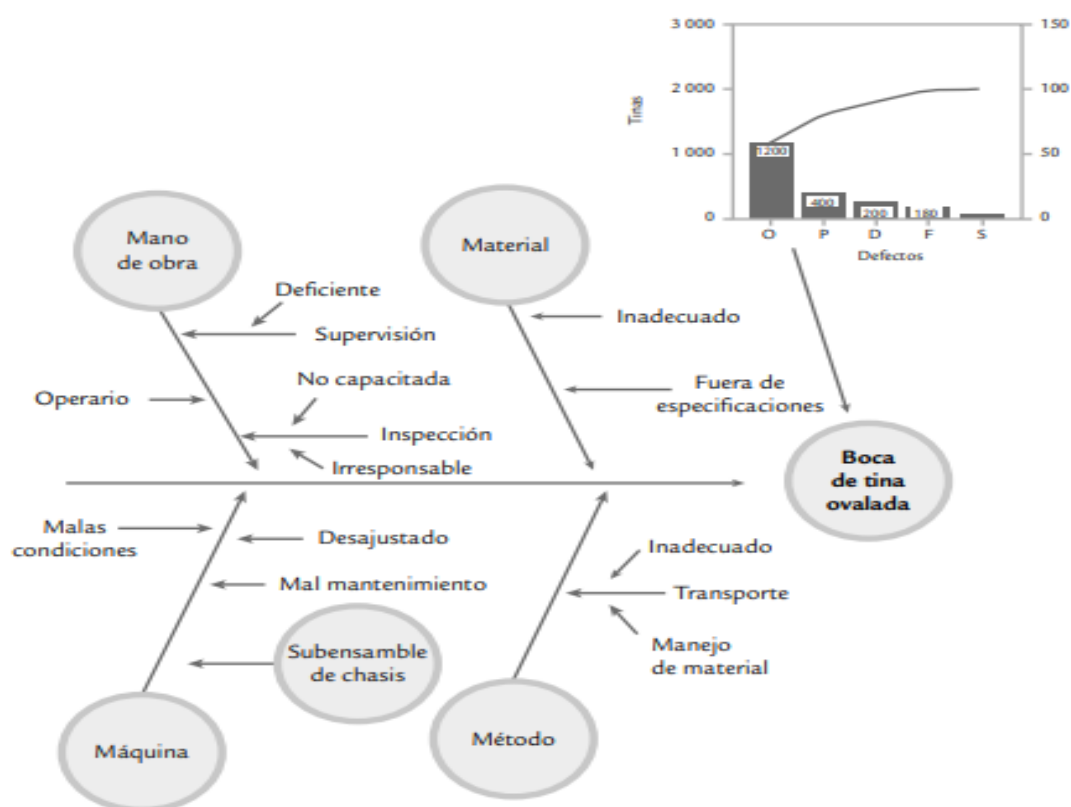
Se construye de la siguiente manera:

- **Identificar el problema:** Comienza definiendo claramente el problema o efecto que deseas analizar. Este efecto se coloca en el extremo derecho del diagrama.
- **Categorías de causas:** Identifica las categorías principales de causas que podrían estar relacionadas con el problema. Estas categorías son típicamente áreas clave del proceso o factores que influyen en el resultado. Las categorías comunes incluyen "Personal", "Métodos", "Materiales", "Máquinas", "Medio ambiente" y "Mediciones".
- **Brainstorming:** Reúne a un equipo de personas involucradas en el proceso o problema y realiza una sesión de lluvia de ideas para identificar todas las posibles causas dentro de cada categoría.
- **Construir el diagrama:** Dibuja una línea horizontal a lo largo del eje derecho del gráfico y coloca las categorías de causas a lo largo de la línea, formando las "espinas". Luego, para cada categoría, agrega las causas específicas como ramas que se extienden desde la espina principal.
- **Analizar causas:** Una vez que el diagrama está completo, analiza las causas identificadas para determinar cuáles podrían ser las más significativas y merecen una mayor investigación o acciones de mejora.

El diagrama de Ishikawa es una herramienta efectiva para visualizar las relaciones entre diferentes factores y comprender las causas potenciales de un problema. Facilita la identificación de áreas de mejora y ayuda a los equipos a centrarse en las causas fundamentales para resolver problemas de manera más efectiva. Es especialmente útil cuando se busca un análisis detallado de las causas raíz y cuando se desea tomar decisiones informadas y basadas en hechos para abordar problemas de calidad o rendimiento. Gutiérrez (2009) afirma:

“El diagrama de causa-efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar diferentes causas que afectan el problema bajo análisis, y de esta forma se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuales son las verdaderas causas. (p. 152)”

Figura 12 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Control estadístico de calidad y seis sigma (2009).

2.2.11 ¿Los 5 porqués?

Los "5 Porqués" es una técnica de resolución de problemas que se utiliza para identificar las causas raíz de un problema particular. Esta técnica se basa en la idea de hacer preguntas "por qué" de manera repetitiva (generalmente cinco veces) para profundizar en la comprensión de las causas subyacentes de un problema y llegar a su origen real. Fue desarrollada por el ingeniero japonés Taiichi Ohno como parte del sistema de producción de Toyota y es una herramienta fundamental en la metodología Lean.

El proceso de los "5 Porqués" es relativamente simple:

- Identificar el problema: Comienza por definir claramente el problema que deseas resolver. Este problema se convierte en la base de la serie de preguntas "por qué".
- Preguntar "por qué": Preguntar "por qué" se produjo el problema. La respuesta a esta pregunta se convierte en la causa raíz del problema. Luego, toma esa respuesta y formula la siguiente pregunta "por qué" basada en ella.
- Repetir el proceso: Continúa haciendo preguntas "por qué" y obteniendo respuestas, avanzando cada vez más en la cadena de causas y efectos. El objetivo es seguir profundizando hasta llegar a la causa raíz fundamental que está generando el problema.
- Detenerse cuando se llega a la causa raíz: La serie de preguntas "por qué" se repite generalmente hasta cinco veces, aunque en algunos casos puede requerir más o menos repeticiones. La idea es detenerse cuando se ha identificado la causa raíz fundamental.

La técnica de los "5 Porqués" es valiosa porque evita tratar solo los síntomas de un problema y aborda las causas fundamentales que lo generan. Al profundizar en la cadena de causas y efectos, se puede encontrar una solución más efectiva y duradera. Sin embargo, es importante

aplicar esta técnica de manera cuidadosa, ya que puede haber múltiples causas involucradas y es necesario mantener un enfoque objetivo para evitar suposiciones o conclusiones apresuradas.

2.2.12 Diagrama afinidad

El diagrama de afinidad, también conocido como método KJ (Kawakita Jiro) o diagrama de organización de datos, es una herramienta utilizada para organizar y agrupar ideas, opiniones o datos en categorías temáticas. Fue desarrollado por Jiro Kawakita, un ingeniero y estadístico japonés, como una técnica de mejora de procesos y resolución de problemas en la década de 1960.

El objetivo principal del diagrama de afinidad es facilitar la generación y agrupación de ideas en un proceso estructurado y participativo, lo que permite organizar y comprender mejor la información recopilada en sesiones de lluvia de ideas o en estudios cualitativos.

El proceso para crear un diagrama de afinidad generalmente sigue estos pasos:

- **Generar ideas:** Comienza con una sesión de lluvia de ideas, donde los participantes aportan sus ideas, opiniones o datos relacionados con el tema o problema en cuestión.
- **Escritura de ideas:** Cada idea se escribe en una tarjeta o nota adhesiva individual para que todas las ideas sean fácilmente manipulables.
- **Agrupación de ideas:** Los participantes empiezan a organizar las tarjetas en grupos o categorías según temas o similitudes. Es importante que los grupos se formen de manera colaborativa y que los participantes justifiquen las razones de las agrupaciones.
- **Etiquetar los grupos:** Una vez que se han formado los grupos, se coloca una etiqueta o título en cada grupo que represente el tema o categoría bajo la cual se agruparon las ideas.

- **Refinar y finalizar:** Los grupos se revisan y ajustan según sea necesario para asegurarse de que todas las ideas estén bien organizadas y relacionadas correctamente. El diagrama resultante muestra las categorías temáticas y las ideas agrupadas dentro de cada categoría.

El diagrama de afinidad es una herramienta poderosa para la generación de ideas, el análisis de datos cualitativos y la identificación de patrones y temas comunes. Facilita la comunicación y el trabajo en equipo, ya que todos los participantes pueden ver cómo se organizaron y agruparon las ideas. Además, el diagrama de afinidad es especialmente útil cuando se enfrentan problemas complejos o cuando se necesita comprender mejor la información cualitativa antes de tomar decisiones o iniciar acciones de mejora.

2.2.13 Criterios de decisión

2.2.13.1 Valor Actual Neto (VAN)

El "VAN" (Valor Actual Neto) es una medida financiera utilizada en la evaluación de proyectos de inversión para determinar si una inversión generará un retorno positivo o negativo en términos de valor presente. Es una de las herramientas más comunes para tomar decisiones de inversión basadas en el análisis de flujo de efectivo.

El VAN se basa en el concepto de que el valor del dinero cambia con el tiempo, y una cantidad de dinero en el futuro no tiene el mismo valor que la misma cantidad hoy. La idea principal es llevar todos los flujos de efectivo futuros a su valor presente, descontando los flujos futuros a una tasa de descuento adecuada, y luego comparar el valor presente neto de esos flujos de efectivo con el costo inicial de la inversión.

Es una herramienta importante para evaluar la viabilidad financiera de un proyecto de inversión. Al comparar el valor presente neto de los flujos de efectivo generados por un proyecto con su inversión inicial, las empresas y los inversionistas pueden tomar decisiones más informadas

sobre qué proyectos persiguen y cuáles descartan. Si el VAN es positivo, significa que el proyecto podría generar un rendimiento superior a la tasa de descuento, lo que generalmente es considerado como una inversión favorable.

2.2.13.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR, o Tasa Interna de Retorno, es otra medida financiera utilizada en la evaluación de proyectos de inversión. Al igual que el VAN (Valor Actual Neto), el TIR es una herramienta importante para determinar la viabilidad y rentabilidad de un proyecto.

Se define como la tasa de interés a la cual el VAN de los flujos de efectivo futuros de un proyecto se vuelve cero, es decir, cuando los ingresos generados por el proyecto igualan los costos de inversión. En otras palabras, el TIR es la tasa de rendimiento que hace que el proyecto sea financieramente equilibrado.

El proceso de cálculo del TIR implica encontrar la tasa de descuento que hace que la suma de los flujos de efectivo futuros descontados sea igual al costo inicial de la inversión. Esto se realiza iterativamente, ajustando la tasa hasta que el VAN sea aproximadamente cero.

En términos prácticos:

- Si el TIR es mayor que la tasa de descuento utilizada en el cálculo (tasa mínima requerida), el proyecto es considerado aceptable, ya que indica que el rendimiento obtenido supera la tasa mínima requerida.
- Si el TIR es menor que la tasa de descuento, el proyecto puede ser considerado inaceptable, ya que el rendimiento esperado es menor que el costo de oportunidad.
- Si el TIR es igual a la tasa de descuento, el proyecto estaría en el umbral de ser aceptable o no, y en este caso, otros factores pueden influir en la decisión.

En resumen, el TIR es una medida importante para evaluar la rentabilidad de un proyecto y para comparar proyectos alternativos. Si el TIR es más alto que la tasa de descuento requerida, el proyecto podría ser una inversión favorable. Sin embargo, como en el caso del VAN, es crucial considerar otros aspectos y factores antes de tomar una decisión final, como el riesgo asociado al proyecto, los flujos de efectivo esperados y otros análisis relevantes.

2.2.13.3 Tasa Interna de Retorno (ROI)

El ROI, o Retorno de la Inversión, es una métrica financiera utilizada para evaluar la eficiencia y rentabilidad de una inversión o proyecto. Esta métrica compara los beneficios generados por la inversión con los costos de la inversión misma y se expresa como un porcentaje o una proporción.

La fórmula básica para calcular el ROI es la siguiente:

$$ROI = \text{Beneficios Netos} / \text{Costo de la Inversión} \times 100$$

Donde:

Beneficios Netos: Son los ingresos generados por la inversión después de restar los costos asociados con la inversión. Esto incluye tanto los ingresos directos como los ahorros en costos.

Costo de la Inversión: Es el monto total de dinero invertido para llevar a cabo el proyecto o adquirir el activo en cuestión. Esto incluye todos los costos iniciales y recurrentes relacionados con la inversión.

El ROI se expresa en forma de porcentaje y proporciona una indicación clara de cuánto valor se ha generado en relación con el costo de la inversión. Si el ROI es positivo y mayor que cero, indica que la inversión ha generado más beneficios de los que costó, lo que sugiere que la

inversión ha sido rentable. Si el ROI es negativo, la inversión ha generado menos beneficios de los que costó.

Es una herramienta importante para tomar decisiones informadas sobre inversiones. Permite comparar diferentes proyectos o activos para determinar cuál tiene el potencial de generar un mayor retorno en relación con los costos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el ROI no considera el factor del tiempo y no tiene en cuenta el riesgo asociado con la inversión. Por lo tanto, es aconsejable combinar el análisis de ROI con otras métricas y consideraciones antes de tomar decisiones importantes de inversión.

2.2.13.4 Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es una métrica financiera que indica el tiempo necesario para que los flujos de efectivo generados por una inversión igualen o superen el costo inicial de dicha inversión. En otras palabras, el PRI es el tiempo que se necesita para "recuperar" la cantidad de dinero invertida a través de los ingresos generados por la inversión.

El cálculo del PRI es relativamente sencillo:

- **Identificar los flujos de efectivo:** Determinar los flujos de efectivo esperados que se generen a lo largo de la vida útil de la inversión. Estos flujos de efectivo pueden incluir ingresos y ahorros en costos.
- **Calcular el flujo de efectivo acumulado:** Calcular el flujo de efectivo acumulado año tras año, sumando los flujos de efectivo del año actual al flujo de efectivo acumulado del año anterior.
- **Identificar el punto de recuperación:** Encontrar el primer año en el que el flujo de efectivo acumulado sea igual o superior al costo inicial de la inversión.

- El resultado del cálculo será el número de años necesarios para recuperar la inversión. En algunos casos, es posible que el PRI no sea un número entero, por lo que se puede interpretar como el tiempo necesario para recuperar la inversión en años y fracciones de años.

El PRI es una métrica utilizada para evaluar la rapidez con la que una inversión puede generar suficientes flujos de efectivo para compensar su costo. Sin embargo, el PRI no considera el valor temporal del dinero ni la rentabilidad a largo plazo, ya que solo se centra en el tiempo necesario para igualar la inversión inicial con los flujos de efectivo generados. Como resultado, el PRI tiene limitaciones y debe utilizarse en conjunto con otras métricas financieras para tomar decisiones de inversión informadas.

2.2.13.5 Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Es una tasa de interés o rendimiento que se utiliza como criterio para evaluar proyectos de inversión y tomar decisiones financieras. Representa el rendimiento mínimo que una inversión debe generar para que sea considerada atractiva y justifique el riesgo asumido. En otras palabras, es el retorno que los inversionistas esperan obtener para compensar el tiempo y el riesgo asociados con una inversión.

Cuando se evalúan proyectos de inversión utilizando métodos como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) o el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), se compara el rendimiento esperado del proyecto con la TMAR. Si el rendimiento calculado supera la TMAR, el proyecto podría ser considerado atractivo y rentable. Si el rendimiento es menor que la TMAR, el proyecto podría ser considerado menos favorable desde una perspectiva financiera.

La TMAR puede variar según el contexto y la industria. Por ejemplo, en una empresa, la TMAR podría reflejar el costo de capital de la empresa y tener en cuenta el riesgo asociado con el sector en el que opera. En la inversión personal, la TMAR podría reflejar los objetivos financieros y la tolerancia al riesgo del individuo.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

El impacto del presente proyecto en el corto, mediano y largo plazo busca agilizar y mejorar el proceso de la toma de inventario y que con esto que se obtenga una mejora en el proceso productivo de la organización y que a su vez la empresa se vea beneficiada en una mejora productiva lo cual le permita producir más llantas.

Básicamente lo que se busca es que mediante la tecnología se cambie un método de trabajo el cual se ha hecho de la misma manera durante el tiempo que ha existido la compañía, esto representa un gran reto ya que se quiere modificar un método al que las personas están acostumbradas a través de los años.

Se busca que con la ayuda de nuevas tecnologías se cambie esta manera de trabajar y que se convierta en un proceso más digitalizado, esto se lograra mediante la ayuda de nuevas tecnologías, hoy en día si una organización no avanza y no invierte en nuevas formas de trabajo que agilicen sus procesos productivos lo que hacen es rezagarse y con el paso del tiempo implica más costos, lo cual no es bueno para el fin que cualquier empresa quiere conseguir, que es volverse más competitivos en el mercado.

2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Se utiliza material de referencia en proyectos anteriores que tengan alguna similitud con el proyecto que se está desarrollando en la Universidad Hispanoamericana.

2.4.1 PROYECTO 1

La siguiente tesis fue desarrollada por el Ingeniero Juan Carlos Carmona Chinchilla, en la empresa Persianas Canet, ubicada en Zapote y fue desarrollada en el año 2021.

Alcance

El proyecto se desarrolla en la bodega de la empresa y se pretende establecer un método cíclico de inventario que facilite incrementar la exactitud del inventario.

Objetivo General

Diseñar un procedimiento para realizar los inventarios cíclicos en la compañía Persianas Canet S.A. con el fin de incrementar la exactitud del inventario en un 90%, así como establecer una metodología para la identificación visual de las ubicaciones de todos los materiales.

Metodología

Este proyecto se desarrolló con la metodología DMAIC.

Conclusiones

- Se logró identificar las principales causas que provocan un inadecuado control y manejo de los inventarios.
- Se elaboran procedimientos de toma de inventarios cíclicos, planificación y control de los materiales, además de identificación visual de los materiales.

2.4.2 PROYECTO 2

La siguiente tesis fue desarrollada por la ingeniera Ingrid Castro Salas y fue desarrollada en la empresa Kaleb Castro S.A. y fue desarrollada en el año 2018.

Alcance

Se desarrolla en el área de instalación de servicios de telecomunicaciones y seguridad de la empresa la cual trabaja bajo contratos técnicos con una cablera.

Objetivo General

Diseñar un sistema de control de inventarios del área de instalación de servicios de telecomunicaciones de la empresa Kaleb Castro S.A. que permita el cumplimiento de las cláusulas contractuales y mejore la utilidad del negocio.

Metodología

El proyecto se desarrolla mediante la metodología DMAIC.

Conclusiones

- El sistema de control de inventarios dio como resultado una disminución del inventario lo cual ayudo a disminuir las diferencias de inventarios.
- Se obtiene una disminución del cobro de las ordenes penalizadas en un 1,6 % en el cobro.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1 Etapa de definir

Para esta etapa, la primera actividad que se definió fue una entrevista con los jefes de programación y del departamento de tubuladoras, con el fin de abordar el problema de una manera efectiva y que se debe corregir. Se observó que hay un problema con los inventarios de materiales y que en la mayoría de los casos se tiene que producir materiales que no se habían solicitado en las cédulas de producción, ya que se contó en la programación con un inventario que no era correcto o no se tenía en el área de producción.

Se recopiló la información que brindo ingeniería industrial para ver cuáles eran las principales causas para los paros de producción de llantas en el departamento de armado y se determina que una de ellas es la falta de materiales. Después se realizó un gráfico de barras para determinar cuál material es el que está ocasionando los paros de las maquinas en la línea de trabajo.

Después de estos procesos se realizó un gemba para ver el proceso de toma de inventarios y ver en qué punto se está perdiendo la información del inventario, ya que no es del todo confiable. Además, se entrevista a los programadores de producción que se encargan de la toma manual del inventario, así como con los operadores de la tubuladora que se encargan de producir las cantidades que solicita la cedula de producción, para evaluar si se saltan algún procedimiento o si se producen las cantidades tal cual vienen solicitadas por el departamento de programación.

Tabla 1 Actividades por realizar en la Etapa Definir

Actividad	Herramienta	Descripción	Responsable
Identificación del problema actual	Entrevista con el jefe de programación de producción	Se realiza una entrevista con el jefe del departamento de programación de producción y el jefe de tubuladoras	Jeremy Vargas, jefe de programación, jefe de tubuladora
Descripción detallada del proceso	Flujograma del proceso productivo	Se realiza un flujograma del proceso de la empresa	Jeremy Vargas
Principales razones de paros de máquinas armadoras	Gráfico de barras	Mediante el gráfico de barras se definen las causas por las cuales se deja de producir llantas en el departamento de armado	Jeremy Vargas, Ingeniería Industrial
Gemba en toma de inventarios	Observación de la toma de inventarios diaria	Se realiza un gemba en la toma de inventarios por parte del programador de producción	Jeremy Vargas
Gemba en las máquinas armadoras	Observación y apuntes de cantidades de rodados	Se realiza un gemba en las máquinas armadoras para ver cantidades que dice la trazabilidad y la cantidad real que tienen los carros de rodados	Jeremy Vargas

Fuente: Elaboración Propia (2023).

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICION Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

3.2.1 Etapa de medir

En la presente etapa y continuando con la metodología DMAIC se cuantificará cual es el material por el cual se presentan las demoras en el departamento de armado, esto con el fin de determinar los puntos críticos para que el proyecto tenga un impacto positivo para la empresa.

Se realiza un Diagrama de Pareto para ver cuál es la principal causa de las demoras en el departamento de armado. Después de obtener los datos se realiza otro Diagrama de Pareto para

ver cuál es el material que más afecta en las demoras y enfocarse en este para tener un impacto positivo.

Además, se realiza un Diagrama de Ishikawa para ver las principales causas del porque se está generando el problema, en los cuales va a estar enfocado el desarrollo de las mejoras del proyecto.

Se realiza también una tabla multivoto con un grupo de personas que están relacionadas con el proceso, esto para darle peso a cada uno de los factores y así enfocar toda la atención en los más importantes y no alejarse de lo que se quiere lograr.

Tabla 2 Actividades por realizar en la Etapa Medir

Actividad	Herramienta	Descripción	Responsable
Cuantificar cual es la principal causa de demoras	Diagrama de Pareto	Ver cuáles son las principales causas de demora en el departamento de armado	Jeremy Vargas
Determinación de principales variables que afectan el inventario	Diagrama de Ishikawa	Determinar las principales causas por las cuales se produce un error en el inventario	Jeremy Vargas
Asignar pesos a los diferentes puntos encontrados	Multivoto	Entre todos los conocedores del proceso se les asignan pesos a los diferentes puntos	Jeremy Vargas, CFT

Fuente: Elaboración Propia (2023).

3.3 METODOLOGIA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO

3.3.1 Etapa de analizar

Siguiendo con la metodología DMAIC, se pretende analizar los datos obtenidos que arroja la medición, en donde mediante la representación de los datos en el diagrama de Pareto se toma el material que provoca el mayor tiempo de demora en el departamento de armado, con el fin de

que el impacto sea preciso, conocer la ruta crítica y los esfuerzos en donde se va a trabajar de manera inmediata.

Se realizará un análisis de 5 porque esto para detectar la causa raíz del problema que se está teniendo en las demoras en el departamento de armado, y con lo cual se va a tener una idea más clara de lo que está pasando y hacia donde se deben dirigir los esfuerzos en el desarrollo del proyecto.

Además de esto también se realiza un mapeo del proceso para analizar la situación actual de cómo se realiza la toma de inventarios, esto para buscar posibles soluciones al problema.

Tabla 3 Actividades por realizar en la Etapa Analizar

Actividad	Herramienta	Descripción	Responsable
Detectar la causa raíz del problema	Diagrama ABC	Se realiza un diagrama ABC para ver cuales causas se consideran más importantes	Jeremy Vargas
Generar posibles soluciones	Matriz Solución	Se realiza una matriz para asignar solución a las causas que originan el problema	Jeremy Vargas/CFT

Fuente: Elaboración Propia (2023).

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

3.4.1 Etapa de implementar

En esta etapa del proyecto y continuando con la metodología DMAIC se implementan las mejoras propuestas de acuerdo con la causa raíz encontrada en el análisis que se hizo del sistema actual de la compañía. Las cuales se definieron con la tabla matriz de soluciones, la misma se hizo en conjunto con el grupo de empleados que fue elegido para darle peso a cada una de las causas (CFT).

Se hace el comunicado a todas las partes interesadas y se explica cómo funcionan las modificaciones al sistema, además de que se entrena a todos los operadores que son los que van a modificar una parte del trabajo que realizan día a día.

Se busca que la implementación perdure en el tiempo para que sea un proyecto rentable para la empresa.

Tabla 4 Actividades por realizar en la Etapa Implementar

Actividad	Herramienta	Descripción	Responsable
Integración del nuevo sistema propuesto	Reunión y hoja de firmas	Se hace el comunicado del nuevo sistema y se explica cómo va a funcionar	Jeremy Vargas
Entrenamiento de los operadores con el nuevo sistema	Entrenamiento con todos los empleados	Se da un entrenamiento con cada operador para que conozcan el nuevo sistema	Jeremy Vargas

Fuente: Elaboración Propia (2023).

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

3.5.1 Etapa de controlar

Siguiendo la metodología DMAIC la siguiente etapa que se trabajará será la de controlar, en la cual se busca que las mejoras implementadas se mantengan a través del tiempo, sin importar si el personal cambia.

Se procede a crear ayudas visuales para que los cambios implementados se mantengan en buen estado (códigos de barras y numeración de medios de transporte), además se establece un control diario por parte de los supervisores y de los programadores de producción para verificar que se estén utilizando los materiales correctos en las máquinas y que los mismos se encuentren bien identificados en el respectivo FIFO. Además, se incorporan las modificaciones del método de trabajo en el plan de control de proceso (PCP) del departamento, en el cual se detalla que la

tarjeta de trazabilidad se debe imprimir una vez producido el material, las tarjetas de trazabilidad se deben de imprimir de forma individual y según la secuencia de producción, se debe colocar la identificación antes de sacar el material de la máquina, la cantidad de material indicado en la trazabilidad debe ser igual a la cantidad a lo que hay en físico, el número de medio de transporte debe ser igual en la trazabilidad y en físico.

Lo que se busca es que se tenga un control permanente a las acciones de mejora implementadas.

Tabla 5 Actividades por realizar en la Etapa Controlar

Actividad	Herramienta	Descripción	Responsable
Verificación de buen estado de códigos y numeración	Ayudas Visuales	Se detalla la condición en la que deben estar identificados los medios de transporte de materiales	Jeremy Vargas
Verificación de correcta identificación de materiales	SMS	Mediante el sistema SMS chequeos diarios, se revisan materiales en máquinas y FIFO	Jeremy Vargas
Agregar nuevo método en el plan de control de proceso	PCP	Se detallan los cambios realizados en sistema en el PCP del departamento	Jeremy Vargas
Verificación de buen manejo de materiales	Auditorías	Se realizarán auditorías por parte del auditor de calidad para comprobar que se está trabajando de la manera correcta	Departamento de Calidad

Fuente: Elaboración Propia (2023).

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN

En la empresa Bridgestone de Costa Rica S.A el departamento de armado es el que marca el ritmo de producción de la compañía, ya que es donde se unen todos los componentes que conforman la llanta y esto representa que, si una máquina se detiene, no se produzca lo que se tenía planificado.

En este departamento se generan diferentes tipos de demoras por las cuales las máquinas armadoras se detienen y dejan de producir llantas, esto impacta en pérdidas de producción para la compañía al tener estas máquinas detenidas las cuales solo en faltante de rodados ronda los \$94 710,00 mensualmente.

En el siguiente diagrama ABC se muestran los tipos de demoras que tiene el departamento de armado de acuerdo con al porcentaje acumulado, se clasifica con letras ABC donde; los de tipo A representan el 80% de las demoras, los de tipo B representan el 15% de las demoras y los de tipo C representan el 5% de las demoras, para tener una idea más clara de cuáles son las más representativas y cuales hay que darles la prioridad necesaria para atacar el problema de manera correcta.

Tabla 6 Clasificación ABC tiempo de Demoras en el Departamento de Armado

Causa	Tiempo Promedio	Horas Acumuladas	% de horas Acumuladas	Clasificación
Falta de materiales	351,4	351,4	25,05%	A
Cambio de medida (Set Up)	213,8	565,2	40,28%	A
Mantenimiento preventivo	193,5	758,7	54,07%	A
Ajustes	135,4	894,0	63,72%	A
Chequeo inicio turno	130,3	1024,3	73,00%	A
Fallas eléctricas	106,9	1131,2	80,62%	B
Defectos materiales	78,4	1209,5	86,21%	B
Bajar llantas	71,3	1280,8	91,29%	B
Fallas mecánicas	71,3	1352,0	96,36%	C
Falta de carreta	24,6	1376,6	98,12%	C
Falta de operador	18,0	1394,6	99,40%	C

Causa	Tiempo Promedio	Horas Acumuladas	% de horas Acumuladas	Clasificación
Falta auxiliar	8,4	1403,0	100,00%	C

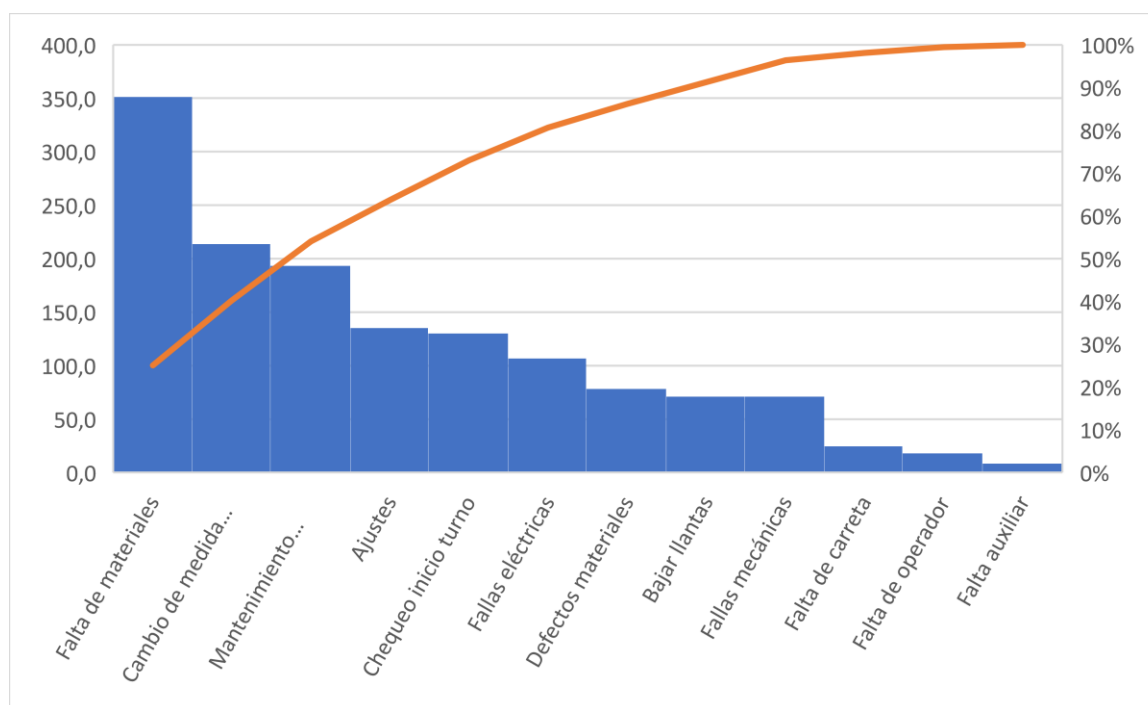
Fuente: Elaboración Propia (2023).

Como se observa en el ABC en la zona A se identifican 5 causas de demoras, en la zona B hay 3 causas y en la zona C hay 4 causas, con esto se tiene una idea más clara sobre las que se debe enfocar las propuestas de solución, las cuales van a ser las de tipo A que representan el 80% de las demoras y son las que se van a priorizar.

Después del diagrama ABC se realiza también un diagrama de Pareto esto para ver la información de una forma gráfica y la aportación de cada una de las causas.

En el siguiente diagrama de Pareto se detallan las principales causas de demora en el departamento de armado y con las cuales se va a desarrollar el presente proyecto.

Figura 13 *Diagrama de Pareto principales demoras en el Departamento de Armado*



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Como se observa en el gráfico de Pareto la principal causa de demora en armado es la falta de materiales en la cual se va a centrar el proyecto, ya que la segunda causa “cambio de medidas” no se va a abordar debido a los constantes cambios de producción y la tercera es “el mantenimiento preventivo” para tener las máquinas en óptimas condiciones, la cual no se va a abordar porque en cualquier empresa es necesario detener las máquinas para realizar una revisión general y corregir cualquier imperfección que se tenga, ya que si no se hace un mantenimiento preventivo se corre el riesgo que las máquinas fallen constantemente cuando están operando con normalidad.

Una vez definida la principal causa de demoras y la cual se puede atacar, se realiza nuevamente un diagrama ABC para determinar cuáles materiales de la llanta por faltantes se priorizan por el tiempo de paro, para precisar cuál es el material que se debe enfocar los esfuerzos para su disminución.

Tabla 7 Clasificación ABC tiempo de Demoras en el Departamento de Armado por faltante de Materiales

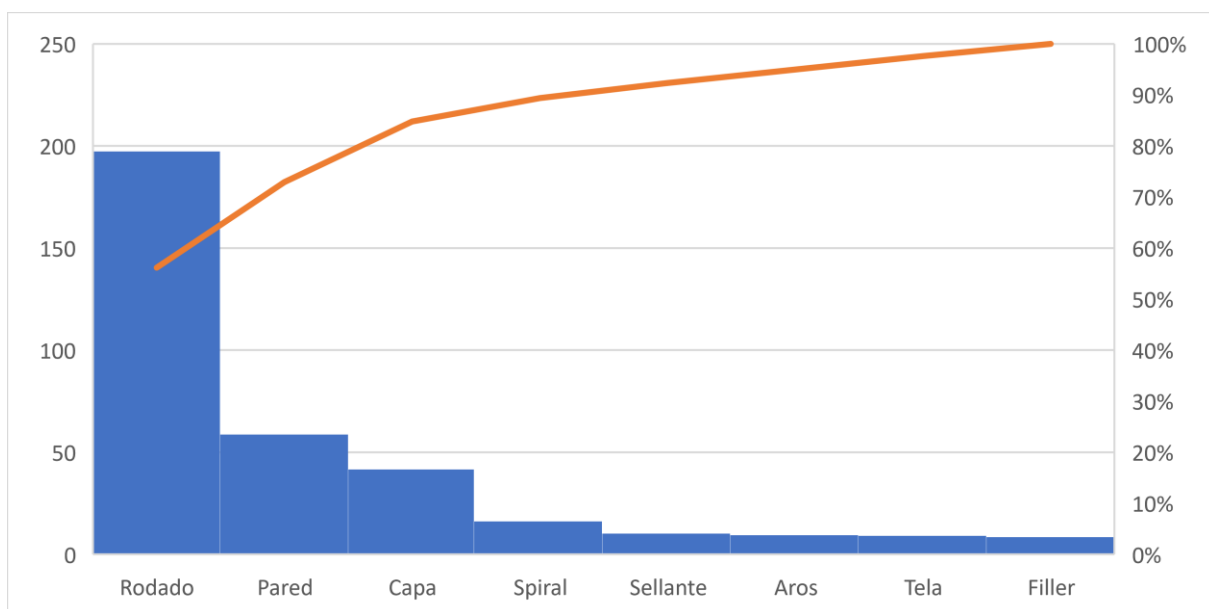
Material	Horas Promedio	Horas Acumuladas	% horas Acumuladas	Clasificación
Rodado	197,3	197,3	56,15%	A
Pared	58,8	256,1	72,88%	A
Capa	41,7	297,8	84,75%	B
Spiral	16,2	314	89,36%	B
Sellante	10,3	324,3	92,29%	B
Aros	9,4	333,7	94,96%	B
Tela	9,2	342,9	97,58%	C
Filler	8,5	351,4	100,00%	C

Fuente: Elaboración Propia (2023).

Como se observa en la tabla se tienen 2 materiales catalogados en la zona A, 4 en la zona B y 2 en la zona C, con este diagrama se tiene una idea más clara de cuáles son los materiales que más afectación están causando en el área de armado.

Además, después de este diagrama ABC también se realiza un diagrama de Pareto para ver de una forma gráfica de todos los materiales cuales son los que ocasionan más demoras.

Figura 14 Diagrama de Pareto de Demoras por Material



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Como se observa en el Diagrama de Pareto por demoras de materiales en el departamento de armado, el principal material que está generando paros de máquinas es el rodado ya que se acaba y no hay inventario disponible para seguir trabajando, razón por la cual se identifica para dar solución de manera inmediata, ya que por orden de la gerencia los demás materiales se van a atacar cuando se logre solucionar la falta de rodados que en este momento es el que más está impactando.

Por la falta de rodado se identifica un total de 197,3 horas de paro al mes en promedio, y las máquinas armadoras que hay un total de 26, por lo general producen 16 llantas por hora en cada máquina armadora si se realiza el cálculo al multiplicar $197,3 \times 16$, da como resultado un total de 3157 llantas aproximadamente al mes que se están dejando de producir solo por este faltante de material, lo cual representa un aproximado de \$94 710,00.

4.2 DEPARTAMENTOS INTERESADOS

En la compañía se cuenta con dos departamentos interesados en disminuir los tiempos de paro por la falta de rodados, ya que son las principales partes involucradas en el proceso y son los más afectados. Ya que tubuladora produce los rodados que lleva cada llanta en armado y si no existe la cantidad que se requiere o si se atrasa la producción en tubuladora, el departamento de armado se detiene por falta de este material hasta que se produzca la cantidad necesaria para volver a reactivar la producción. Por esta situación, uno es el departamento de tubuladora encargado de producir los rodados para las llantas y al cual se le pide cuentas del porqué las máquinas armadoras están detenidas por falta de este material.

El otro departamento interesado es el de programación de producción encargado de realizar la toma de inventarios diaria y realizar las cédulas de producción, la cual se envía con errores en las cantidades solicitadas, la producción de armado se afecta, causando el paro de las máquinas y por consiguiente de la tubuladora también, ya que se tiene que realizar ajustes para poder producir un material faltante que no estaba contemplado en la cédula y que significa un retraso en el plan de producción según lo que se planifico originalmente para el turno.

Las demoras por falta de material rondan las 351,4 horas mensuales donde de esa cantidad 197,3 horas corresponden a falta de rodado, lo cual representa el 56,15% de esa cantidad.

Por este motivo es de suma importancia que el inventario sea lo más exacto posible, ya que si las cantidades no son reales (tienen errores) implica un atraso en la producción y esto hace que la empresa pierda dinero en ventas por no cumplir con la producción programada.

4.3 TOMA DE INVENTARIOS MANUAL

Se realiza gamba en la toma de inventarios que se realiza a diario por parte del programador de producción y se determinan los siguientes puntos:

- **El tiempo:** el programador realiza el conteo del inventario lo más rápido posible debido a que de todos los materiales de tubuladora (rodados, paredes y filler) para después ir a ingresar los datos apuntados en el Excel en el que se realiza la sumatoria de cada código.
- **Traslado de materiales:** mientras el programador está realizando el inventario, los rodados se están produciendo y conforme se van llenando los carros de rodados (ver figura 17) se van moviendo por parte de los operadores a la zona de almacenamiento correspondiente y por parte de los auxiliares de armado se trasladan a las máquinas armadoras.
- **Trazabilidades:** las trazabilidades en ocasiones están rotas (ver figura 29) o incluso el carro de rodados no tiene trazabilidad, lo cual ocasiona que se pierdan datos.
- **Ubicaciones:** los rodados están en diferentes zonas de la planta, por lo cual el programador tiene que caminar mucho para poder realizar la toma de inventarios, por todo el departamento de tubuladora y por todo el departamento de armado.
- **Método manual:** el inventario se toma de manera manual, lo cual está sujeto a errores por un número mal colocado o por un error en la interpretación de los códigos de materiales.

Estos son algunos de los puntos que se observan en la toma de inventarios que pueden provocar un error en el inventario de materiales.

Además de esto se realiza un gamba en las máquinas armadoras para revisar las cantidades que se identifican en las trazabilidades y las que en realidad trae el carro de rodados, esto para ver qué tan reales son las cantidades que se indican y se consideran en la programación.

En esta observación y con los datos tomados se identifica lo siguiente:

- Pérdida de trazabilidades: los operadores de armado en los cambios de turno pierden las trazabilidades del material (se las llevan en las bolsas del pantalón o las botan en la basura).
- Sobrantes: los sobrantes de materiales quedan con la cantidad original por ejemplo 100 unidades que dice la trazabilidad, pero la existencia es de 60 unidades. Las pocas veces que el operador de armado le escribe con lapicero la cantidad nunca coincide, porque no cuenta las unidades en físico.
- Sistema sin restricción: el sistema donde se escanean los materiales no tiene ninguna restricción, se puede usar una trazabilidad de años anteriores y el sistema lo acepta, aunque el material ya no exista en físico, también pueden usar la misma trazabilidad todo el turno de 12 horas y tal vez utilizan 3 carros de rodados distintos lo cual representa que se tiene que usar 3 trazabilidades distintas, ya que cada carro tiene una única trazabilidad.
- Rodados no conformes: hay rodados que vienen con defectos y se tienen que apartar para reprocesar (TMA).

Los gamba que se conformaron tanto para verificar los procesos de programación de la producción y en armado, lograron identificar varios puntos que están afectando el inventario y por lo cual los datos que se toman no son tan exactos.

4.4 PORCENTAJE DE EXACTITUD DEL INVENTARIO DE RODADOS

Para obtener el porcentaje de exactitud en el inventario de rodados se va a realizar un muestreo aleatorio de los carros de rodados, esto para verificar la cantidad de rodados que tiene cada carro

comparándola con la cantidad teórica, con el fin de determinar si existe diferencias, se requiere contar con un dato acertado y determinar el porcentaje de exactitud.

La fórmula que se va a utilizar para calcular el tamaño de la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 x p x q x N}{E^2 x (N - 1) + Z^2 x p x q}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra;

Z es el nivel de confianza para 95%;

p es la variabilidad positiva o probabilidad de éxito;

q es la variabilidad negativa o probabilidad de fracaso;

N es el tamaño de población;

E es la precisión o error.

Con la fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra y teniendo en cuenta que se tienen 164 carros de rodado se realiza el cálculo:

$$n = \frac{1,96^2 x 0,5 x 0,5 x 164}{0,05^2 x (164 - 1) + 1,96^2 x 0,5 x 0,5}$$

El resultado n=115,14 por lo cual se redondea a un tamaño de muestra de 115 carros de rodados para verificar las cantidades teóricas contra las cantidades físicas de inventario.

Para tomar esta muestra se realizó un gamba en las máquinas de armado viendo cual era la cantidad teórica que decía cada carro de rodados y cuál era la cantidad real que tenía cada carro, se registran los datos para analizar la información de las cantidades y poder establecer las diferencias. Los datos se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 8 Porcentaje de Error en Rodados

Consecutivo	Código	Máquina	Cantidad Trazabilida	Cantidad de Rodados Faltante	Porcentaje de Rodados Faltante	Cantidad de Rodados TMA	Porcentaje de Rodados TMA
1	5890	KBR3	160	0	0%	2	1%
2	9845	KBR2	129	25	19%	1	1%
3	10535	KBR1	139	0	0%	0	0%
4	9787	M1H	57	4	7%	0	0%
5	9942	KBR4	120	32	27%	1	1%
6	9724	KBN4	88	0	0%	2	2%
7	9787	M1H	88	15	17%	1	1%
8	9909	KBR4	120	18	15%	2	2%
9	10535	KBR1	57	0	0%	3	5%
10	9591	99B	100	35	35%	0	0%
11	10164	KBN6	57	0	0%	2	4%
12	5890	KBR3	57	0	0%	0	0%
13	8856	99F	180	42	23%	0	0%
14	10160	KBN6	120	22	18%	3	3%
15	9275	99G	170	76	45%	4	4%
16	8259	99B	150	9	6%	0	0%
17	9305	KBN12	200	42	21%	3	2%
18	8466	KBR2	152	9	6%	0	0%
19	9942	KBR4	112	0	0%	2	2%
20	5890	KBR3	135	12	9%	0	0%
21	10216	KBR2	160	36	23%	0	0%
22	10164	N6	160	4	3%	0	0%
23	9985	M1G	140	0	0%	0	0%
24	9909	KBR4	62	0	0%	0	0%
25	9909	KBR4	120	38	32%	0	0%

Consecutivo	Código	Máquina	Cantidad Trazabilida	Cantidad de Rodados Faltante	Porcentaje de Rodados Faltante	Cantidad de Rodados TMA	Porcentaje de Rodados TMA
26	9724	KBN7	92	8	9%	0	0%
27	6955	KBN11	57	6	11%	1	2%
28	9504	KBN1	110	0	0%	3	3%
29	9966	99C	92	0	0%	0	0%
30	10072	KBN5	145	6	4%	2	1%
31	9934	KBN9	114	8	7%	2	2%
32	10137	KBN2	160	62	39%	0	0%
33	10419	KBR4	154	6	4%	3	2%
34	9985	M1G	156	6	4%	0	0%
35	8383	KBN3	92	4	4%	0	0%
36	10216	99B	57	6	11%	0	0%
37	9985	M1G	57	0	0%	0	0%
38	5631	KBN12	164	36	22%	3	2%
39	9909	KBR4	69	0	0%	0	0%
40	8317	99F	128	26	20%	2	2%
41	8383	KBKAI	152	8	5%	2	1%
42	9895	KBN10	150	0	0%	2	1%
43	9724	KBN3	164	42	26%	1	1%
44	6955	KBN11	57	0	0%	0	0%
45	8383	KBKAI	156	0	0%	1	1%
46	9985	M1G	92	10	11%	1	1%
47	6955	KBN11	120	28	23%	4	4%
48	9724	KBN7	92	15	16%	0	0%
49	9724	KBN8	57	12	21%	1	2%
50	10072	KBN5	160	0	0%	4	3%
51	9724	KBN6	154	8	5%	0	0%
52	7403	KBN12	57	6	11%	2	4%
53	10141	99F	54	4	7%	0	0%
54	9275	M1H	162	9	6%	1	1%
55	10137	KBN2	160	35	22%	0	0%

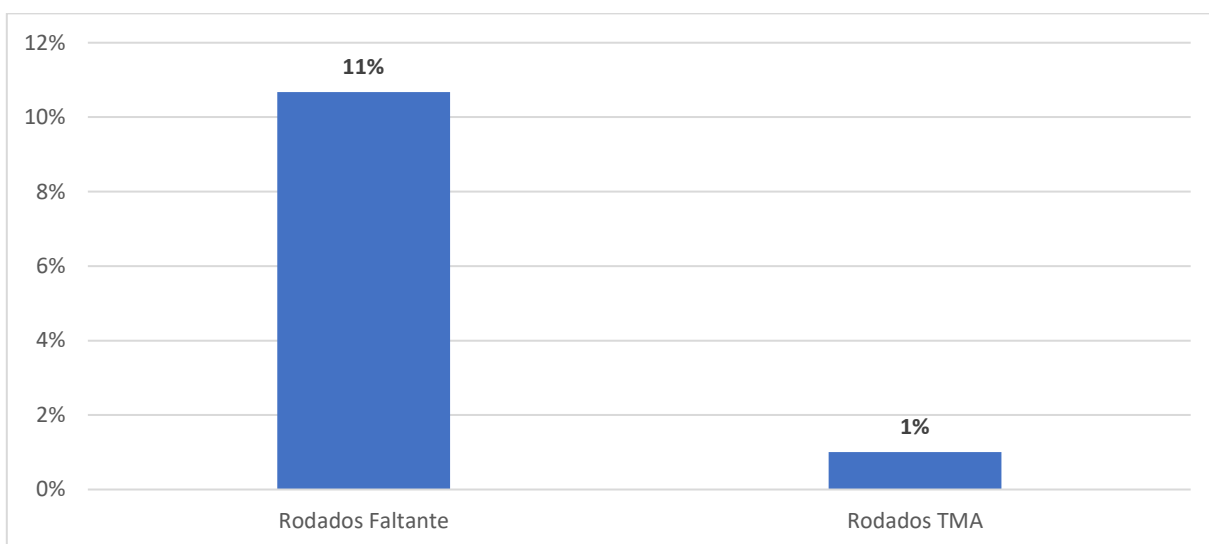
Consecutivo	Código	Máquina	Cantidad Trazabilida	Cantidad de Rodados Faltante	Porcentaje de Rodados Faltante	Cantidad de Rodados TMA	Porcentaje de Rodados TMA
56	9804	M1B	160	8	5%	0	0%
57	7403	KBN12	90	4	4%	0	0%
58	8271	KBN1	57	0	0%	0	0%
59	10206	KBN6	160	8	5%	1	1%
60	10160	M1I	160	25	16%	0	0%
61	9929	M1J	157	12	8%	1	1%
62	6987	KBN12	205	42	20%	0	0%
63	5890	KBR3	160	36	23%	0	0%
64	10419	KBN9	156	16	10%	1	1%
65	9845	KBKAI	114	42	37%	1	1%
66	10535	KBN1	160	22	14%	2	1%
67	9787	KBN9	154	76	49%	1	1%
68	9942	99A	156	9	6%	2	1%
69	9724	KBN12	92	42	46%	3	6%
70	9787	M1G	57	9	16%	0	0%
71	9909	KBR4	57	0	0%	2	4%
72	10535	99F	164	12	7%	0	0%
73	9591	KBN4	69	36	52%	0	0%
74	10164	KBR1	128	4	3%	3	2%
75	5890	99C	152	0	0%	4	3%
76	8856	KBN11	150	0	0%	0	0%
77	10160	KBN3	164	38	23%	3	2%
78	9275	KBR2	57	8	14%	0	0%
79	8259	99E	156	6	4%	2	1%
80	9305	M1H	92	0	0%	0	0%
81	8466	85M	120	0	0%	0	0%
82	9942	KBN7	92	6	7%	0	0%
83	5890	KBN8	57	8	14%	0	0%
84	10216	99G	160	62	39%	0	0%
85	10164	KBN6	154	6	4%	0	0%

Consecutivo	Código	Máquina	Cantidad Trazabilida	Cantidad de Rodados Faltante	Porcentaje de Rodados Faltante	Cantidad de Rodados TMA	Porcentaje de Rodados TMA
86	9985	KBKAI	57	6	11%	0	0%
87	9909	KBR2	54	4	7%	1	2%
88	9909	KBN5	162	6	4%	3	2%
89	9724	99C	160	0	0%	0	0%
90	6955	KBR3	160	36	23%	2	2%
91	9504	KBN4	90	0	0%	2	2%
92	9966	99A	57	26	46%	0	0%
93	10072	KBN10	160	8	5%	3	2%
94	9934	KBR4	160	0	0%	0	0%
95	10137	99E	157	42	27%	0	0%
96	10419	KBKAI	205	0	0%	0	0%
97	9985	KBN1	160	0	0%	0	0%
98	8383	KBN9	156	10	6%	3	2%
99	10216	99A	120	28	23%	0	0%
100	9985	KBN12	88	15	17%	2	3%
101	5631	M1G	88	12	14%	2	3%
102	9909	KBR4	120	0	0%	2	2%
103	8317	99F	57	8	14%	1	2%
104	8383	KBN4	100	6	6%	0	0%
105	9895	KBR1	57	4	7%	1	2%
106	9724	99C	57	9	16%	1	2%
107	6955	KBN11	180	35	19%	4	3%
108	8383	KBN3	120	8	7%	0	0%
109	9985	KBR2	170	4	2%	1	1%
110	6955	99E	150	0	0%	4	3%
111	9724	M1H	200	8	4%	0	0%
112	9724	85M	152	25	16%	2	2%
113	10072	KBN7	112	12	11%	0	0%
114	9724	KBN8	135	42	31%	1	1%
115	7403	99G	160	36	23%	0	0%

Fuente: Elaboración Propia (2023).

Después de la obtención de estos datos donde se verifico las cantidades de la trazabilidad contra las cantidades reales que venían en los carros de rodados se obtienen los porcentajes de exactitud de cada una de las trazabilidades y se presentan en el siguiente gráfico.

Figura 15 Porcentaje de Exactitud en Rodados



Fuente: Elaboración Propia (2023).

Como se observa en la figura 14 el gráfico se indica que el porcentaje de exactitud del inventario es de un 88%, y donde hay un 11% es por diferencias en las cantidades de los rodados en los carros y el restante 1% es de rodados que se hacen TMA los cuales tienen que ser separados para su reproceso.

Este porcentaje exactitud causa que el inventario que se tiene no sea el correcto y por ende las cantidades que toma el programador de producción no son exactas, lo cual ocasiona las demoras por falta de rodados que son 197,3 al mes aproximadamente y da como resultado que se dejen de producir un total de 3157 llantas aproximadamente y que le está costando a la empresa alrededor de \$94 710,00 mensualmente.

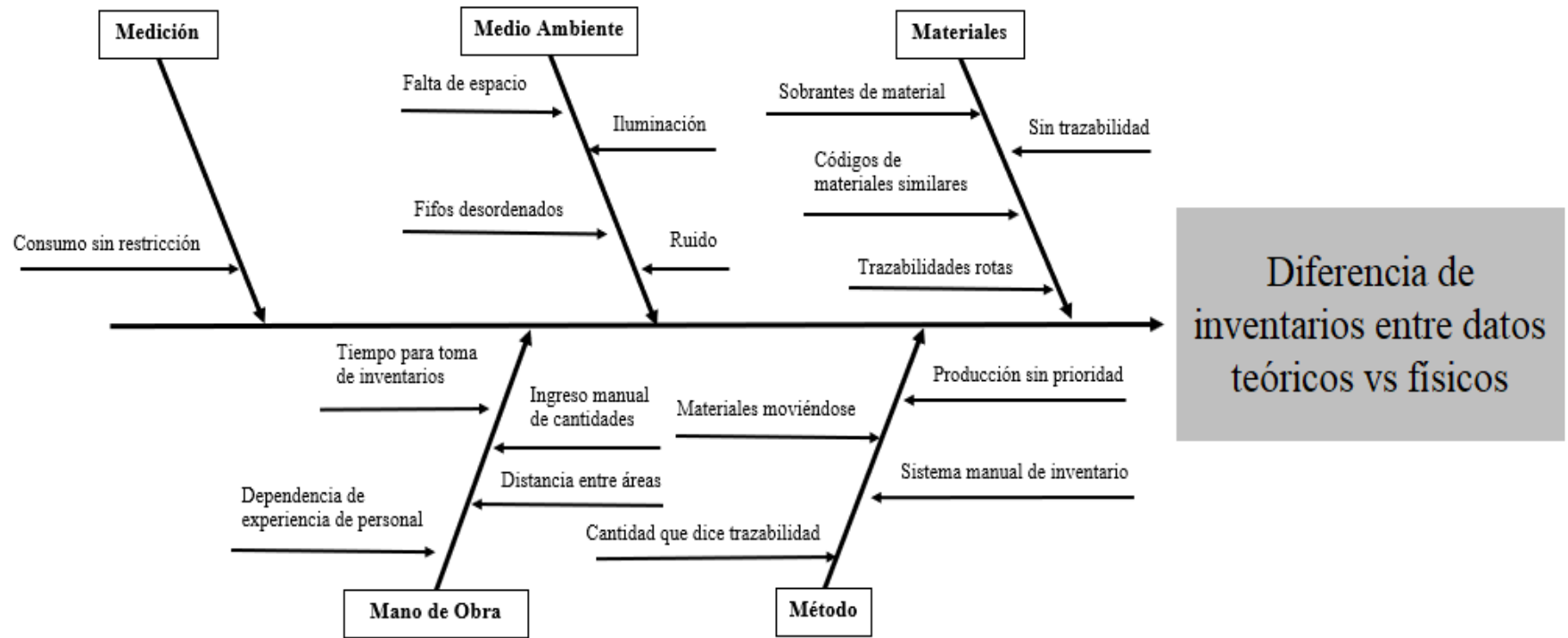
4.5 DESARROLLO DE POSIBLES CAUSAS

Para identificar todas las causas que generan el error en el inventario de rodados se procede a realizar un Diagrama de Ishikawa, esto con el fin de encontrar los puntos críticos que están generando el problema, para abordarlo de la mejor manera y enfocarse en su mejora.

Para la elaboración del diagrama de Ishikawa se realizó una lluvia de ideas con un equipo de trabajo los cuales están relacionados con el proceso que se realiza a diario en la compañía. El equipo está conformado por: el jefe de programación, el jefe de tubuladoras, dos supervisores de tubuladoras, el programador de producción y el superintendente de producción.

Después de esta lluvia de ideas se clasificaron las posibles causas en cada una de las categorías que son áreas clave del proceso o factores que influyen en el problema del Diagrama de Ishikawa que se presenta a continuación:

Figura 16 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia (2023).

4.5.1 Explicación de causas

4.5.1.1 Medición

- **Consumo sin restricción:** en el departamento de armado se puede utilizar una trazabilidad por el tiempo que se quiera y no por la cantidad de rodados que tiene realmente. Esto permite usar una misma trazabilidad todo el tiempo que se quiera.

4.5.1.2 Medio Ambiente

- **Falta de espacio:** debido a la falta de espacio, en ocasiones los carros de rodados están muy pegados o juntos impidiendo poder ver los que se encuentran al fondo de los pasillos, razón por la cual no se puede ver el código del material a la hora de que el programador de producción lo apunta en la hoja de inventario.
- **Iluminación:** la planta de producción en ciertas zonas carece de buena iluminación lo cual hace más difícil distinguir los diferentes códigos de material.
- **Fifos desordenados:** los fifos de materiales no están bien ordenados, por lo cual se complica poder llegar a todos los carros de rodados para poder ver los códigos de material.
- **Ruido:** en la planta siempre hay un ruido constante por las maquinas que siempre están trabajando, lo cual provoca distracción al programador de producción a la hora de hacer el inventario manual.

4.5.1.3 Materiales

- **Sobrantes de material:** los sobrantes de material por lo general no se les cambia las cantidades, siempre tienen la cantidad original, o cuando le apuntan la cantidad restante con lapicero colocan una cantidad que no corresponde.

- **Sin trazabilidad:** los materiales sin trazabilidad no se pueden tomar en cuenta en el inventario, ya que el programador de producción piensa que el carro de rodados esta sin material y en ocasiones se producen materiales innecesariamente.
- **Códigos de materiales similares:** hay muchos códigos que son similares dando paso a que el programador de producción pase y apunte cantidades equivocadas.
- **Trazabilidades rotas:** cuando las trazabilidades están rotas se complica la toma de inventarios, ya que se apunta un dato erróneo o se deja de apuntar porque no se sabe a qué código de material corresponde.

4.5.1.4 Mano de Obra

- **Tiempo para toma de inventarios:** el programador de producción invierte alrededor de hora y media haciendo el inventario de rodados y luego tiene que hacer el de otros materiales, por lo cual en ocasiones lo hace más rápido para no invertir tanto tiempo, generando errores en los datos tomados
- **Ingreso manual de cantidades:** todos los datos se apuntan en una hoja de forma manual, lo cual puede ocasionar errores por apuntar datos en códigos que no corresponden, o a la hora de transcribirlos a la hoja de Excel.
- **Distancia entre áreas:** el programador de producción tiene que desplazarse por la planta de un lado a otro para ir viendo todos los códigos de material y poder ir apuntando en la hoja, lo cual implica más tiempo.
- **Dependencia de experiencia de personal:** el programador de producción es el que por lo general se da cuenta que algunos datos no coinciden ya que ve las cantidades y algunas no le parecen correctas, y pide materiales a criterio de él, por lo que en ocasiones solicita más o menos de algunos códigos de material.

4.5.1.5 Método

- **Producción sin prioridad:** los materiales que se producen en tubuladora se producen sin ninguna prioridad, los operadores se acomodan a lo que les queda más fácil por tipos de hule y no por lo que realmente se ocupa en el departamento de armado.
- **Materiales moviéndose:** cuando se hace el inventario por parte del programador de producción, los carros de rodados se mueven de tubuladora a armado y por esta razón se dejan de contar ciertos códigos de material, haciendo que el inventario sea inexacto.
- **Sistema manual de inventario:** el inventario de los materiales se hace en una hoja con lapicero y luego se transcribe a una hoja de Excel, lo cual da paso a posibles errores en cantidades tanto a la hora de apuntar como de transcribir.
- **Cantidad que dice la trazabilidad:** las cantidades que apunta el programador de producción son las que dice la trazabilidad, la cual en muchos casos no es la correcta por que el material se usó y queda menos de lo que dice.

Una vez realizado el Diagrama de Ishikawa se identifican 17 posibles causas las cuales todas salen de los gemba realizados y de la lluvia de ideas, se procede a realizar una tabla multivoto que permite centrarse en las causas más importantes que están afectando el inventario de rodados según la visión de cada miembro participante del gemba expertos en el proceso.

Para esta tabla multivoto cada uno de los participantes le dará una puntuación de 1 a 5 a cada causa, siendo 1 poco importante y 5 muy importante, una vez todos hayan dado sus puntuaciones se procede a ponderarlas y se ordenaron las causas de mayor a menor según el peso en la siguiente tabla.

Tabla 9 Multivoto ponderación de las causas.

Causa	Clasificación	Criterios de 1 a 5						Total	Porcentaje	Suma %	Clasificación
		P1	P2	P3	P4	P5	P6				
Sistema manual de inventario	Método	5	5	5	5	5	5	30	8%	8%	A
Producción sin prioridad	Método	5	5	5	5	5	5	30	8%	17%	A
Sobrantes de material	Materiales	5	5	4	5	5	5	29	8%	25%	A
Consumo sin restricción	Medición	5	4	5	4	5	5	28	8%	33%	A
Sin trazabilidad	Materiales	5	5	4	5	4	4	27	8%	40%	A
Tiempo para toma de inventarios	Mano de Obra	5	4	4	5	4	4	26	7%	48%	A
Se apunta cantidad de trazabilidad	Método	4	3	5	4	5	3	24	7%	54%	A
Ingreso manual de cantidad	Mano de Obra	4	4	5	4	3	4	24	7%	61%	A
Materiales produciéndose	Método	3	4	4	4	5	3	23	6%	68%	A
Trazabilidades rotas	Materiales	4	4	3	4	5	3	23	6%	74%	A
Dependencia de experiencia de personal	Mano de Obra	3	4	3	4	4	3	21	6%	80%	B
Distancia entre áreas	Mano de Obra	3	3	2	1	3	2	14	4%	84%	B
Códigos de materiales similares	Materiales	2	2	3	2	1	3	13	4%	88%	B
Fifos desordenados	Medio Ambiente	3	2	2	3	2	1	13	4%	91%	B
Falta de espacio	Medio Ambiente	3	2	1	3	1	3	13	4%	95%	B
Iluminación	Medio Ambiente	1	1	2	1	2	2	9	3%	97%	C
Ruido	Medio Ambiente	1	2	1	2	1	2	9	3%	100%	C

Fuente: Elaboración Propia

Una vez lista la tabla multivoto obtenida de las puntuaciones del personal experto asignadas cada causa, se ordenó de mayor a menor de acuerdo con el porcentaje de contribución, se realiza también un diagrama ABC para poder atacar las causas de tipo A, las cuales van a ser prioridad ya que no se pueden atacar todas de manera inmediata.

4.6 CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

- Dentro de todas las causas que generan demoras en el departamento de armado, la falta de materiales tiene en total 351,4 horas en promedio al mes y con lo cual aporta el 25,05% entre las 12 causas.
- El 80% del causante de las demoras en armado lo abarcan 5 causas las cuales son: falta de materiales, cambios de medida, mantenimiento preventivo, ajustes, chequeo de inicio de turno.
- Dentro de falta de materiales, el principal material que está generando demoras es el rodado y representa el 56,15% de las 351,4 horas de demora por falta de materiales.
- Solo la falta de rodados representa para la empresa una pérdida aproximada al mes de \$94 710,00.
- La toma de inventarios en la empresa se hace de manera manual, con una hoja y un lapicero por lo cual, se expone a que se cometan errores.
- Hay varios factores que afectan para que se produzca un error en el inventario como los son: que las trazabilidades se pierdan, que los sobrantes de material no estén identificados, que el sistema permita utilizar cualquier trazabilidad.
- El porcentaje de exactitud del inventario de rodados es de un 88% y hay un error en las cantidades que representa un 11% y los rodados que se tienen que reprocesar y que no se pueden utilizar representan un 1%.

- Junto con el CFT se logran identificar 17 posibles causas que están generando diferencias en el inventario entre datos teóricos y físicos.
- Como son tantas causas la mejor forma para abarcar la gran mayoría es realizando una matriz de solución, la cual se va a realizar con el equipo de CFT.

CAPÍTULO V
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 DISEÑO DE LA MEJORA

Una vez identificadas las causas se procede a realizar un análisis de las posibles alternativas de solución para todas las causas que se muestra en la tabla 10.

Cabe recalcar que son muchas posibles soluciones, sin embargo, para tener un resultado efectivo y que el problema sea abordado de una mejor manera y que se pueda realizar, se le va a dar prioridad a las soluciones catalogadas como A.

De acuerdo con la matriz realizada donde se asignan soluciones a todas las causas encontradas, desarrollando el sistema electrónico para inventario en tiempo real se logra cubrir el 80% de las causas que se lograron encontrar, razón por la cual es la manera más viable de controlar el inventario en la empresa y el sistema de trabajo pasaría de ser manual a digital.

Cabe recalcar que cada una de las soluciones a las causas se diseñaron con las seis personas que son expertos en el proceso.

Parte fundamental para evitar el error de inventario y solucionar las causas descritas en la tabla 10 del inciso 4.5 de este documento, es que con esto se busca impactar en el indicador de demoras de rodados en el departamento de armado que se puede ver en la figura 14 del documento que se encuentra en el inciso 4.1, y para lograr esto la solución es el desarrollo del sistema digital para contar con el inventario en tiempo real. Con esta propuesta de mejora se logra solventar un 88% de las causas planteadas en la matriz de solución.

En la empresa Bridgestone de Costa Rica todos los departamentos excepto vulcanización, inspección final y bodega de producto terminado trabajan con un sistema llamado PCS (Process Control System), que donde todos los departamentos ingresan la información de los materiales y se imprimen las trazabilidades de estos. Este sistema lo provee la empresa nacional Nexus que

visitan la planta todas las semanas con la cual se va a seguir trabajando, el mismo se puede modificar de acuerdo con los requerimientos de la compañía para el nuevo sistema de inventario.

Pero antes de solicitar cualquier modificación es importante trabajar en agilizar el ingreso de la información del proceso y es que todos los carros de rodados tengan una numeración única y cuenten con código de barras para que el operador de tubuladora lo pueda escanear y así ingresar el material al sistema.

Tabla 10 Matriz de Soluciones a las Causas tipo A

Causa	Clasificación A-B-C	Soluciones
Sistema manual de inventario	A	Desarrollar sistema electrónico en PCS para tener el inventario en tiempo real
Producción sin prioridad	A	Desarrollar visualizador de materiales en tiempo real, para dar prioridad a los materiales con menos horas de producción
Sobrantes de material	A	Sistema electrónico de inventario donde se vean las cantidades reales de cada carro de rodados
Consumo sin restricción	A	Sistema de balance de masas (se puede consumir solo lo que el sistema tiene relacionado a ese lote)
Sin trazabilidad	A	Sistema de consulta donde se vea la información del código, la trazabilidad y la cantidad relacionadas a ese carro de rodados y que se pueda reimprimir esa trazabilidad
Tiempo para toma de inventarios	A	Implementación de sistema electrónico para ver el inventario con solo una consulta en el sistema
Se apunta cantidad de trazabilidad	A	Sistema digital de inventario para no transcribir información de una hoja un excel y así evitar errores
Ingreso manual de cantidad	A	Sistema digital de inventario para no transcribir información de una hoja un excel y así evitar errores
Materiales produciéndose	A	Sistema digital de inventario para evitar tomar los mismos datos de materiales dos veces
Trazabilidades rotas	A	Sistema de consulta donde se vea la información del código, la trazabilidad y la cantidad relacionadas a ese carro de rodados y que se pueda reimprimir esa trazabilidad

Causa	Clasificación A-B-C	Soluciones
Dependencia de experiencia de personal	B	Sistema digital de inventario para no hacer inventario manual
Distancia entre áreas	B	Con la expansión de la planta reubicar los fifos para que quede todo en una misma zona
Códigos de materiales similares	B	Estandarizar los códigos de materiales para que no tengan similitudes
Fifos desordenados	B	Modificar FIFOS con expansión de planta
Falta de espacio	B	Unificar FIFOS con expansión de planta
Iluminación	C	Reparar luminarias, colocar en otros lugares donde no hay
Ruido	C	Reducir ruido en máquinas

Fuente: Elaboración Propia (2023)

5.2 DESARROLLO DE SOLUCIONES

5.2.1 Desarrollo de sistema electrónico en PCS para el inventario

Antes de que se tenga el visualizador trabajando el cual va a ser una página web, donde se va a poder ver las cantidades de cada material, la máquina de armado donde se está utilizando y un aproximado de cuánto tiempo en horas queda para que se acabe, y con esto priorizar en tubuladora los códigos de rodado a producir.

Hay que realizar ciertas modificaciones en el sistema PCS para poder tener toda la información lo más específica posible y evitar generar errores, ya que lo que se busca es tener una herramienta útil y sencilla. Por eso se realizan ciertas modificaciones al sistema para poder tener toda la información necesaria antes del inventario como: colocar códigos de barra a los carros de rodados, modificar el sistema PCS para que solicita escanear esos códigos de barras, incluir la información de medio de transporte en la trazabilidad, generar un reporte donde se puedan

ver los códigos de material y las cantidades en tiempo real el cual es el que va a utilizar el programador de producción para realizar la cedula de producción.

Los carros donde se almacenan los rodados para su respectivo traslado y uso en el área de armado no tienen numeración definida o algunos tienen números iguales, razón por la cual se procede a realizar una numeración única para cada carro de rodados las cuales van a tener la nomenclatura R001, R002, R003 y así sucesivamente hasta numerar todos los carros que se encuentran en la planta.

En la siguiente figura se muestran los carros de rodados y que no tienen una numeración definida.

Figura 17 Carro de rodados antes de estandarizar numeración



Fuente: Bridgestone de Costa Rica (2023)

Antes de establecer el sistema digital de inventario es necesario colocar un código de barras con la numeración correspondiente a cada carro de rodados ya que cuando el operador vaya a crear la trazabilidad esta va a estar ligada a ese número de carro.

Los carros de rodados con la identificación y los códigos de barras quedan como se muestran en la siguiente imagen para el nuevo sistema:

Figura 18 *Carro de rodados después de estandarizar numeración.*



Fuente: Bridgestone de Costa Rica (2023)

Con este cambio en los carros de rodados se va a tener la posibilidad de que todos sean escaneados antes de producir el lote de material lo cual es un requisito para poder generar la trazabilidad y que esta sea visible en el sistema de inventarios, además de que todos tienen una única numeración y es más fácil ubicarlos por números de carros situación que antes no pasaba.

Otro punto importante para poner en marcha el sistema es modificar la pantalla que usan los compañeros en el sistema PCS en tubuladora ya que el sistema para la impresión de la trazabilidad del material solo les solicita colocar la cantidad, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 19 Sistema PCS antes de la modificación

ID	Fecha Hora	Producto	Código	Identificador Lote	Consecutivo	Batches	Eliminar	Imprimir
		TU10360	10360	328	2	160		<input type="checkbox"/>
		TU10360	10360	328	1	144		<input type="checkbox"/>
		TU10051	10051	319	2	156		<input type="checkbox"/>
		TU10051	10051	319	1	160		<input type="checkbox"/>
		TU10031	10031	313	1	160		<input type="checkbox"/>
		TU10395	10395	305	1	92		<input type="checkbox"/>

Fuente: Sistema PCS, Bridgestone de Costa Rica (2023)

Como se puede ver en la figura 19, el sistema actual después de generar el lote, lo único que pide es la cantidad y tiene un espacio de observaciones para algún mensaje especial.

En esta parte del sistema PCS se solicitó una modificación para que los carros de rodados tuvieran que ser escaneados antes de generar la trazabilidad y al tener este lote ligado a un carro de rodado, el sistema va almacenando los datos para el inventario.

Se muestra en la siguiente figura la modificación solicitada para el desarrollo del nuevo sistema de inventario.




Figura 20 Sistema PCS después de la modificación

Imprimir etiquetas

Generar Etiqueta

Embandejador 1: Victor Gutierrez E Transporte: R136 Leer Embandejador 2: Diego Guzmán E

Cantidad:

Lote: TZ-RORA4642029 (TU9724) Observaciones: Generar    Prueba E

Embandejador:

Etiquetas del Turno Actual

ID	Fecha Hora	Producto	Código	Identificador Lote	Consec	Batches	Trans	Eliminar	Impr	
9507798		TU9281	9281		2028	1	194	R057	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507768		TU10668	10668		2027	1	160	R022	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507693		TU9834	9834		2023	1	148	R004	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507607		TU9873	9873		2022	1	152	R146	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507573		TU8466	8466		2021	1	141	R055	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507518		TU9305	9305		2018	1	200	R044	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507465		TU9782	9782		2017	1	160	R005	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507410		TU10419	10419		2016	1	152	R125	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507364		TU10316	10316		2015	1	159	R143	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9507277		TU8807	8807		2013	2	156	R056	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Sistema PCS, Bridgestone de Costa Rica (2023)

En esta pantalla una vez escaneado el carro de rodados y generado el lote del material, este ya es visible en el sistema de inventarios, cabe recalcar que si el carro de rodados no se escanea el sistema no permite generar trazabilidad, el escaneo del carro es un requisito indispensable para el inventario.

Con este cambio que se genera en el sistema PCS de tubuladora también se modifica la impresión de las trazabilidades ya que antes de la modificación, la trazabilidad salía con la información general del lote y fechas de producción, como se observa en la siguiente imagen.

Figura 21 Trazabilidad de rodados antes de la modificación

(236.0000 / MT4828-5 / V6377)		OBSERVACIÓN:
PRODUCTO:	9804 - TU9804	CANTIDAD: 140 unidad
FECHA PRODUCCIÓN:		TURNO:
FECHA VENCIMIENTO:		CUADRILLA:
OPERADOR:		FAMILIA:
SUPERVISOR:		SUBFAMILIA:
MÁQUINA:	TU7 - Tubuladora 7	FECHA Y HORA DE USO:
		F-90005-01

Fuente: Bridgestone de Costa Rica S.A.

Una vez realizada la modificación las trazabilidades salen con el número de carro (transporte) en la trazabilidad, esto para una mejor identificación y evitar confusiones, como se observa en la siguiente imagen.

Figura 22 Trazabilidad de rodados después de la modificación

(300.0000 / MT4862-7 / V7917)		OBSERVACIÓN:
PRODUCTO:	9909 - TU9909	CANTIDAD: 120 unidad
FECHA PRODUCCIÓN:		TURNO: Segundo
FECHA VENCIMIENTO:		CUADRILLA: A
OPERADOR:		FAMILIA: Rodados
SUPERVISOR:		SUBFAMILIA: Rodado Radial
MÁQUINA:	TU6 - Tubuladora 6	FECHA Y HORA USO: Acero
		TRANSPORTE: R093
		F-90005-01

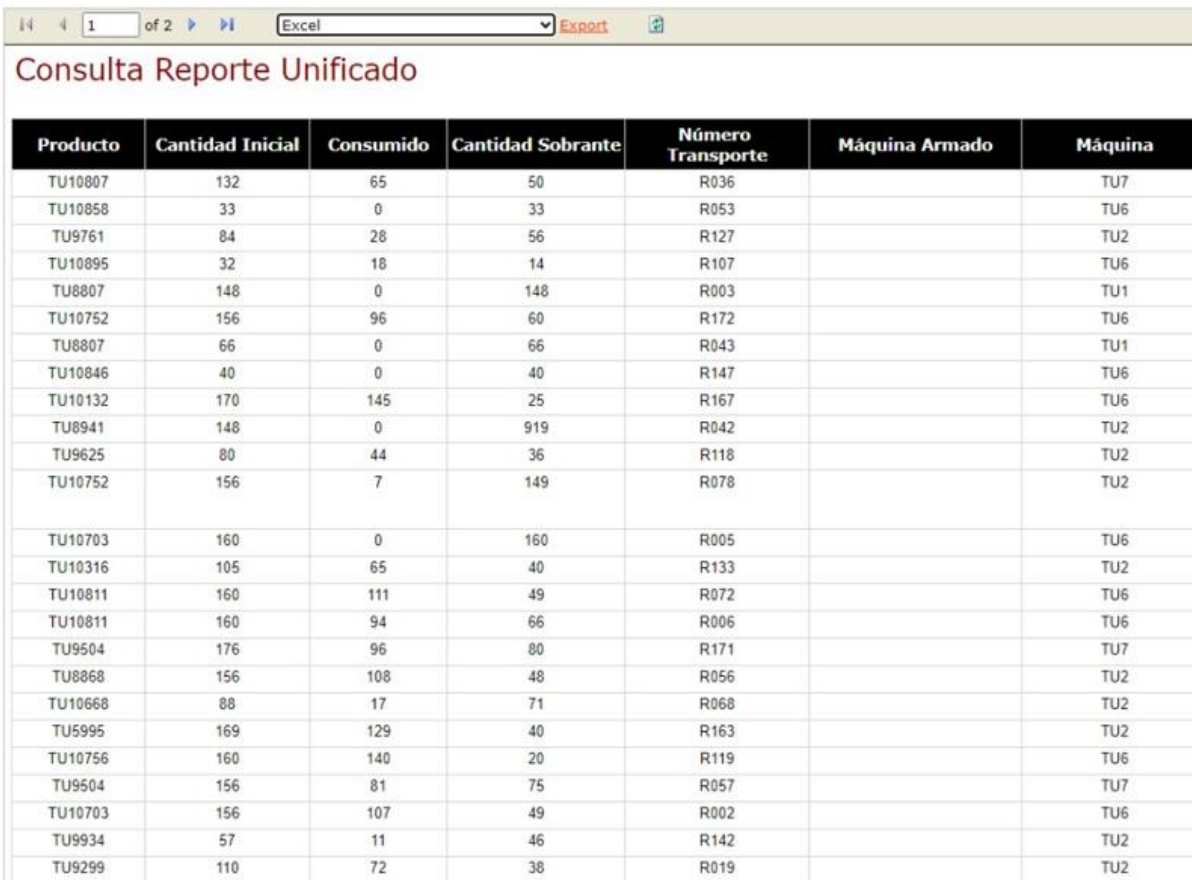
Fuente: Bridgestone de Costa Rica S.A.

Con esta modificación es más fácil identificar a que carro de rodados pertenece cada trazabilidad ya que viene impreso el número y está en letra grande para una mejor visualización. Con esto se evitan confusiones de colocar una trazabilidad en otro carro de rodados que no corresponde.

Esto es de suma importancia ya que si se coloca una trazabilidad en un carro de rodados que no corresponde se pueden generar problemas en el inventario, ya que no funcionaría adecuadamente e incluso se puede correr el riesgo de utilizar un material que no corresponde.

Una vez listos estos puntos se puede visualizar el reporte de inventario en tiempo real el cual se actualiza automáticamente cada vez que uno refresca la búsqueda, para lo cual se debe ingresar al sistema de PCS y descargarlo en formato de Excel para facilitar la tarea del programador de producción.

Figura 23 Reporte de Inventario en PCS en tiempo real



Producto	Cantidad Inicial	Consumido	Cantidad Sobrante	Número Transporte	Máquina Armado	Máquina
TU10807	132	65	50	R036		TU7
TU10858	33	0	33	R053		TU6
TU9761	84	28	56	R127		TU2
TU10895	32	18	14	R107		TU6
TU8807	148	0	148	R003		TU1
TU10752	156	96	60	R172		TU6
TU8807	66	0	66	R043		TU1
TU10846	40	0	40	R147		TU6
TU10132	170	145	25	R167		TU6
TU8941	148	0	919	R042		TU2
TU9625	80	44	36	R118		TU2
TU10752	156	7	149	R078		TU2
TU10703	160	0	160	R005		TU6
TU10316	105	65	40	R133		TU2
TU10811	160	111	49	R072		TU6
TU10811	160	94	66	R006		TU6
TU9504	176	96	80	R171		TU7
TU8868	156	108	48	R056		TU2
TU10668	88	17	71	R068		TU2
TU5995	169	129	40	R163		TU2
TU10756	160	140	20	R119		TU6
TU9504	156	81	75	R057		TU7
TU10703	156	107	49	R002		TU6
TU9934	57	11	46	R142		TU2
TU9299	110	72	38	R019		TU2

Fuente: Bridgestone de Costa Rica S.A.

En este reporte se muestra información como: el código de producto, cantidad producida, cantidad consumida, sobrante (inventario disponible) y el número de transporte (número de

carro de rodados). Todas estas cantidades se van actualizando automáticamente cada vez que se busca el reporte o el sistema lo hace automáticamente cada 5 minutos, ya que el sistema lo que hace es refrescarse y hace toda la lógica de lo que se produce y lo que se consume y haces las sumas y restas a nivel interno y pone las cantidades reales en el momento.

Con este visualizador de inventario se elimina la necesidad de estar haciendo inventario manualmente.

5.2.2 Desarrollo de visualizador de material

Como parte de las soluciones al problema ~~una solución~~ es crear un visualizador de materiales para colocar en las computadoras de los operadores, esto para que tengan visible de cual código de producto queda menos material y para que puedan priorizar la producción, esto con el fin de evitar que se detengan las máquinas en armado.

El visualizador básicamente funciona de acuerdo con la cantidad de inventario de cada código, el cual calcula el tiempo en horas en existencia de este material, los que tienen menos de dos horas son los que se colocan de primero en color rojo, el operador de tubuladora debe priorizar la producción de estos códigos de rodados, con esto se asegura que siempre se esté produciendo el material que realmente se ocupa. El programador de producción en caso de que crea que alguna cantidad puede estar mal, realiza un conteo del código de producto y actualiza la cantidad.

El visualizador se ve de la siguiente manera, es una página web que se refresca automáticamente.

Figura 24 Visualizador de Inventario en tiempo real

Arrastra una columna para agrupar

📄 📱 🔍 Buscar...

Material	Referencia	Llanta verde	Carcasa	Número transporte	Ubicación MT	Pendiente producción	Inventario en llantas	Inventario total	Horas inventario	Máquina	Máquina armado	Promesa armado	Inventario retenido
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
> TU10668	V7917	LV10666	CC10665	R044(18)	R044(KBN12)	52	18	18	0.8		KBN12	KBN12()	
> TU10395	V5417	LV10393	CC10392	R005(24)	R005(M11)	43	24	24	1.3	TU7	M11	M11()	
> TU10614	V5417	LV10612	CC10712	R136(45)	R136(M1J)	0	45	45	2.3		M1J		
> TU9929	V7917	LV9927	CC9924	R015(46)	R015(KBN9)	151	46	46	2.3	TU2	KBN9	KBN9()	
> TU10360	V5417	LV10358	CC10357	R121(78)	R121(KBN3)	58	78	78	3.4	TU6	KBN3	KBN3()	
> TU10638	V5417	LV10636	CC10635	R057(70)	R057(KB4)	31	70	70	3.7		KB4		
> TU10694	V5417	LV10692	CC10691	R141(79)	R141(KBN7)	64	79	79	4		KBN7	KBN7()	
> TU9504	V6377	LV9506		R165(79) R045(34)	R165(FR01) R045(99F)	69	113	113	4.7		99F		
> TU10703	RA037	LV10701	CC10700	R146(93)	R146(KBN5)	101	93	93	4.7		KBN5		
> TU2041	V6257	LV7411	CC7410	R111(108)	R111(99G)	0	108	108	4.7		99G		

Fuente: Bridgestone de Costa Rica S.A.

5.2.3 Sistema de balance de masas

Una de las soluciones del sistema para el inventario en el área de armado es modificar la parte del balance de masas, el cual consiste en que el sistema solo se permite utilizar la cantidad de material ligado el lote producido ya que se ocupa tener las cantidades exactas y este número se va a ir reduciendo cada vez que en armado se produzca una llanta.

Se solicitaron ciertos ajustes en la página de PCS de armado ya que en este departamento el sistema se visualiza de la siguiente manera como se muestra en la imagen.

Figura 25 Sistema PCS en Armado antes de la modificación



Fuente: Sistema PCS, Bridgestone de Costa Rica (2023)

El sistema PCS en armado tiene 5 columnas (estatus, material, descripción, la trazabilidad y espera de material), para el desarrollo del nuevo sistema se solicitaron modificaciones se incluyó el número de transporte, cantidad del material, cerrar lote y consumir lote.

El sistema básicamente cuando se escanea el material pone la información y conforme van produciendo las llantas verdes se va descontando hasta llegar a 0 y pide otro lote de material,

cuando queda un sobrante de material se puede visualizar el inventario en tiempo real y cuando este sobrante se vuelve a utilizar el sistema coloca la cantidad con la que se cuenta.

Con la modificación solicitada al sistema en armado, se visualiza la pantalla de la siguiente manera como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 26 Sistema PCS en Armado después de la modificación

PCS
Process Control System

BRIDGESTONE

BLIS

Ingrese las trazabilidades que esta

Especificación: LV9854 (0459)

Armadora - M2B2

Operador: EDWARD GODINEZ

Lote: TZ-LHT20038221

Unidades por carreta: 21

Código validado correctamente

Estado	Material	Transporte	Cerrar lote	Descripción	Cantidad	Consumir lote	Esperando material
✓	CE9979	C1060	🔄	CAPA ACERO & ORILLA	13	⬇️	Activar alarma
✓	CE9980	C0652	🔄	CAPA ACERO & ORILLA	31	⬇️	Activar alarma
✓	SL3842	P076	🔄	SPIRAL / CAP PLY / STRIP	1358	⬇️	Activar alarma
✓	TU8383	R162	🔄	RODADO	143	⬇️	Activar alarma

Lote Prueba

Lotes Abiertos

Sustituir CB

Etiquetas

Cód. Llantas

Aplicador F

Interlocks

Ajustes

Sincronizar

Trazabilidad Armado - Bridgestone Costa Rica

Fuente: Sistema PCS, Bridgestone de Costa Rica (2023)

Esta pantalla muestra el número de transporte el cual es indispensable que coincida con el número impreso en la trazabilidad.

5.2.4 Eliminar inventario manual para evitar errores

Cuando se realiza el inventario manual toda la información se escribe en una hoja y luego esa información se digita en una hoja de Excel, esto genera un error ya que el programador de producción toma la información que dice la trazabilidad, algunas de las cuales están rayadas con lapicero o que en apariencia está el lote completo, pero en realidad es un sobrante y por esto se generan errores de inventario.

Figura 27 Inventario manual

Inventario de Rodados							miércoles 9 de marzo de 2022					
Carc	TUB	Holz	Estampado	Nombre	Coil	Cantidad Rodados	Número de carro		Máquina Armado			
5867	2-8	V8257	5888	TAVO	5886	110	R56		M4			
5891	2-8	V8257	5892	CLAU	5890							
5899	2	V8257	5900	LELE	5898	160 ² · 51	R85 · R63		9F			
6003	2-8 no an	V8377	6096	MAK	6055	152 ² · 54 ⁴	R21 · R95					
6090	1-2**	RA833	6091	ASTU	6087							
8351	2-8prua	RA047	8352	CALA	8098	45	R122		M6			
8183	1-2**	RA837	8184	FERM	8182							
8348	2	V8257	8347	ERU	8345	118	R59		R2			
8653	1da 2-8	V8377	9054	FNE	8383	75 · 128 ² · 160 ²	R76 · R13 · R22		9A			
8652	2	V8257	8453	FILJ	8451							
8483	2no-8	RA047	8484	KISS	8486	266	R65		M3			
8599	1	V7917	8592	MADY	8598	76 · 180 ⁶ · 72 ⁶ · 115 ¹ · 90	R114 · R003 R93 R77 · R82		9E			
8795	1-2	V7917	8798	BUEY	8798	100 ⁶ · 45	R94 · R49		9S			
8808	1-2**	V7917	8809	MINA	8807	192 ⁶ · 40 · 57	R002 · R65 · R26		N1			
8859	2	RA047	8860	IDEA	8857	72 ⁶ · 11	R30 R145		N12			
8865	2	RA047	8866	ALCE	8868	140 ² · 28	R143 R10		9C			
8873	2	RA047	8874	PAPA	8877	54 ⁶	R88					
8783	2	V2287	8784	YADI	8907	50 ⁶ · 19 ¹ · 4	R47 · R154					
8910	esp grab en	RA047	8911	VVVA	8928	907 · 54 ²	R24 · R91					
9245	2	V2287	9248	APTA	8941	61	R119		6M			
9089	2	V8257	9090	GAPP	9093	160 ² · 54	R92 · R60		M6			
9272	1-2**	V7917	9273	TRUE	9275	71 ⁶ · 200 ⁶ · 180 ¹ · 70	R58 · R105 R39 · R128		N12			
9505	2-8	V8377	9506	BEST	9504							
9647	1-2**	V7917	9648	SEJU	9605	54 ⁶ · 144	R60 · R135					
9644	1-2**	V7917	9645	HOPE	9642							
9702	1-2	V7917	9703	JEEP	9701	76 ⁶ · 45 ¹ · 125 ²	R109 · R133 · R139					
9721	1-8	V3207	9722	BEKA	9720	65 ²	R124					
9783	1-2	V7917	9784	CR07	9782							
9800	2-8-7	V8377	9801	GITA	9804	128 ² · 152 ²	R38 · R41		M15			
9835	2	RA037	9836	DW0	9834	160 ⁶ · 14	R80 · R18		R3			
9848	2	RA037	9847	WH8	9845	160 ⁶ · 35 ²	R35 · R17					
9838	1-2**	V7917	9860	KMOT	9858	156 ⁶ · 97	R72 · R04		N10			
9874	2	RA037	9875	WORK	9873	45 ⁶ · 68	R26 · R78		R92			
9880	2-8	V8377	9881	PIAR	9878	54 ⁶ · 75	R31 · R20		M6			
9903	2	RA037	9906	KAYA	9906	200 ⁶ · 32	R55 · R35		R1			
9910	8-7	V7917	9911	NKE	9909							
9924	1-2**	V7917	9925	STIF	9929	57 ⁶ · 92 ⁶ · 86 ⁶ · 57 ⁴	R06 · R62 · R127 · R103					
9930	6	V3267	9931	WNO	9933	40	R132		N13			
9999	2-8-7 con	V8417	9997	DEI	9994	64 ⁶ · 57	R141 · R151					
10073	2-8-7	V8417	10074	RUDA	10072	80	R150		R3			
10077	2-8-7 con	V8417	10078	LEXA	10081	57 ⁶ · 120 ¹	R14 · R13					

Fuente: Bridgestone de Costa Rica (2023)

Con la implementación del nuevo sistema de inventario digital que se muestra en la figura 24, ya no es necesario escribir toda esta información a mano para luego transcribirla y por lo cual se evita cometer errores a la hora de apuntar datos manualmente

Figura 28 Trazabilidad de sobrante de Material

TZ-R	2730	TZ-	30-01
OBSERVACION:		43	
PRODUCTO:	10316 - TU10316	CANTIDAD:	105 unidad
FECHA PRODUCCIÓN:		TURNO:	Primero
FECHA VENCIMIENTO:		CUADRILLA:	B
OPERADOR:	Oscar Ro	FAMILIA:	I
SUPERVISOR:	Victor Pe	SUBFAMILIA:	I
MÁQUINA:	TU2 - Tub	FECHA Y HORA USO:	6:50 a 28/10

TU10316

F-90005-01

Fuente: Bridgestone de Costa Rica (2023)

5.2.5 Consulta existencia de material por carro de rodados y reimpresión

Parte importante dentro de las soluciones es tener una opción para poder consultar por carro de rodados, el código de material y la existencia real, esto en caso de que haya un carro con material pero que no tenga trazabilidad o que la trazabilidad se encuentre rota.

Por esta razón es que el sistema cuenta con una consulta por carro de rodados donde se puede reimprimir la trazabilidad en los casos mencionados para identificarlos, esto con el fin de que todos los materiales producidos se utilicen sin ningún problema.

En la siguiente imagen se presenta un carro con una trazabilidad rota en la cual no se distingue el código de producto.

Figura 29 Trazabilidad rota



Fuente: Bridgestone de Costa Rica (2023)

En la siguiente imagen se presenta la consulta de ese carro de rodados en el sistema y la reimpresión de la trazabilidad para que quede bien identificado, el procedimiento es el mismo para cuando no hay trazabilidad en el carro de rodados.

Figura 30 Consulta en el sistema y reimpresión de la Trazabilidad

Reporte Inventario

Inventario disponible

Fecha Desde: 02/11/2023 Fecha Hasta: 02/11/2023

Datos del Departamento
 Código: Nombre:
 Datos de la Máquina
 Nombre: Desorción:
 Datos del Operador
 N° Asociado: Nombre:
 Datos de la Familia
 Código: Nombre:
 Datos del Producto
 Código: Nombre:
 Datos del Transporte
 Transporte: R043

Seleccione los campos que desea ver en el reporte Todos Defecto

Producto Cantidad Inicial Consumido Cambio Sostenerle Número Transporte Máquina armado Máquina

Cantidad Retenida Tarifa rpa Usuario Disposición Veredas Ajuste cantidad Cantidad TSM - Waste Unidad Medida

Departamento Lote Fecha Prod Operador Distribuidor Fecha vencimiento Última Fecha Uso

Historico

Aceptar Cancelar

Consulta Reporte Unificado

Producto	Cantidad Inicial	Consumido	Cantidad Sobrante	Número Transporte	Máquina Armado	Máquina	Cantidad Retenida	ID Tarjeta Roja	No Conformidad	Lote
TU8807	66	0	66	R043		TU1	0			TZ-RORA4642622-03

Fuente: Bridgestone de Costa Rica (2023)

Este sistema de inventario en tiempo real es una herramienta que permite contar con información veraz y oportuna, que evita que se generen errores en la producción. Se indican varios puntos importantes para que el sistema funcione de una manera eficaz, los cuales son:

- Explicación del uso del sistema a los operadores, que son los encargados de ingresar las cantidades en el sistema.
- Todo carro de rodados tiene un único número asignado y diferente.
- No se puede crear un lote sin un código de barras asignado al carro de rodados.
- Todo lote tiene un carro de rodados relacionado.
- Toda trazabilidad debe estar ligada a un número de carro correspondiente.
- Cada carro de rodados solo puede tener un lote relacionado y estar limpio.
- Todos los materiales que produce tubuladoras suman al inventario.
- El material conforme se va usando en armado resta al inventario.
- En armado solo se puede consumir la cantidad que el lote tiene relacionado.
- Cuando se retiene un material este se resta del inventario.
- Cuando se libera un material este se suma al inventario.

Cabe mencionar que estos puntos son explicados a los operadores antes de iniciar con el nuevo sistema.

5.3 CONTROL DE LA MEJORA

Como parte del control de las mejoras para que el sistema prevalezca durante el tiempo, sin importar quien lo utilice o sin llegaran nuevos empleados, para garantizar que el sistema siga funcionando de una manera correcta, se realizan una serie de controles que se detallan a continuación:

5.3.1 Soporte al sistema

Uno de los puntos más importantes para el control, es el buen funcionamiento del sistema, ya sea que el sistema falle o que deje de funcionar.

Para esta parte lo más importante es que la empresa Nexus que son los dueños del software PCS son los encargados de resolver cualquier fallo del sistema, cabe recalcar que esta empresa siempre esta anuente a cualquier inconveniente con el sistema, ya que se trabaja con este, en casi toda la planta y dentro de las solicitudes que se le pidieron fue disponibilidad si el sistema en algún momento falla.

5.3.2 Ayudas Visuales

Se crean ayudas visuales y se colocan en las máquinas para que los operadores sepan cual es la condición idónea de la identificación de los carros de rodados, con esto se busca que, si un código de barras o la identificación se encuentra dañada, lo reporten de manera inmediata para que sea corregido de una vez.

El programador de producción es la persona encargada de que todos los carros de rodados cuenten con los códigos de barras correspondientes y si en algún momento ingresan carros nuevos, es el responsable de que estos ingresen con la numeración única correspondiente. Esta es una de las nuevas funciones del programador de producción ya que con el nuevo sistema no hace inventario, ese tiempo lo utiliza en verificar que todos los carros cuenten con la información de identificación en buen estado.

Figura 31 Ayudas visuales en los carros de rodados



DOCUMENTO
CONTROLADO



BRIDGESTONE

Ayuda Visual - AV-788-08
 Revisión: 1 Fecha de Emisión: 17/11/2022
 Fecha de Revisión: 17/11/2022
 Dept. Emisor: Programación
 Autor: Cristóbal Jiménez

Fuente: SFD, Bridgestone de Costa Rica S.A.

5.3.3 Modificación del Plan de control del proceso de la Tubuladora

Para asegurar que el cambio que se hace en el proceso quede registrado y se siga como parte del proceso normal de trabajo, se realiza una modificación en el plan de control de proceso del departamento de tubuladora (PCP) esto para que cualquier persona ajena al proceso que llegue lo pueda leer y pueda entender que ese es el procedimiento por seguir.

Se agrega la parte que está en amarillo en la figura 32, y les dice a los operadores como deben trabajar, los puntos agregados son: la tarjeta de trazabilidad del material se debe imprimir una vez producido el material, las tarjetas de trazabilidad se deben imprimir de forma individual y según la secuencia de producción, colocar el material antes de sacar el material de la máquina, la cantidad de material indicada en la trazabilidad debe ser la misma que en físico, el número de medio de transporte en la trazabilidad debe ser el mismo del medio de transporte físico.

Figura 32 PCP Departamento de Tubuladora

Planta: Bridgestone Costa Rica, S.A.													PLAN DE CONTROL DE PROCESOS																																										
DOCUMENTO # PCP-124-01		DEPARTAMENTO: Extrusión - Dept 126			PROCESO/EQUIPO: Tubuladora N° 1, 2, 4, 6, 8 y 7			Fecha de Emisión: 25/11/2021		Elaborado por: SIFRA Vargas																																													
Departamento	No.	Aspecto a Verificar	Clasificación Característica Especial	QUÉ	Espec/Tal.	Documento Relacionado	Método de verificación	QUIÉN	CUÁNDO	DÓNDE	TAMAÑO MUESTRA	CÓMO	De Proceso	Propósito	Plan de Reacción																																								
				Referencia Máquina				Responsable	Frecuencia	Máquina/ equipo	Cuánto	Cómo chequear																																											
Cementado de uniones (7.8)	7.8.1	Cementado de Union de Rodillos		Tubuladoras # 1, 2, 6 y 7	Cementar 25 min desde la terminación del rodado	AV-126-30 AV-126-219	8	Asistente de Tubuladora	Cada medida	Área de Embudojeado	Una vez	Inspeccionar visualmente mientras cementa la union y verificar que sea dentro del especificado.		El Asistente de Tubuladora debe asegurar la adecuada aplicación	Antes al supervisor Retener y separar el material que se sospecha no cumple con lo establecido, colocando tarjeta roja, después debe comunicarse al encargado técnico del área para que realice la valoración respectiva.																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">Método de verificación: Visual</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Muestra</th> <th colspan="2">Cada muestra</th> <th colspan="2">Al final de la línea</th> <th colspan="2">Al inicio de la línea</th> <th colspan="2">Al final de la línea</th> </tr> <tr> <th>Ver</th> <th>Medir</th> <th>Ver</th> <th>Medir</th> <th>Ver</th> <th>Medir</th> <th>Ver</th> <th>Medir</th> <th>Ver</th> <th>Medir</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>																Método de verificación: Visual										Muestra		Cada muestra		Al final de la línea		Al inicio de la línea		Al final de la línea		Ver	Medir	Ver	Medir	Ver	Medir	Ver	Medir	Ver	Medir	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7
Método de verificación: Visual																																																							
Muestra		Cada muestra		Al final de la línea		Al inicio de la línea		Al final de la línea																																															
Ver	Medir	Ver	Medir	Ver	Medir	Ver	Medir	Ver	Medir																																														
8	7	8	7	8	7	8	7	8	7																																														
Embudojeado y arroyado (7.10)	7.10.1	Almacenamiento de Carruchas		Todas las Tubuladoras	No almacenar horizontalmente	NA	8	Embudojeador	Cada carrucha	zona almacenamiento de carruchas	Cada carrucha	Transferir material a la zona de almacenamiento de carruchas y almacenar por código según corresponda de acuerdo al PFO.		Preservar componentes dañados por mal manejo y almacenamiento de carruchas.	Antes al supervisor Retener y separar el hule que se sospecha no cumple con lo establecido en la ayuda visual, colocar en zona roja de material retenido, después debe comunicarse al encargado técnico del área para que realice la valoración respectiva.																																								
Embudojeado y arroyado (7.10)	7.10.2	Carrus de rodillos antes de iniciar con el almacenamiento del nuevo material		Tubuladoras # 1, 2, 6 y 7	no se permite ningún material retenido (de tipo de rodillo en un mismo carrus)	TARJETA TRAZABILIDAD	8	Embudojeador	Cada medida	Impresora de tarjetas de trazabilidad	Cada carrus	1-La tarjeta de identificación del material se debe imprimir una vez producido el material. Para el caso de las paredes, la tarjeta de trazabilidad que indica que la pared es izquierda tiene su propia impresora, la tarjeta de trazabilidad que indica que la pared es derecha tiene su propia impresora. 2- Las tarjetas de trazabilidad se deben imprimir de forma individual y según la secuencia de producción por medida 3- Colocar identificación antes de sacar material del enrollador 4- La cantidad de material indicado en la trazabilidad debe ser igual a la real 5- El # del medio de transporte (Carrus o carruchas) debe ser igual en trazabilidad que en físico. 6- Cada carrucha debe ser ingresada en el enrollador al que corresponde, si se está enrollando pared derecha debe ingresar en el enrollador de pared derecha, si se está ingresando pared izquierda se debe ingresar en el enrollador de pared izquierda.		Separar el material																																									
Embudojeado y arroyado (7.10)	7.10.3	Identificación de Materiales		Todas las Tubuladoras	Según medida	TARJETA TRAZABILIDAD	8	Operador embudojeador por asistente	Cada medida	Impresora de tarjetas de trazabilidad	Cada carrucha / Carrus de rodillos				Antes al supervisor Retener y separar el hule que se sospecha no cumple con lo establecido en la ayuda visual, colocar en zona roja de material retenido, después debe comunicarse al encargado técnico del área para que realice la valoración respectiva.																																								
Almacenamiento en PFO (7.11)	7.11.1	Zona de Almacenamiento Rodillos		Tubuladoras # 1, 2, 6 y 7	Zona del almacenamiento asignada	NA	8	Embudojeador	Cada medida	Paseo de carrus	Cada carrus	Colocar el rodillo recto (verificar al rodillo), que no se toquen entre si, y que no estén dañados.		Preservar componentes dañados por mal manejo y almacenamiento de rodillos.	Antes al supervisor Retener y separar el hule que se sospecha no cumple con lo establecido en la ayuda visual, colocar en zona roja de material retenido, después debe comunicarse al encargado técnico del área para que realice la valoración respectiva.																																								

Fuente: Bridgestone de Costa Rica S.A.

5.3.4 Revisión en sistema SMS (control interno)

El SMS es un sistema interno de revisión que utiliza la compañía para mantener el proceso productivo trabajando de la mejor manera, en este sistema se revisan diferentes puntos dentro del proceso productivo y es realizado una vez a la semana por los gerentes, jefes de área, ingenieros y supervisores.

El sistema es tan amigable que en cada punto a revisar dice a quien se le debe reportar en caso de algún ítem este mal.

Lo que se hizo fue aprovechar esta herramienta que está en uso, para incluir la revisión de que se esté utilizando el material correcto con la identificación correcta en las máquinas, con esto se busca que los materiales se encuentren bien identificados y que coincidan con la trazabilidad.

Figura 33 Revisión de Puntos en Sistema SMS

BRIDGESTONE	SMS Check List	10/28/2023
--------------------	-----------------------	------------

Name : Jeremy Vargas - 457	Area: Area 5 - Armado
Department: 131	Level: A

Control Points
<p>1) Verificar en PCS que los materiales utilizados en M1H esten escaneados. En caso de no conformidad dar retroalimentacion al llantero.</p> <p style="text-align: right;">Machine checked _____</p> <p style="text-align: center;"><u>Result:</u> _____</p> <p>Category: Quality- Rank: 1.0 HOT Item Difficulty: 4</p> <p style="text-align: right;"><u>Meets Standard?</u> _____</p>
<p>2) Revisar que en KBN9 el llantero tenga escrito en la trazabilidad la hora inicial del uso del material. En caso de no conformidad dar retroalimentacion al llantero.</p> <p style="text-align: right;">DOC Machine checked _____</p> <p style="text-align: center;"><u>Result:</u> _____</p> <p>Category: Quality- Rank: 1.0 HOT Item Difficulty: 2</p> <p style="text-align: right;"><u>Meets Standard?</u> _____</p>
<p>3) Los materiales en la maquina KBN4 están con su identificación correspondiente? De no ser asi reportarlo al supervisor.</p> <p style="text-align: right;">DOC Machine checked _____</p> <p style="text-align: center;"><u>Result:</u> _____</p> <p>Category: Quality- Rank: 1.0 HOT Item Difficulty: 4</p> <p style="text-align: right;"><u>Meets Standard?</u> _____</p>
<p>4) Sobrantes en la maquina KBN2 están con su identificación? De no ser asi reportar al supervisor.</p> <p style="text-align: right;">DOC Machine checked _____</p> <p style="text-align: center;"><u>Result:</u> _____</p> <p>Category: Quality- Rank: 1.0 HOT Item Difficulty: 4</p> <p style="text-align: right;"><u>Meets Standard?</u> _____</p>
<p>5) Las trazabilidades de rodados y capas que están en fisico en la maquina KBN8 se encuentran registradas en el PCS. ?, Confirmar que este ingresada la trazabilidad correspondiente apuntado y/o confirmar el código de la carrucha y/o carro de rodado. En caso contrario dar aviso al supervisor de la situación para que sea corregida</p> <p style="text-align: right;">DOC Machine checked _____</p> <p style="text-align: center;"><u>Result:</u> _____</p> <p>Category: Quality- Rank: 1.0 HOT Item Difficulty: 4</p> <p style="text-align: right;"><u>Meets Standard?</u> _____</p>

Fuente: SMS, Bridgestone de Costa Rica S.A.

5.3.5 Auditorías internas del Departamento de Calidad

El departamento de calidad tiene un plan de auditorías diarias, donde el auditor de calidad revisa varios puntos del proceso de todos los departamentos de la empresa, por esta razón se solicita al jefe de Calidad incluir puntos en la auditoria en el departamento de tubuladora y en el departamento de armado, que ayuden a mantener el control del sistema. Se busca que los materiales siempre estén bien identificados o que se utilicen los materiales correctos de acuerdo con la trazabilidad caso contrario pueden generar errores en el sistema.

Adjunto imágenes de los puntos agregados en la auditoria de calidad en ambos departamentos:

En el departamento de tubuladora se agregó el punto 11 que dice: En el fifo de rodados revisar que el # de carro de la trazabilidad corresponda con el número del carro en físico.

En el departamento de armado se agregó el punto 12 que dice: Uso correcto de trazabilidades de rodados (Revisar que la trazabilidad en uso (ingresada en PCS) corresponda con la trazabilidad en físico y que el # de la misma corresponda con el número que tiene el carro en físico)

Figura 34 Auditoría de Calidad en Tubuladoras

Departamento	Item	Descripción	Resultado	Detalle de No Conformidades	Categoría
Tubuladora	1	Todos los hules deben de estar identificados con los formatos de trazabilidad oficiales (nos se permiten identificaciones en papel y escritas a mano).	1		Identificación de materiales
Tubuladora	2	Todos los materiales producidos No Conformes, deben de estar con tarjeta roja y trazabilidad (a no ser que sea un hule o componente sin ID) y deben de estar en las zonas rojas respectivas	1		Manejo de material no conforme
Tubuladora	3	Todo el TMA debe estar en la zona designada de la TUB, adecuadamente almacenado en la tarima, no debe tener mezclas de hule y no debe estar tocando el piso. El TMA ubicado en el anden de TUB 2 debe encontrarse identificado con la tarjeta de trazabilidad correspondiente	1		Riesgos de contaminación
Tubuladora	4	Corroborar que exista la realización del doble chequeo en hules que se estén utilizando según procedimiento en PCP-126-01	1		Identificación de materiales
Tubuladora	5	Verificar el ingreso de la trazabilidad del hule antes de que se utilicen con el fin que se pueda detectar alguna no conformidad	1		Chequeo y confirmación
Tubuladora	6	Verificar que los instrumentos de medición se encuentren con la calibración vigente y en la máquina que corresponde según la etiqueta (cintas métricas, pirómetros, medidores de espesor, TCU's)	1		Cumplimiento del estándar (Procedimiento)
Tubuladora	7	Corroborar que los componentes producidos en el momento de la revisión este cumpliendo con las dimensiones de acuerdo al cardex digital (Ancho, largo, peso según corresponda)	1		Controles de especificación
Tubuladora	8	Corroborar que los perfilómetros se encuentren trabajando correctamente	1		Cumplimiento del estándar (Procedimiento)
Tubuladora	9	Corroborar que chequeo de inicio de turno se haya realizado, revisar formato F-126-26	1		Chequeo y confirmación
Tubuladora	10	Cualquier QGS que se dañe o se desconecte debe ser comunicado inmediatamente a QA (no pueden haber QGS bloqueados bypassados sin uso o desconectados).	1		Chequeo y confirmación
Tubuladora	11	En el fifo de rodados revisar que el # de carro de la trazabilidad corresponda con el número del carro en físico	1		Identificación de materiales

Fuente: Departamento de Calidad, Bridgestone de Costa Rica S.A.

Figura 35 Auditoría de Calidad en Armado

Item	Descripción	Resultado	Detalle de No Conformidades	Categoría
1	Verificación del ancho del tambor	1		Identificación de materiales
2	Revisar que las uniones de tela estén de acuerdo a las especificaciones y tolerancias establecidas (no anchas, no abiertas).	1		Manejo de material no conforme
3	Verificación del sistema Hot Sticher y condición de la llanta, si lo solicita la spec.	1		Riesgos de contaminación
4	Verificar que los instrumentos de medición se encuentren con la calibración vigente y en la máquina que corresponde según la etiqueta	1		Riesgos de contaminación
5	Todos los chequeos de inicio de turno y cambios de medida deben de estar completos con la fecha actual según el turno correspondiente y que no se acumulen en máquina	1		Cumplimiento del estándar (Procedimiento)
6	Todos los materiales No Conformes, deben de estar identificados con trazabilidad y su respectiva tarjeta roja, y se deben de mover a la zona roja correspondiente	1		Controles de especificación
7	Verificar que se hayan ingresado las trazabilidades de los materiales en uso al sistema PCS antes de ser consumidos	1		Características del producto
8	Todo el TMA en las armadoras debe estar almacenado correctamente según AV-130-268 y zonas de TMA AV-131-277	1		Chequeo y confirmación
9	No deben haber materiales sobre las estructuras.	1		Manejo de material no conforme
10	Verificar que la cantidad de materiales (paredes y capas) correspondan según estándar, además los rollos telas y sellantes no deben de estar en el suelo.	1		Identificación de materiales
11	Verificar la temperatura de cuchilla de sellante que no sea mayor a 400 °C.	1		Sensores puertas de calidad (QGS)
12	Uso correcto de trazabilidades de rodados (Revisar que la trazabilidad en uso (ingresada en PCS) corresponda con la trazabilidad en físico y que el # de la misma corresponda con el número que tiene el carro en físico)	1		Chequeo y confirmación

Fuente: Departamento de Calidad, Bridgestone de Costa Rica S.A.

5.3.6 Entrenamiento al personal de planta para el uso del sistema

Una vez que el sistema está listo para utilizar, se entrena a todo el personal de planta para que sepan cómo funciona el sistema y se les da un entrenamiento sobre el uso de las nuevas funciones, donde además se aclaran dudas, lo cual que se tiene como propósito que todos los compañeros que van a utilizar el sistema conozcan los cambios y de cuál es el nuevo método que van a utilizar para trabajar con esta implementación.

Figura 36. Inducción uso del sistema con los cambios

BRIDGESTONE DE COSTA RICA S.A.
REGISTRO DE ASISTENCIA
F-900-06-06-R5

Capacitación Comunicación

Nombre de la Actividad: REUNION - SIST. INVENTARIOS - CALIDAD

Temas tratados: CORRECTA UTILIZACION DEL SISTEMA DE INVENTARIOS / CONSUMO MATERIAL Y COMPONENTES / TRAZABILIDAD EN SISTEMA VS FISICO - OK. -

Instructor / Proveedor: JASON MORENO / David Nunez Mocera

Duración: 5min. Fecha: 2012/06/06

PARTICIPANTES

NOMBRE COMPLETO (EN LETRA CLARA)	No. EMPLEADO	DEPARTAMENTO
Dagoberto Moreno Rojas	2862	131
Sofia Solis	4577	131
García Ospina V	4847	131
Henry Hurtado S	4777	131
Juan Ospina	4112	131
Nicol Chavez S	2760	131
Victor Pulgarin	2335	131
Rafael Casado Alatorres	3111	131
Fredy Arce S.R	3293	131
Jairo George Obando	3714	131
David Arce	5457	131
Roger Escobal	3357	131
Ronald AV	3768	131
My Esquivel	3789	131
Carla Rojas H	5436	131
Rayner Alvarez U	3456	131
Jairo Campos Solis	5455	131
Rafael Celador Rojas	4802	131

Observaciones:

Fuente: Bridgestone de Costa Rica S.A.

5.5 IMPACTO ECONÓMICO

En esta parte se presenta el impacto económico del proyecto lo cual va a dar una idea más clara de que tan beneficioso ha sido el proyecto para la empresa. El costo de cada llanta ronda los \$30,00 en promedio ya que hay mucha variedad de diseños y medidas.

En la siguiente tabla se muestran los respectivos montos antes y después de la mejora en cuanto a llantas sin armar por falta de rodados, esto de acuerdo con las horas de demora por falta de este material.

Tabla 11 Resumen de montos en \$ antes y después de la mejora

Descripción	Antes		Después		Diferencia		
	Cantidad	Valor (\$)	Cantidad	Valor (\$)	Cantidad	Valor (\$)	%
Horas promedio demora por mes	197,30		8,30		-189,00		-95,79%
Llantas que se dejan de armar por mes	3 157,00	\$94 710,00	133,00	\$3 990,00	-3 024,00	-\$90 720,00	-95,79%

Fuente: Elaboración Propia, (2023).

Como se observa en la tabla 11, antes de la mejora se dejaban de producir alrededor de 3.157,00 llantas mensuales lo cual representa un monto aproximado de \$94.710,00 y después de la implementación de las mejoras la cantidad de llantas pasa a ser menor 133,00 en promedio lo cual representa \$3.990,00 aproximadamente al mes, estos montos dan un impacto de \$90.720,00 en reducción al mes aproximadamente, cabe recalcar que esto es un aproximado ya que no todos los meses se tiene el mismo tiempo por esta demora, sin embargo se está tomando un promedio mensual.

Para implementar el nuevo sistema fue necesario invertir en el sistema PCS, en el visualizador, se invirtió mano de obra por parte de dos supervisores para entrenar al personal, además de que estos son los que se encargan del desarrollo del proyecto, con ayuda del superintendente de producción el cual iba viendo los avances y dando visto bueno para los cambios, programador de producción para colocar códigos de barras e identificar los carros de rodados, se cambiaron

los escáneres que había en todas las máquinas que eran de cable por otros inalámbricos para mayor facilidad de los operadores a la hora de escanear los carros de rodados.

A continuación, en la siguiente tabla se detallan el impacto económico del proyecto

Tabla 12 Impacto económico del proyecto

INVERSIÓN DEL PROYECTO RECURSO HUMANO						
Mano de obra	Cantidad de personas	Cantidad de horas	Costo por hora	Costo total		
Supervisores de Tubuladora (Desarrollo del proyecto)	2	720	\$14,00	\$14 616,00		
Programador de producción	1	300	\$9,00	\$3 915,00		
Costo Total				\$18 531,00		
RECURSO MATERIAL Y TECNOLÓGICO			<table border="1"> <tr> <th>Inversión Total Proyecto</th> </tr> <tr> <td>\$54 657,00</td> </tr> </table>		Inversión Total Proyecto	\$54 657,00
Inversión Total Proyecto						
\$54 657,00						
Material - Detalle	Cantidad	Costo				
Ligar trazabilidad con medio de transporte	1	\$7 565,00				
Balance de masas	1	\$5 096,00				
Visualizador de inventarios	1	\$15 465,00				
Escaner inalámbricos	4	\$2 400,00				
Etiquetas para carros de rodados	1	\$600,00				
Mantenimiento del sistema	1	\$5 000,00				
Costo Total		\$36 126,00				
Promedio Ahorro Mensual						
\$90 720,00						

Fuente: Elaboración Propia, (2023).

La inversión total del proyecto es de \$54 657,00 esto se divide en 18 531,00 en gastos de recurso humano y 36 126,00 en gastos en modificaciones al sistema. Después de esto la implementación solo se generaría un gasto mensual por concepto de mantenimiento del sistema de \$5.000,00.

El promedio de ahorro mensual es cuando ya la mejora esta implementada y se ve reflejada en la tabla 11 cuando ya está implementada la mejora que se obtiene un 95,79% de reducción lo cual equivale a \$90 720,00 aproximadamente al mes.

Tabla 13. *Flujos de Caja*

Flujos de caja			
Inversión Inicial		\$54 657,00	
Flujo Egresos		Flujo Ingresos	
Mes	Egresos	Mes	Ingresos
0	-\$54 657,00		
1	-\$5 000,00	1	\$90 720,00
2	-\$5 000,00	2	\$90 720,00
3	-\$5 000,00	3	\$90 720,00
4	-\$5 000,00	4	\$90 720,00
5	-\$5 000,00	5	\$90 720,00
6	-\$5 000,00	6	\$90 720,00
Flujo Efectivo			
Mes	Flujo Efectivo		
		1	\$85 720,00
		2	\$85 720,00
		3	\$85 720,00
		4	\$85 720,00
		5	\$85 720,00
		6	\$85 720,00
Negocio			
Mes	Flujo		
0	-\$54 657,00		
1	\$85 720,00		
2	\$85 720,00		
3	\$85 720,00		
4	\$85 720,00		
5	\$85 720,00		
6	\$85 720,00		
		Tasa descuento	25,00%

Fuente: Elaboración Propia, (2023).

A continuación, en la siguiente tabla se muestra el cálculo del TIR, VAN, ROI

Tabla 14 *Resumen TIR, VAN, ROI*

TIR	156,28%
VAN	\$198 339,07
ROI	1714,40%
Periodo Recuperación (meses)	0,64

Fuente: Elaboración Propia, (2023).

La empresa para los nuevos proyectos pide que el retorno de inversión sea mayor a un 25,00% esto para asegurar ganancias con cualquier proyecto que se quiera implementar, viendo el análisis económico y los resultados obtenidos se ve que el proyecto es viable ya que la TIR es mayor a ese porcentaje y que la inversión se recupera en poco menos de un mes.

5.6 DIAGRAMA DE GANTT IMPLEMENTACIÓN

Tabla 15. Diagrama de Gantt

Indicadores		Actividad planeada	En Proceso	Completo	Atrasado	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Etapas		#	Actividades	Resultados	Resp.	Plan/Act	3 4 1	2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	
INVENTARIO DIGITAL	RODADOS	1	Definición de requerimientos sistema (pcs) y operativos (Scanner, CB)	Lista de requerimientos	Equipo de trabajo	Plan	3	4	1					
						Actual	3	4	1					
		2	Desarrollo del sistema (Nexus)	Sistema operativo	Nexus	Plan								
						Actual								
		3	Implementación de requerimientos	Requisitos operativos listos	Equipo de trabajo	Plan								
						Actual								
		4	Pruebas y ajustes	Posibles mejoras o confirmar ok	Jeremy V	Plan								
						Actual								
		5	Capacitación del personal	Personal capacitado	Jeremy V	Plan								
						Actual								
		6	Puesta en marcha y seguimiento sistema	Sistema en funcionamiento	Jeremy V	Plan								
						Actual								

Fuente: Elaboración Propia, (2023).

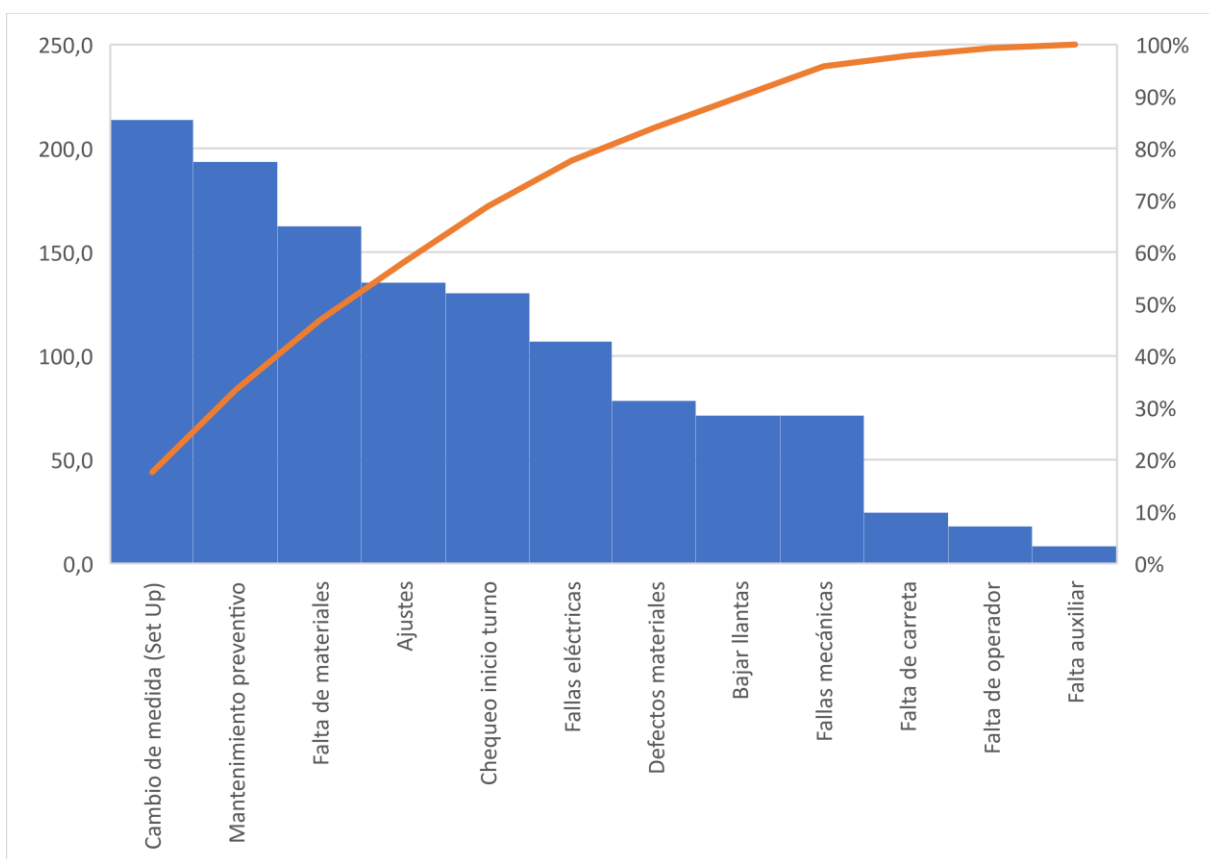
Como se observa en el diagrama de Gantt se ve cada fase del proyecto para la implementación y seguimiento al sistema en el cual se observan las fechas en las que se lleva a cabo cada una de las etapas del proyecto.

5.7 RESULTADOS OBTENIDOS

Después de la puesta en marcha del sistema de inventario digital, se pide la información nuevamente a ingeniería industrial de las demoras del departamento de armado para ver nuevamente la tendencia y ver el impacto del nuevo sistema en funcionamiento.

Los datos se muestran en los siguientes gráficos:

Figura 37 Demoras de Armado con la implementación de los cambios en el sistema

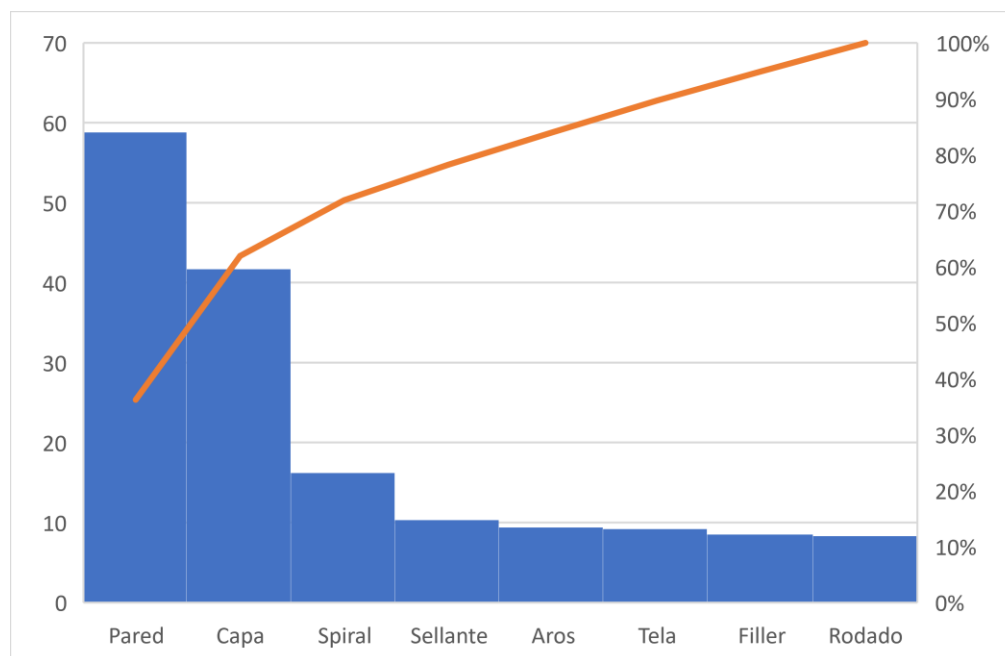


Fuente: Ingeniería Industrial (2023).

Como se observa en el gráfico de la figura 37, falta de materiales ya no es la principal causa de demoras en el departamento de armado como lo era antes de las mejoras realizadas, pero si se encuentra dentro de los tres primeros todavía, pero cabe recordar que hay bastantes materiales y este gráfico demuestra todos en total, por eso se adjunta el siguiente gráfico en la figura 38 el cual es el desglose de todos los materiales.

Cabe recordar que se trabajó primero el material de rodados por orden de la gerencia, ya que era el material que más estaba impactando en demoras al inicio del proyecto.

Figura 38 Demoras de Armado por materiales después del sistema



Fuente: Ingeniería Industrial (2023).

Como se observa en la figura 38, las demoras por falta de rodados pasaron de ser la primera causa a ser la última después de la implementación del nuevo sistema y aún existen demoras, pero es porque ha habido fallas mecánicas y falta de hule que hacen que las tubuladoras se detengan y no puedan producir los materiales que requiere armado a tiempo.

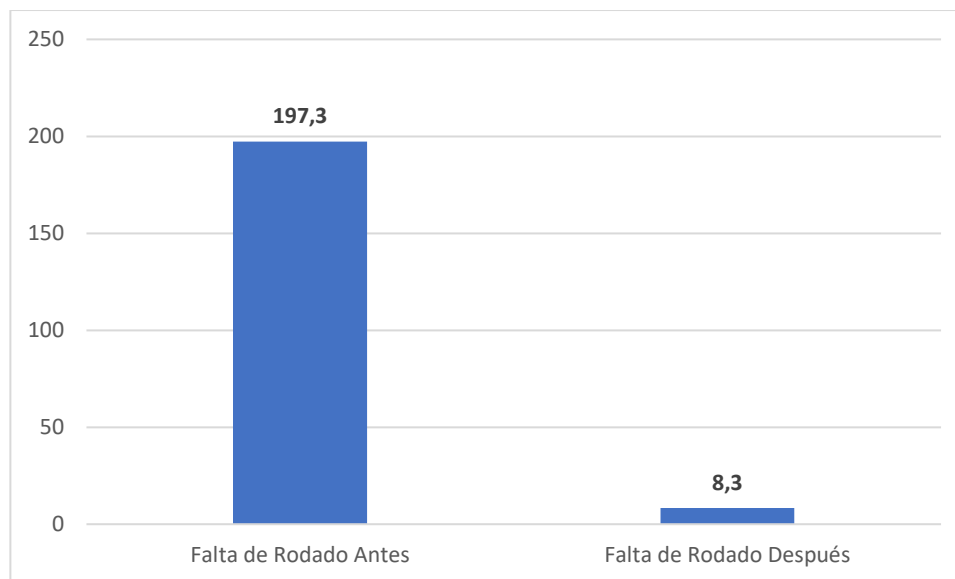
Las demoras de armado por falta de rodados pasaron de ser de 197,3 horas en promedio mensuales a 8,3 horas en promedio lo cual hace que se incremente la productividad en el departamento de armado al no tener las máquinas detenidas por este material.

Estas 8,3 horas de faltante de materiales si lo convertimos a producción de llantas serian $8,3 \times 16$ que seria 133 llantas mensuales que se están perdiendo, por las diferentes razones antes explicadas.

Si se compara ese dato con la situación antes del desarrollo de la mejora se estaban perdiendo en total 3157 llantas en promedio al mes lo cual representa una oportunidad de producir 3024 llantas más al mes aproximadamente.

Los datos se aprecian mejor en el siguiente gráfico

Figura 39 Demoras por rodados antes y después



Fuente: Elaboración Propia (2023).

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- A través del uso de herramientas de DMAIC y con ayuda de nuevas tecnologías se logra optimizar el proceso de toma de inventarios de rodados que antes se realizaba de manera manual y ahora se hace de forma digital.
- Se logra cuantificar el impacto de las demoras por falta de rodados en el departamento de armado, y se llega a la conclusión que se dejan de producir alrededor de 3.157,00 llantas mensuales.
- Con la implementación de la mejora en el sistema de inventarios de rodados, en la compañía se logra mejorar las demoras por falta de este material en un 95,79% logrando que se pueda producir más llantas al mes cuyo promedio sería de alrededor de 3.024,00 unidades.
- Con el control que se establece, se garantiza que las mejoras realizadas se mantengan a través del tiempo sin importar si el personal es de nuevo ingreso, ya que todo queda bien documentado en el PCP (Plan de Control Proceso) del departamento y se deja un control que es factible a través del tiempo.
- Los trabajadores de la empresa al hacer tanto tiempo la misma tarea de forma manual ya estaban acostumbrados a ese método de trabajo, por lo cual con ciertas personas es un poco más difícil que acepten los nuevos métodos, pero cuando ven que el sistema es funcional y les ahorra tiempo le dan más aceptación y acogen el sistema de la mejor manera.
- Con el análisis económico del proyecto nos damos cuenta de que en realidad la inversión es viable ya que se recupera en poco tiempo, lo cual es beneficioso para la compañía.

6.2 RECOMENDACIONES

- Llevar el modelo del proyecto más allá y extenderlo a los demás materiales que se utilizan para la producción de la llanta, ya que en el proyecto solo se contempló rodados, el cual era el que tenía más horas de demora promedio al mes.
- Invertir en las soluciones que se indicaron para las causas B y C de la tabla 8, ya que en el proyecto solo nos enfocamos en los de tipo A. Con esto el proyecto puede generar aún más rendimiento del que se está proyectando.
- Tomar acciones disciplinarias contra cualquier operador que intente saltarse el procedimiento del sistema, ya que esto podría ocasionar errores en el inventario.
- Reorganizar las tareas del programador de producción ya que con el nuevo sistema va a tener más tiempo disponible para realizar otras tareas, como participar en el CFT (Equipo de trabajo del departamento).
- Cada vez que ingresa un nuevo empleado explicarle el procedimiento adecuado del sistema en el periodo de capacitación, esto para que entiendan el impacto que genera en producción y que así estén capacitados desde que ingresan a la compañía.
- Establecer análisis de causas (gemba o círculos de calidad) que permita establecer mejoras en el proceso.

Bibliografía

- Acuña, J. A. (2012). *Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- Altamirano, P. A., & Espinoza, E. H. (2009). *Guía para la Presentación de Gráficos Estadísticos*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- García, J. C. (2013). *Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Gómez, A. Z. (2015). *Ciclo de la Calidad PHVA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, J. R. (2012). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Estado de México: Red Tercer Milenio.
- Laza, C. A. (2020). *Gestión de Inventarios*. Logroño: Tutor Información.
- Prokopenko, J. (1989). *La Gestión de la Productividad*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo Ginebra.
- Pulido, H. G. (2013). *Calidad Total y Productividad*. Estado de México: Mc Graw Hill.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mac Graw Hill.
- Santos, D. (25 de noviembre de 2021). *Proceso Productivo*. Obtenido de Hubspot: <https://blog.hubspot.es/marketing/proceso-productivo#:~:text=Un%20proceso%20productivo%20contempla%20el,una%20empresa%20ofrece%20al%20mercado>

Sheldon, E. (15 de septiembre de 2020). Obtenido de Codurance:

<https://www.codurance.com/es/publications/2020/09/15/what-is-a-cross-functional-team>

Socconini, L., & Reato, C. (2019). *Lean Six Sigma: Sistema de Gestión para Ledera Empresas*. Valencia: Marge Books.

Suazo, C. (2024). *Academia.edu*. Obtenido de Academia:

https://www.academia.edu/13180020/DIAGRAMAS_DE_FLUJO_O_FLUJOGRAMAS

Vaughn, R. (1988). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Iowa: Editorial Reverté S.A.