

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES QUE
AFECTAN EL BALANCEO EN SUS DOS
FACTORES (ESTÁTICO/COUPLE) EN
CUANTO AL AUMENTO DE LLANTAS
RECHAZADAS PARA RETRABAJO, EN LA
EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA
RICA, DURANTE EL PRIMER
CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR LA LICENCIATURA
INGENERIA INDUSTRIAL

AUTOR:

ÁLVARO GERARDO RUIZ OVIEDO

TUTORA:

ING. MELISSA GRANT CHAVES

HEREDIA, ABRIL, 2022

ACTA DE APROBACIÓN

CARTA DEL TUTOR

San José, 10 Octubre de 2022

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Alvaro Ruiz., cédula de identidad número 110570109, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL BALANCEO DINÁMICO EN SUS DOS FACTORES (ESTÁTICO Y DUAL COUPLE) EN CUANTO AL AUMENTO DE LLANTAS RECHAZADAS PARA RETRABAJO, POR LA KOKUSAI, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022**

el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial

En mi calidad de tutora, 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%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	17
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	20%	20
	TOTAL		97

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

Atentamente,

MELISSA
SUSANA GRANT
CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by
MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.10
16:23:01 -06'00'

APROBACIÓN DEL LECTOR

CARTA DE LECTOR

San José, 26 enero de 2023

**Universidad Hispanoamericana
Sede Llorente
Carrera**

Estimado señor

La estudiante Alvaro Gerardo Ruiz Oviedo, cédula de identidad 1-1057-0109, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado “DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL BALANCEO DINÁMICO EN SUS DOS FACTORES (ESTÁTICO Y DUAL COUPLE) EN CUANTO AL AUMENTO DE LLANTAS RECHAZADAS PARA RETRABAJO, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022”, el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

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

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

Atte.



**Luis Salas Romero
1-1014-0116**

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA

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, 10 de octubre 2022

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Alvaro Gerardo Ruiz Oviedo con número de identificación

1-10570109 autor (a) del trabajo de graduación titulado DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL BALANCEO DINÁMICO EN SUS DOS FACTORES (ESTÁTICO Y DUAL COUPLE) EN CUANTO AL AUMENTO DE LLANTAS RECHAZADAS PARA RETRABAJO, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022 presentado y aprobado en el año 2022 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,



1-1057-0109

**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 dedicó a mi familia: Paula Calderón Arce, a mis hijos Sebastián de Jesús Ruiz Calderón y Valentina Sophía Ruiz Calderón, mis padres Álvaro Ruiz Marín y Ana Lucia Oviedo Solís, mis hermanos Alejandro Ruiz Oviedo y Roberto Ruiz Oviedo, por el apoyo brindado en todo momento y en especial durante el proceso de formación de mi vida y desarrollo de esta investigación.

También agradezco a todas esas personas que directa e indirectamente me apoyaron para lograr culminar con esta etapa de mi vida, (personal de Bridgestone Costa Rica e amigos cercanos, que siempre creyeron en mi esfuerzo).

AGRADECIMIENTOS

Antes que todo, quiero agradecer a Dios y la Virgen por el regalo de la vida, por mis hijos y mi familia, por dejarme llegar hasta la meta una vez más, por la fuerza que me regalan todos los días para continuar luchando y agradecido sobre todo por la bendición que derraman sobre mí a cada instante.

También le agradezco a mi familia por la comprensión que se me tuvo en todo este proceso de formación. En el campo profesional quiero agradecer a todos los colegas que tuvieron que ver con el desarrollo de este proyecto y de igual forma a la empresa Bridgestone de Costa Rica por dejarme aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad.

DECLARACIÓN JURADA

Yo Álvaro Gerardo Ruiz Oviedo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número: 1-10570109 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: DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL BALANCEO DINÁMICO EN SUS DOS FACTORES EN CUANTO AL AUMENTO DE LLANTAS RECHAZADAS PARA RETRABAJO, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE COSTA RICA, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022.

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 10 días del mes de octubre del año dos mil veinte dos



Firma del estudiante

Cédula: 1-10570109

PRESENTACIÓN DE ASISTENCIA Y AVANCES EN TESIS. ANEXOS

ÍNDICE

INDICE.

RESUMEN EJECUTIVO.....	19
1.1 INTRODUCCIÓN.....	23
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	23
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	25
1.2.1 Descripción General de la Empresa o Institución	25
1.2.2 Política integrada del sistema de gestión de Seguridad, Medioambiente y Calidad	29
1.2.3 Misión de Bridgestone de Costa Rica S.A.	30
Mapeo del proceso en sus principales áreas de ensamble Bridgestone de Costa Rica	33
1.2.6 Proceso productivo	34
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
1.3.1 Descripción del problema	36
1.3.2 Justificación del problema.....	45
1.3.3 Definición del problema.....	47
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	48
Objetivo General	48
Objetivos Específicos	48
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	49
1.5.1 Alcance	49
1.5.2 Limitaciones.....	50
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	52
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL Y RELATIVO A LA CARRERA.	53
2.1.1 Ingeniería Industrial	53
2.1.2 Control de la calidad.....	54
2.1.3 Gráficos de control.....	55
2.1.4 Diagrama de Pareto.....	56
2.1.5 Equipo de Control Funcional (Control Funcional Team).	57
2.1.6 Ciclo de la calidad (ocho pasos en la solución de un problema).....	58
2.1.7 Planear.....	59
2.1.8 Hacer	60
2.1.9 Verificar	60
2.1.10 Actuar	60
2.1.11 Diagrama de flujo.....	61
2.1.12 Diagrama de Ishikawa	63
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....	64

2.2.1 Metodología DMAIC	64
2.2.12 Criterios de decisión	77
2.2.12.1 Valor Actual Neto (VAN).....	77
2.2.12.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	77
2.2.12.3 Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	77
2.2.12.4 Tasa Interna de Retorno (ROI).....	77
2.2.12.5 Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR).....	78
2.2.12.6 Prueba de chi cuadrado	78
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	79
2.3.1 Impacto directo	79
2.3.2 Impactos indirectos.....	81
2.3.3 Metodología aplicada.....	81
2.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO EXPERIENCIAS O SEMEJANTES	82
2.4.1 PROYECTO #1	82
2.4.3 PROYECTO #2	83
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	85
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	86
3.1.1 Finalidad	87
3.1.2 Dimensión	87
3.1.3 Naturaleza	87
3.1.4 Carácter	88
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO	88
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	89
3.3.1 Fase Analizar:	89
3.3.2 Planificar	90
3.3.3 Hacer	91
3.3.4 Verificar	91
3.3.5 Actuar	91
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	92
3.4.1 Etapa de Implementar.	92
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	94
3.5.1 Para la implementación del proyecto se pondrá en ejecución la metodología SMART . 95	
Specific (específico).	96
Mensurable (medible).	96

Achievable (alcanzable).....	96
Relevant (relevante o realista).....	96
Timely (temporal).....	96
CAPITULO IV: LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	97
4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ANALIZAR:	98
4.1.2. DESARROLLO DE SITUACIÓN ACTUAL.....	99
4.2 DIAGRAMA DE FLUJO Y PLANO DE DISTRIBUCIÓN:.....	102
4.2.1 ÁREAS RELACIONADAS AL RECHAZO DE LA BALANCEADORA KOKUSAI,.....	105
4.3 MEDICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	108
4.3.1 CUANTIFICACIÓN DE DATOS:	108
ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (MSA)	111
4.3.2 UNIFORMIDAD:.....	113
4.3.3 LLANTA NO UNIFORME.	114
5. DIAGNOSTICO.....	116
5.1 Diagrama IPOMAP.....	116
5.2 MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO.	118
5.3 Process Failure Modes and Effects Analysis (FMEA).....	123
CAPITULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SOLUCIONES.....	125
5.1 VARIABLES SEGÚN FMEA REALIZADO:	126
5.1.1 VARIABLE # 1 Centrado del paquete de anillos/ banda de rodadura.....	127
5.1.1.3 VARIABLE # 2 Centrado del sellante (Armadoras)	129
5.1.1.4 VARIABLE # 3 Centrado de paredes (Armadoras)	130
5.1.1.5 VARIABLE # 4 Centrado de capas estabilizadoras (Armado).....	132
5.1.1.6 VARIABLE # 5 Ancho de uniones de pared / sellantes / telas (Armado).....	133
5.1.1.7 VARIABLE # 6 Alineamiento de post-inflado de llanta (Vulcanizado).....	135
5.1.1.8 Costos y beneficios	137
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
6.1 CONCLUSIONES:.....	144
6.2 RECOMENDACIONES:	146
Referencias Bibliográficas:.....	148
Acuña Acuña, J. (2013). Control estadístico de la calidad Un enfoque integral y estadístico 3 a ed. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.....	148
Bibliografía electrónica	148
https://www.google.com/maps/place/Bridgestone+Costa+Rica	148
ANEXOS # 1	149
ANEXO # 2.....	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1 Ubicación geográfica.....	25
Figuras 2 Mapeo del flujo del proceso	28
Figuras 3 Política integral del sistemas de gestión.....	29
Figuras 4 Política integral sistemas de seguridad.....	30
Figuras 5 Organigrama de producción del departamento de inspección final.....	31
Figuras 6 Flujo de trabajo, proceso de balanceo.....	32
Figuras 7 Diagrama de flujo.....	62
Figuras 8 Diagrama de Ishikawa	63
Figuras 9 Metodología DMAIC.....	65
Figuras 10 Matriz de Causa y Efecto.....	71
Figuras 11 Estaciones de la Máquina Kokusai.....	101
Figuras 12 Máquina Armadora	102
Figuras 13 IPOP MAP	117
Figuras 14 Matriz de causa y efecto	119
Figuras 15 Frecuencia acumulada FMEA	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Proceso productivo diferentes áreas	33
Ilustración 2 Proceso productivo, Bridgestone de Costa Rica	34
Ilustración 3 Proceso productivo, Bridgestone de Costa Rica	35
Ilustración 4 Pasos para realizar el retrabajo llantas rechazadas	47
Ilustración 5 Ciclo de la calidad.....	58
Ilustración 6 Flujo de materiales de un VSM	68
Ilustración 7 Simbología y significado Kaizen.....	69
Ilustración 8 Análisis Modal de Fallos y Efectos	72
Ilustración 9 Diagrama IPOMap	74
Ilustración 10 ¿Los 5 por qué?.....	75
Ilustración 11 Ciclo de mejora continua	92
Ilustración 12 Metodología SMART	95
Ilustración 13 Diagrama de flujo del proceso	103
Ilustración 14 Diagrama de Flujo armadoras	104
Ilustración 15 Balanceadora Kokusai	106
Ilustración 16 Diagrama Ishikawa.....	115
Ilustración 17 Centrado del paquete anillos	127
Ilustración 18 Diagrama Gantt variable # 1	128
Ilustración 19 Centrado del sellante variable # 2	129
Ilustración 20 Diagrama de Gantt variable # 2	130
Ilustración 21 Diagrama de Gantt variable # 3	130
Ilustración 22 Centrado de paredes en la armadora variable # 3.....	131
Ilustración 23 Diagrama Gantt variable # 4	133
Ilustración 24 Spots de colocación de uniones variable # 5	134
Ilustración 25 Comparación entre periodos estudio de capacidad	138
Ilustración 26 Diagrama de Gantt seguimiento y control.....	142

Ilustración 27 Estándar de colocación de materiales	151
Ilustración 28 Hoja de parámetros	152
Ilustración 29 Carretas de llantas verde mejoradas	154
Ilustración 30 Chequeos y alineamientos en la vulcanizadora	155
Ilustración 31 Menu principal y guía de calibración Kokusai	156

INDICE DE GRÁFICOS

Gráficos 1 Llantas rechazadas mes de enero 2022	37
Gráficos 2 Porcentaje de balanceo no conforme enero 2022	38
Gráficos 3 Pareto por medidas rechazadas enero 2022	38
Gráficos 4 Armadoras relacionadas con las llantas armadas	39
Gráficos 5 Llantas rechazadas mes de febrero 2022	39
Gráficos 6 Porcentaje de rechazo mes de febrero 2022	40
Gráficos 7 Armadoras relacionadas con rechazo mes de febrero 2022	40
Gráficos 8 Llantas no conformes mes de marzo	41
Gráficos 9 Porcentaje de rechazo mes de marzo 2022	41
Gráficos 10 Pareto por medidas rechazadas mes de marzo 2022	42
Gráficos 11 Armadoras relacionadas al rechazo, mes de marzo 2022	42
Gráficos 12 Llantas no conformes mes de abril	43
Gráficos 13 Porcentaje de rechazo no conforme del mes abril, 2022	43
Gráficos 14 Armadoras relacionadas al rechazo, mes de abril 2022	44
Gráficos 15 Pareto por medidas del mes de abril 2022	44
Gráficos 16 Grafico de control del proceso	55
Gráficos 17 Diagrama de Pareto	57
Gráficos 18 MSA Estudio R/R	73
Gráficos 19 Pareto Análisis, por balanceo no conforme	107
Gráficos 20 Pareto por medidas rechazadas de enero hasta abril 2022	109
Gráficos 21 Pareto por amadoras relacionadas rechazo de enero hasta abril, 2022	110
Gráficos 22 Análisis de capacidad	110
Gráficos 23 Análisis del sistema de medición (MSA)	¡Error! Marcador no definido.
Gráficos 24 Reporte de capacidad del proceso por mediciones obtenidas	112
Gráficos 25 Diagrama de Pareto por variables enero hasta abril 2022	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales variables de afectación rechazo	120
Tabla 2 Variables directas asociadas al rechazo	121
Tabla 3 FMEA metodología en 7 pasos	121
Tabla 4 Ancho de uniones permitido	134
Tabla 5 Historial de reclamos por balanceo no conforme	135
Tabla 6 Análisis económico requerido para la mejora	139
Tabla 7 Análisis económico por retrabajo Kokusai	139
Tabla 8 Calculo de la mejora	141
Tabla 9 Análisis de costo/Beneficio	141

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

KOKUSAI: Máquina industrial utilizada para medir el balanceo, según parámetros definidos por medida, esta mide factores de balanceo. (dinámico, estático y couple).

RE-TRABAJO: Es toda actividad que se realiza o se encuentra “fuera” del proceso original de manufactura o fabricación de cada componente. También se consideran retrabajos a aquellos procesos que se realizan en duplicado debido a fallas de calidad, ensamble o empaque.

LLANTA: Pieza generalmente circular, aunque su forma varía en relación con el tipo y tamaño del vehículo, cuentan con unos cables de acero instalados en su interior, en paralelo y desde un lado hacia el otro, formando un ángulo recto con la circunferencia central.

PSR: Siglas utilizadas para hacer referencia a la línea de familia de llantas pasajero radial.

LTR: Siglas utilizadas para hacer referencia a la línea de llantas de camionetas y camiones de carga liviana.

QA: Siglas que significan Aseguramiento de la calidad, utilizadas en Bridgestone de Costa Rica.

MÁSTER TUO: Persona encargada de operar las máquinas TUO, cuya responsabilidad es garantizar la uniformidad de las llantas, antes de ingresar a la bodega.

TUO: (Tire Uniformity Optimizer). Máquina para asegurar que las llantas que ingresan a bodega de producto terminado cumplan con la uniformidad necesaria para asegurar su mayor estabilidad y confort en servicio.

FMEA: Análisis de modo de falla, es un método cualitativo que establece una lista de fallos, sistemática, con sus consiguientes efectos y puede ser de fácil aplicación para cambios en el diseño o modificaciones de planta.

IPO MAP: Diagrama de todas las entradas y salidas del proceso en estudio.

KAIZEN: Palabra japonesa que se refiere a decir cambio o mejora.

LEAN MANUFACTURING: Es una metodología de producción esbelta, un modelo de producción para eliminar uno o más de los siete tipos de desperdicios.

SCRAP: Es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo, se refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial.

DMAIC: Siglas de los pasos de la metodología seis sigmas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

MINITAB: Software estadístico.

SENSOR: Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) y/u otras alteraciones de su entorno.

MSA: Siglas en inglés (Measurement System Analysis), ¿Un MSA en un sistema de medición, ¿qué mide? El MSA mide la Repetibilidad, la Reproducibilidad, el Sesgo, la Estabilidad, la Resolución y la Linealidad de un Sistema de Medición.

DISOLVENTE RT016: Se refiere a aquello que disuelve: es decir, que logra deshacer, desintegrar o separar algo.

PINTURA RQ196: Pintura negra, utilizada para cubrir el cemento (4289), en la zona del sellante.

CEMENTO 4289: Componente líquido especial cuyo fin es otorgar el peso requerido, para estabilizar el peso faltante en el balanceo no conforme.

LLANTA VERDE: Se refiere al término de la llanta aun no vulcanizada para ser inspeccionada en su totalidad en el siguiente departamento.

BALANCEO DINÁMICO: Es el equilibrio de masas fuera del plano de rotación del neumático.

BALANCEO ESTÁTICO: Es el equilibrio de masas dentro del plano de rotación del neumático.

BALANCEO DUAL COUPLE: Es el equilibrio de masas que ejercen las fuerzas laterales sobre los neumáticos dentro del plano de rotación.

SPOT: Es la hoja guía de trabajo, establecida para determinar la colocación correcta de los materiales según corresponda, es propia de cada máquina y estilo por medida para ensamblar.

LLANTAS PATRÓN: Son aquellas llantas establecidas y utilizadas al inicio de turno, en el departamento de Inspección Final, las cuales cumplen con todas las características propias y esperadas, las cuales presentan valores aceptables para calibrar y ajustar la balanceadora antes de empezar el proceso de balanceo.

LUBRICANTE DE CEJA (J0269): Lubricante especial para colocar en el área de cejas y evitar que la llanta entre mal al adaptador del aro en la Kokusai.

LLANTA VERDE: Llanta sin vulcanizar, se dice verde debido a que aún no ha sido vulcanizada en su molde correspondiente.

RESUMEN EJECUTIVO.

El desarrollo de este proyecto de tesis fue realizado en la empresa Bridgestone de Costa Rica, la cual inició operaciones en 1967 en la provincia de Heredia, bajo el nombre de Firestone de Costa Rica, es una empresa que exporta sus productos a diferentes países en todo el mundo y ubicados en las siguientes zonas geográficas: Norteamérica, Europa, Centroamérica y el Caribe, dicha entidad está ubicada en la Ribera de Belén, en el kilómetro 11 de la Autopista General Cañas.

Bridgestone de Costa Rica es una empresa multinacional dedicada a la producción masiva de llantas con el fin de ubicarlas en diferentes mercados del mundo, cumpliendo con las exigencias del cliente, razón suficiente y de suma importancia, para investigar y analizar todas aquellas variables presentes en el proceso de balanceo dinámico, las cuales en los últimos meses han venido afectando los resultados obtenidos, y a la vez de manera directa, esta situación genera el aumento de llantas rechazadas por balanceo no conforme en el área de Inspección final, lugar donde se ubica la máquina Kokusai la cual es la encargada del balanceo de las llantas en sus dos factores estático y dual couple.

Lo que se espera del proyecto, es poder determinar aquellas variables de mayor importancia que están afectando el balanceo de forma directa, regístralas por nivel de interés y dentro del proceso de balanceo, según la opinión de expertos en el tema, registrar las medidas de mayor recurrencia, y plantear como objetivo primordial mejoras efectivas que ayuden a disminuir el porcentaje de llantas rechazadas, según producción mensual establecida por balancear versus la cantidad de llantas con balanceo no conforme, en su mayoría son declaradas como producto con oportunidad de mejora (retrabajo), el cual oscila entre un 3% y 4% el rechazo mensual de algunas llantas por balanceo no conforme,

razón suficiente para buscar oportunidades de mejora en el proceso y área de ensamblado de los materiales, con una producción de balanceo aproximada de 900000 mil unidades por mes, entre todas las llantas que están establecidas a ser balanceadas, las cuales están definidas en familias (PSR y LTR), y en diferentes estilos y medidas en aros tamaño 15,16,17 adaptador (2) y aros 17,18, y 19 adaptador (3), se establece según tiquete de producción el balanceo mensual vigente, en el área de Inspección Final..

Es de suma importancia el registrar las medidas que presentan una constante oportunidad de mejora, debido al rechazo obtenido en el mes, existen varias familias de llantas que en algunas ocasiones repiten las medidas que son rechazadas, según números y datos suministrados por la máquina balanceadora Kokusai, datos respaldados además por el código de barras propio de cada llanta, el fin del proyecto es conocer dónde fueron armadas estas llantas, la spot de armado utilizada, si tuvo algún cambio y no fue actualizada, cuáles son los valores de balanceo obtenidos, si tiene alguna relación con retenciones o conciliaciones de congelamientos de inventarios durante la semana propia del balanceo, la idea es poder conocer toda la información acerca de la colocación de componentes de la llanta, los parámetros y también la intención con este proyecto de tesis es entender y conocer más a fondo el funcionamiento de la máquina Kokusai, para determinar cuáles son los pasos y condiciones necesarias establecidas por medida que requieren las llantas, y a la vez conocer el comportamiento de la máquina antes y durante el balanceo, para esperar mejores resultados de balanceos y por ende la aprobación de los mismos, Por mencionar algunos; llantas patrón, las cuales deben estar en buenas condiciones de apariencia (sin golpes, ni cortes), para mejores resultados, lubricación conforme en cejas antes de entrar al adaptador, parámetros de medición vigentes actualizados según corresponda por medida a balancear, que estén bien definidos para calibrar en tiempos esperados, cambio de adaptadores o aros para el balanceo que estén

en buen estado, 5s de la máquina, calibración al día de la máquina Kokusai, válvulas, paneles PLC y mangueras de inyección de aire PCI en buenas condiciones, etc.

El proyecto será desarrollado y presentado bajo la metodología Seis Sigma y posterior al tema antes mencionado, se van ir integrando cada una de las etapas del proceso DMAIC, para un mejor abordaje del tema principal, cuya meta del mismo es poder mitigar el 50% de esas llantas rechazadas en los últimos meses del año en curso, y a su vez evitar el consumo masivo de insumos como lo son: cemento, disolvente y pintura negra, los cuales son necesarios para poder realizar el retrabajo, estos insumos son utilizados para equilibrar el peso que necesita la llanta rechazada, con el fin de que la llanta cumpla con el peso equilibrado y pueda de nuevo ser balanceada por la máquina Kokusai, evitando demoras de entradas de producto a bodega y aumentando la producción mensual de llantas balanceadas.

La actual propuesta propone un aumento de llantas conformes al ser balanceadas, indistintamente de las familias de llantas que sean (PSR, o LTR), el objetivo principal es poder minimizar el rechazo actual de algunas medidas, que repiten en algunos casos mes a mes, las cuales claro está, presentan oportunidad de mejora según los datos y registros obtenidos, lo cual al lograr identificar las principales variables y todo aquello que está afectando el balanceo, también vamos a mitigar el consumo de los insumos requeridos para retrabajar dichas llantas, y a la postre va generar un aumento de llantas ingresadas al almacén de producto terminado, en cada turno, ya que antes de ingresar a bodega, deben ser pasadas como último filtro de calidad por las máquinas TUO y Kokusai respectivamente, las cuales miden la uniformidad y balanceo de las llantas producidas en Bridgestone de Costa Rica.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En la manufactura de la producción de llantas, existen varias etapas dentro del proceso de ensamblado de cada uno de los materiales requeridos para lograr un producto final, donde los cuales deben cumplir con las especificaciones establecidas para cada material con el fin de lograr el acabado final deseado, entre las cuales se puede señalar el proceso de pesado de materias primas, mezclado, extruido, calandrado, cortado, armado, vulcanización, inspección, balanceo y etiquetado entre otros.

Cada una de las áreas por donde pasan los diferentes materiales son de suma importancia para proporcionar los insumos mínimos esperados por el siguiente departamento, dentro del proceso productivo establecido por la entidad, ya que estas presentan un impacto muy grande en el producto final, por lo cual se deben controlar, monitorear y auditar constantemente bajo los estándares propios de la compañía, que lleguen a garantizar el consumo de los mismos con total seguridad y disposición de uso en cada departamento según corresponda.

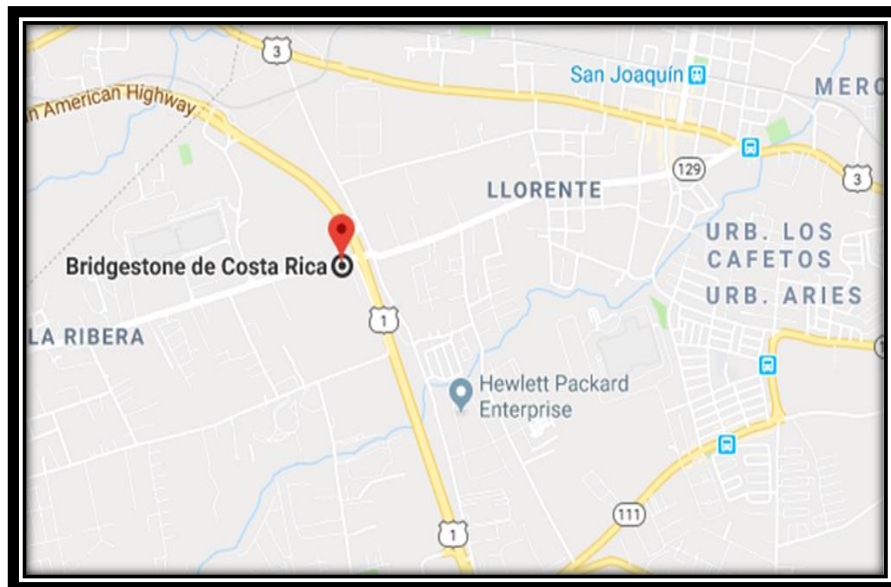
Como parte del desarrollo del proyecto de tesis se requiere investigar sobre las posibles variables que están afectando el balanceo dinámico en sus dos factores (estático y dual couple), que afectan algunas llantas en los últimos meses, dado que continuamente se generan llantas para retrabajo en el área de inspección final por motivos de balanceo no conforme, provocando un consumo adicional de insumos y materia prima, los cuales generan costos mayores a los establecidos, para el cumplimiento del objetivo inicial, como lo son: la mano de obra, horas extras, electricidad, cemento, solvente, pintura y demás.

Por lo anterior es que se requiere establecer un objetivo directo, que nos ayude en la actual tesis, en el cual se pueda desarrollar un plan de mejora que permita la reducción de las llantas por rechazo del balanceo no conforme, causado por diferentes variables que actualmente afectan y generan un aumento en el rechazo por balanceo no conforme, detectado por la máquina balanceadora Kokusai, el actual rechazo se presenta en el departamento de inspección final de la empresa Bridgestone de Costa Rica, es entonces que mediante el estudio propio de las variables, así como también mediante la ayuda de la metodología DMAIC, se buscara identificar las posibles causas raíz, para lograr aumentar la producción de balanceo conforme y a su vez lograr una disminución de llantas rechazadas para retrabajo detectadas por la Kokusai, esto con el fin de cumplir el objetivo establecido por la organización, de cumplir con 3000 unidades balanceadas por día, tomando en cuenta eso si los dos turnos laborados, con el fin común de generar una mayor disponibilidad de productos para el área de ventas.

El siguiente proyecto se fundamenta bajo una base teórica y técnica de análisis de datos obtenidos, se empezará con el objetivo principal del proyecto, es partir de lo anterior que se iniciará con la investigación como tal, abarcando los puntos más importantes para lograr llegar a lo requerido, disminuir el rechazo por balanceo no conforme, también incluye conceptos importantes y necesarios en el contenido y sobre todo la definición de cada una de las palabras técnicas propias de la empresa, se desarrollará el planteamiento de problema y estudio de la investigación, metodologías y técnicas utilizadas, análisis de resultados y principales hallazgos, refiriéndose al valor agregado que genera el diagnóstico actual de la empresa, para la detección e interpretación de los principales datos a los que se les debe dar enfoque y plantear soluciones reales y rápidas para llegar al escenario esperado, finalizando con las conclusiones y recomendaciones diseñadas acordes a la investigación.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

Empresa Bridgestone de Costa Rica Sociedad Anónima, ubicada en Belén de Heredia, es una industria dedicada a la fabricación de llantas, posicionada alrededor del mundo, está ubicada en el kilómetro 11 de la Autopista General Cañas.



Figuras 1 Ubicación geográfica

<https://www.google.com/maps/place/Bridgestone+Costa+Rica>.

1.2.1 Descripción General de la Empresa o Institución

Bridgestone es una empresa multinacional manufacturera de llantas con una trayectoria en nuestro país de más de 50 años. La empresa se ha encargado de satisfacer las necesidades de los diferentes mercados de Centroamérica, el Caribe y los Estados Unidos, en lo que respecta a llantas para camión, camioneta, agrícola, pasajero radial y de repuesto temporal de primera necesidad.

La empresa cuenta con una serie de procesos productivos y administrativos para la manufactura de llantas, iniciando con la logística para la compra de materias primas y después de esto se inicia con el proceso adecuado del manejo de estas materias primas.

Almacén de materia prima: Aquí llegan los distintos materiales para ser des almacenados de los contenedores e ingresados al sistema SAP y colocados en las celdas quedando a la espera para ser utilizados en el área de mezclado.

Mezclado: Es donde se procesa el hule para obtener hule laminado y distribuirlo en las diferentes áreas del proceso para elaborar los diferentes componentes de la llanta.

Calandra: En esta área se procesa el hule con la tela para obtener la tela calandra y el sellante de los molinos.

Aros: Aquí se forma el aro y se le coloca hule con cobertor para lograr que este quede listo para ser ensamblado posteriormente.

Steelastic: Esta área utilizara el hule en conjunto con hilos de acero para la elaboración de las capas estabilizadoras.

Extrusión: Se utilizará el hule para generar las partes del rodado, paredes y filler que terminaran de dar formar a las carcasas.

Armado: En esta área se ensamblarán todas las partes manufacturadas en los procesos anteriores para obtener el producto final el cual se llama llantas verdes que serán transportadas hacia el FIFO en el área de vulcanizado.

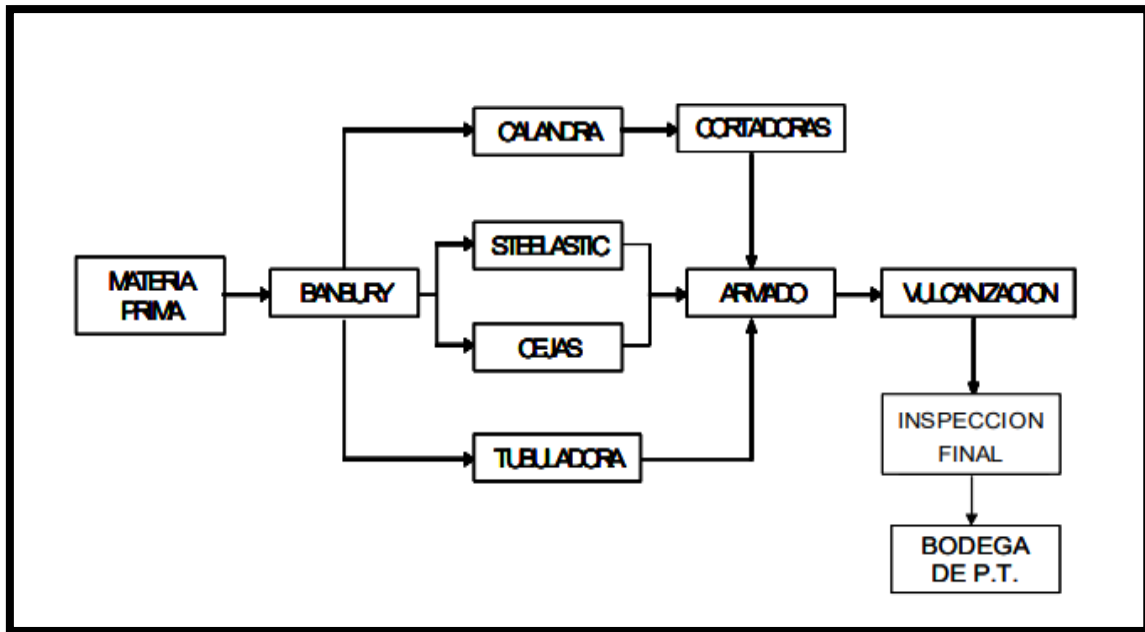
Vulcanización: En esta área es donde se transforman las llantas o bien ya toman forma, ya que antes todos los procesos anteriores fueron para crear lo que se conoce como llanta verde, lo cual quiere decir aun sin el proceso de curado, el cual se realiza en esta área, cuando las llantas son ingresadas a su respectivo molde en cuanto a tamaño y diseño establecido y listo para vulcanizar, lo cual después de cumplir el ciclo correspondiente de

vulcanización, además informar que también se tienen dos sistemas de curado uno a base de nitrógeno y otro con agua caliente.

El flujo del proceso productivo inicia con el traslado de llantas verdes hacia el FIFO. Esta es el área donde se almacena las llantas verdes antes de ser dopadas, el dope se aplica con una frecuencia establecida por Ingeniería de Procesos, esto para disminuir la fricción del bladder con la llanta logrando una mayor lubricación y de esta manera que estos cumplan con la vida útil establecida en cada prensa.

Inspección final: Aquí llega la llanta vulcanizada y es donde será inspeccionada toda la circunferencia de la misma, por los inspectores del área, para garantizar la apariencia y estética de la llanta, después de ser revisada se coloca en una banda transportadora para que sea ingresada al área de las TUDO, las cuales son las responsables de medir las condiciones de uniformidad, y si la misma está conforme se dispondrá para que continúen el flujo del proceso, camino al área de etiquetado, pero antes de llegar hasta dicha área deben pasar primero por la máquina Kokusai, para garantizar el balanceo de todas aquellas medidas destinadas a ser balanceadas, donde si las medidas son aprobadas según los valores establecidos y obtenidos, continúan rumbo al área de en su mayoría las medidas balanceadas están definidas desde mucho antes de que lleguen al departamento de inspección final, que es donde se enfocará el proyecto de reducción del rechazo por balanceo, antes de que ellas puedan ingresar a la siguiente área de producto terminado.

Bodega de producto terminado: En esta área se recibe el producto terminado (llanta verde) para ser contabilizado por el SAP y colocado en los racks para ser almacenado en las celdas. De aquí el producto saldrá para los centros de servicio donde se venderá al cliente final. Se adjunta detalle de los departamentos que comprenden el proceso productivo de la planta de Bridgestone Costa Rica.



Figuras 2 Mapeo del flujo del proceso

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, Bridgestone de Costa Rica

En Bridgestone de Costa Rica se maneja una política integrada de Seguridad, Medioambiente y Calidad en donde se comprimen los lineamientos de la compañía en sus tres prioridades. La política integrada es la siguiente:

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

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

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



Figuras 3 Política integral del sistema de gestión de seguridad, Ambiente y Calidad.

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, Bridgestone de Costa Rica.

1.2.3 Misión de Bridgestone de Costa Rica S.A.

Ser una empresa líder en la fabricación y comercialización de llantas y productos relacionados, cumpliendo con los más altos estándares de calidad y de servicio al cliente. De igual forma, deseamos contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros empleados y obtener la más alta rentabilidad, de una manera ambientalmente responsable, basados en la filosofía de Calidad Total, la misión de Bridgestone de Costa Rica se resume en: “Servir a la sociedad con calidad superior”

1.2.4 Visión d Bridgestone de Costa Rica S.A.

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

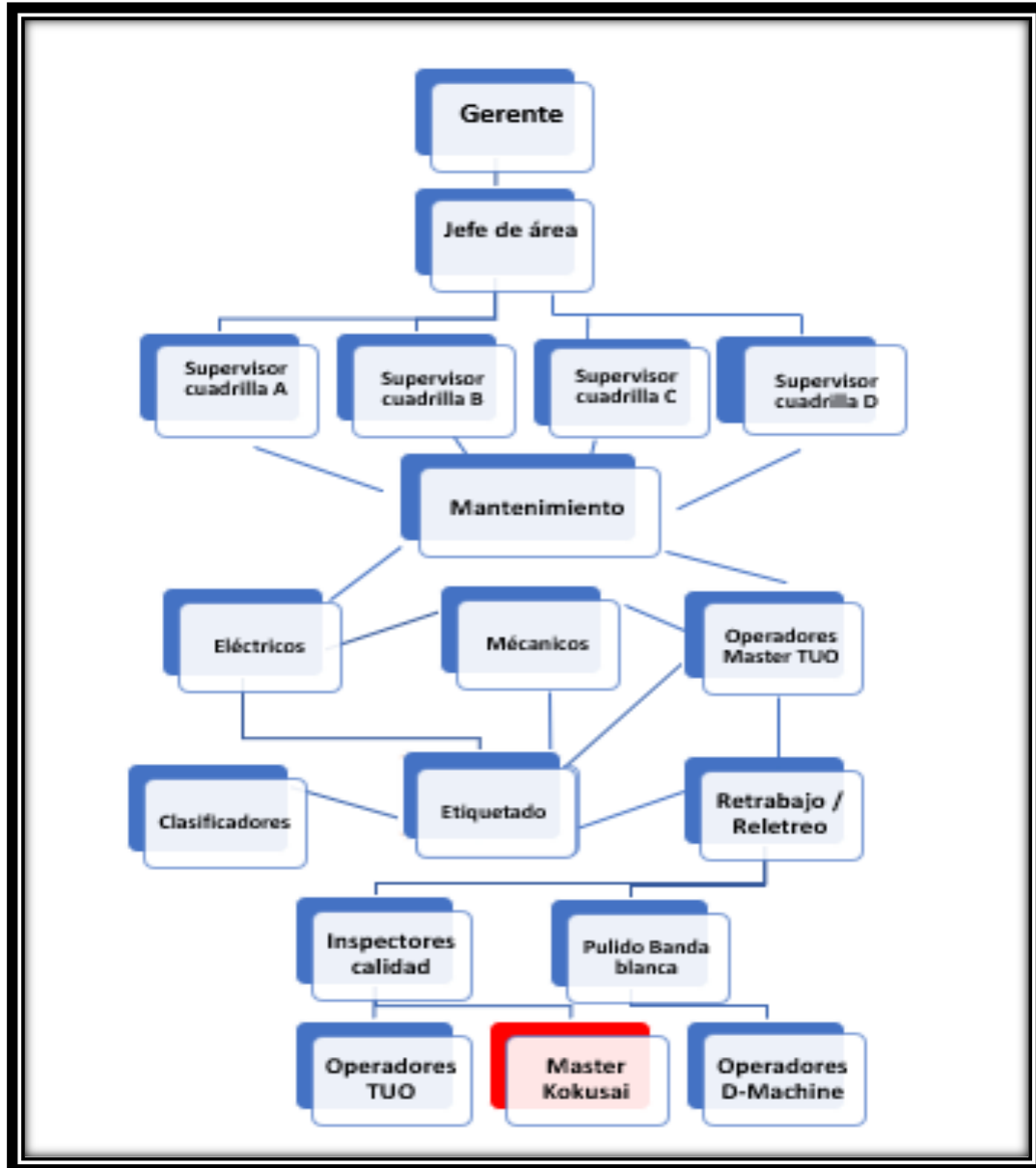


Figuras 4 Política integral sistemas de seguridad, ambiente y calidad

Fuente: Ingeniería Industrial, Bridgestone de Costa Rica.

Organigrama de Producción del departamento de Inspección Final

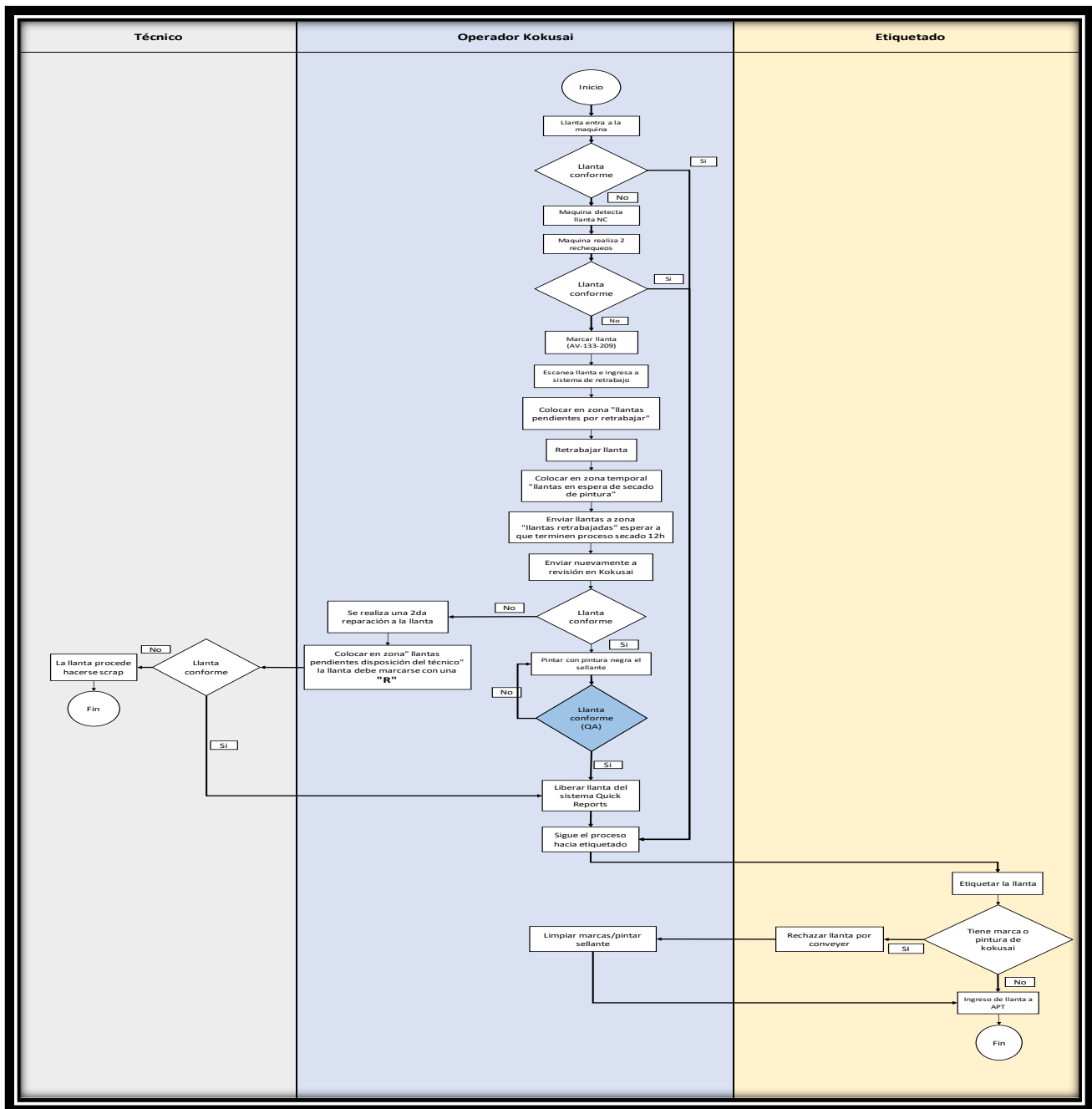
Bridgestone de Costa Rica



Figuras 5 Organigrama de producción del departamento de inspección final

Fuente: Elaboración propia.

1.2.5 Flujo de trabajo del proceso de balanceo en la Kokusai, departamento de Inspección Final.



Figuras 6 Flujo de trabajo, proceso de balanceo

Fuente: Ingeniería Industrial, Bridgestone de Costa Rica

Mapeo del proceso en sus principales áreas de ensamble Bridgestone de Costa Rica

El actual proyecto se ubica en el área de inspección final, este departamento es el último filtro de calidad, el cual nos proporciona resultados acerca del producto en cuanto a temas de uniformidad y balanceo, lo anterior se valida antes de que ingrese al almacén de producto terminado.



Ilustración 1 Proceso productivo diferentes áreas

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial

1.2.6 Proceso productivo

En la empresa Bridgestone de Costa Rica se cuenta con varias áreas en las diferentes operaciones, las cuales están encargadas de la fabricación de los componentes para cada llanta, entre los cuales se encuentran las siguientes: el Banbury; está encargado del mezclado para la fabricación de los hules, las Tubuladoras (Extrusoras) están encargadas del proceso de extrusión con las cuales realizan las paredes y rodados, las Calandras crean las capas textiles y sellantes, las Cortadoras se utilizan para cortar el producto que se produce de Calandra según el uso que se la va a dar y en Steelastic se crea la capa estabilizadora, Se encuentra el área de Aros, el cual utiliza componentes como el Aro y el Filler para tener como producto final, las cejas.

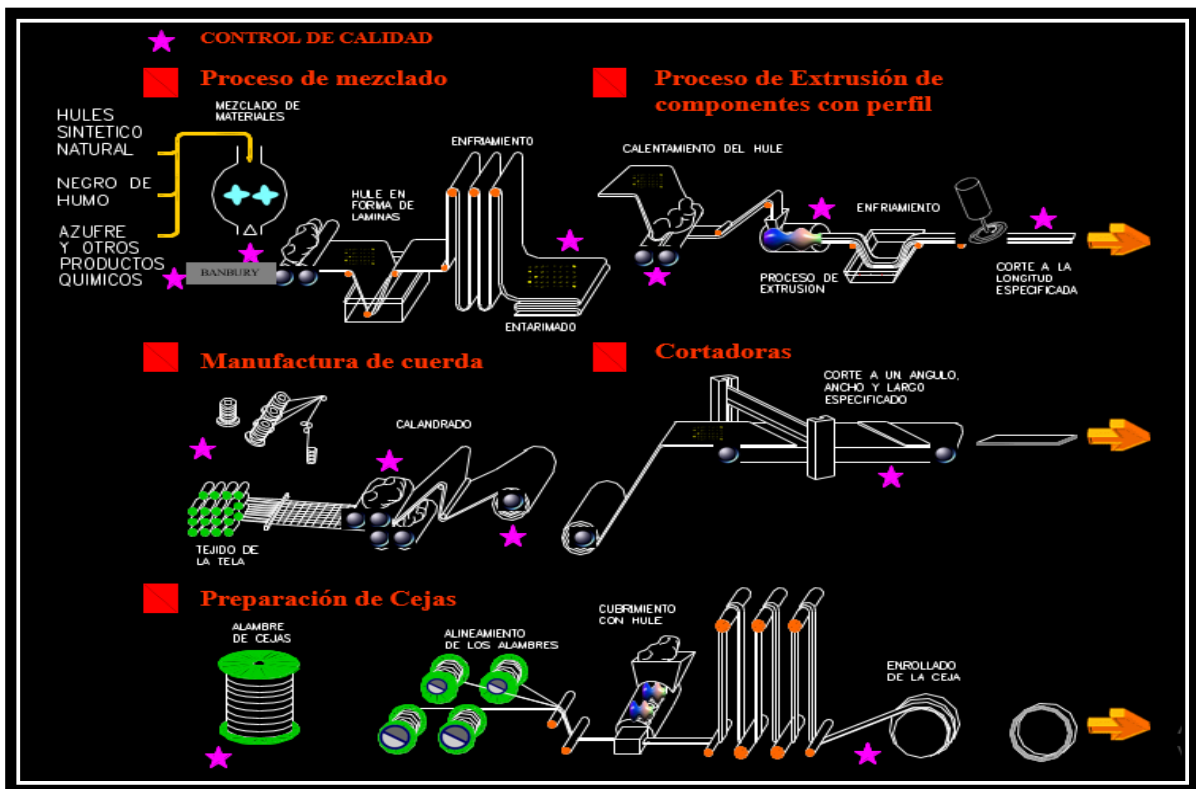


Ilustración 2 Proceso productivo, Bridgestone de Costa Rica

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial.

Luego pasan al área de armado donde se unen todos los componentes para la creación de la llanta verde; cuando ya está todo ensamblado pasa al área de vulcanización donde las llantas son expuestas a calor dentro de los moldes para “cocinar la llanta”, para obtener su condición final (llanta lista para la venta). Por último, se realiza una inspección final para asegurar la calidad del producto y poder enviar al cliente.

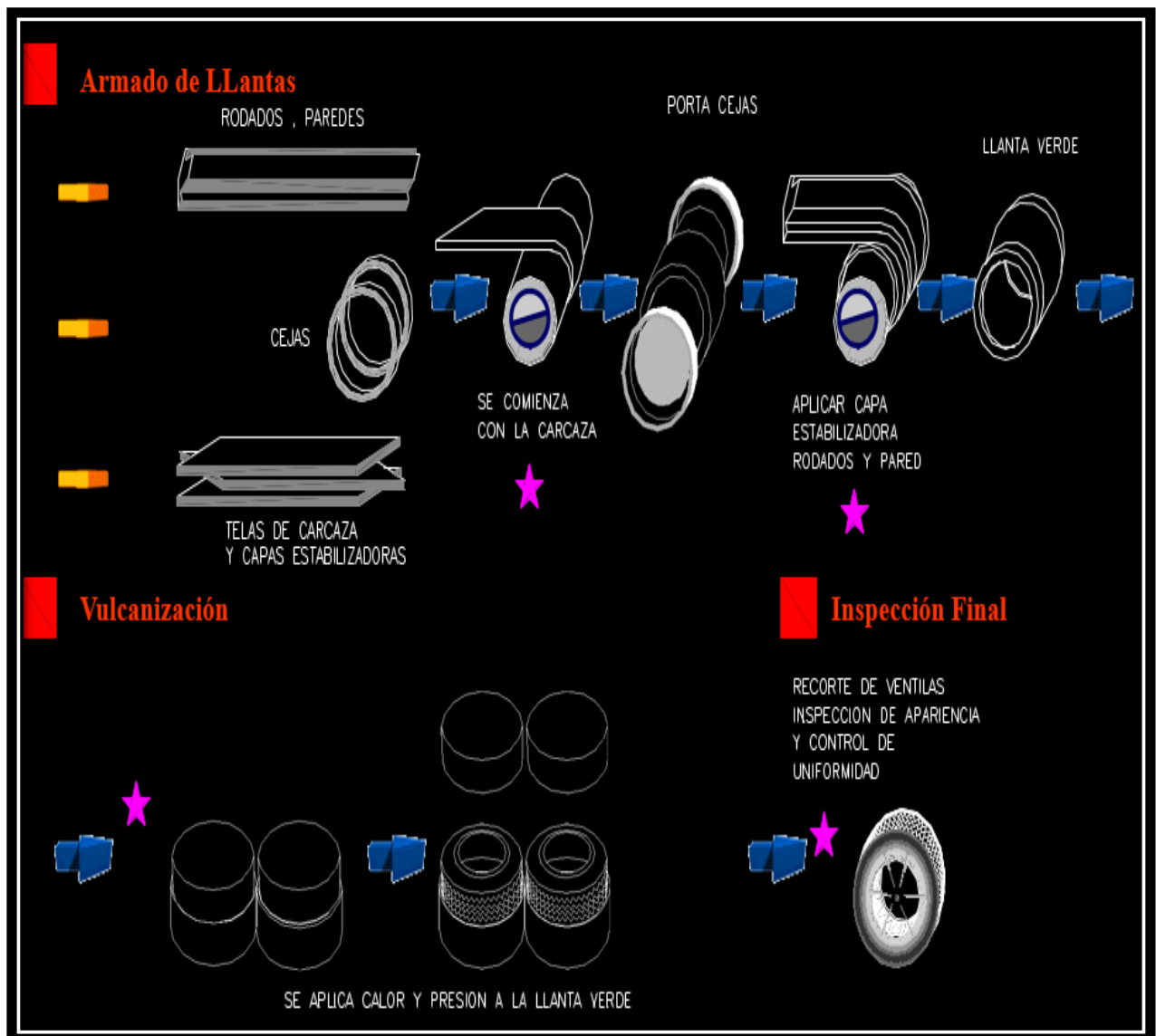


Ilustración 3 Proceso productivo, Bridgestone de Costa Rica

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Descripción del problema

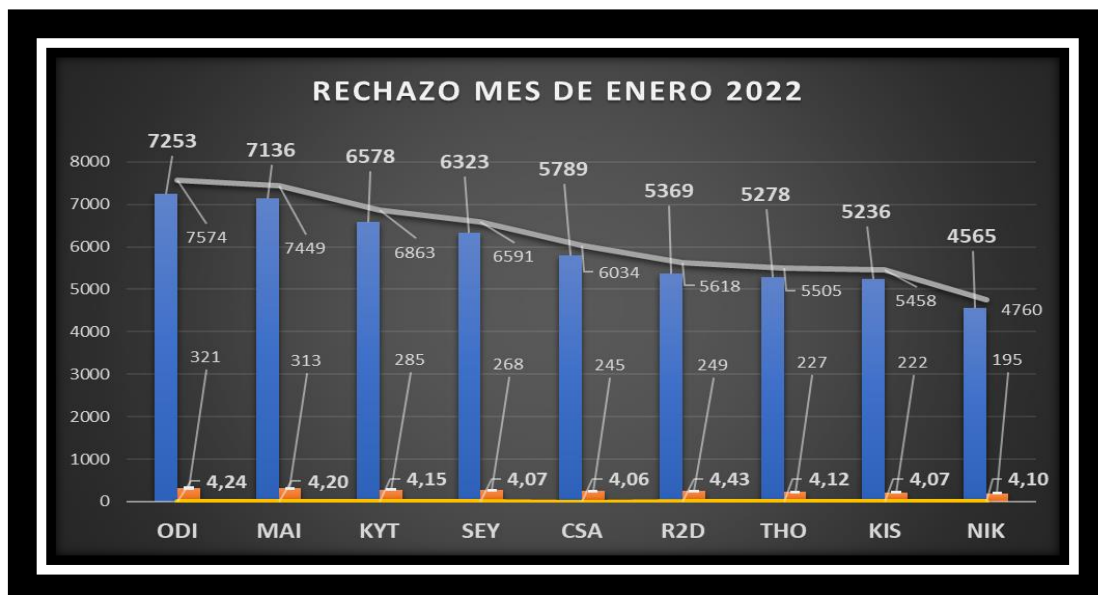
En esta sección se van a detallar las posibles variables que puedan estar generando el problema de balanceo no conforme en el área de inspección final, dado al aumento del rechazo de llantas en los últimos meses, se mencionara que se debe retrabajar, que zonas de la llantas no cumplen con el peso esperado y ciertas características propias para cada llanta, según la medición hecha por la Kokusai y valores obtenidos del balanceo realizado, para luego volver a balancear con el peso ajustado por el cemento una vez aplicado, por mes en promedio se rechaza alrededor de 3300 unidades, lo cual significa un aproximado de un 4% de producción establecida al mes para balanceo dinámico según datos del departamento de uniformidad, lo que a la vez viene a perjudicar cuando se dan los retrasos afecta en cierta forma el no cumplimiento del tiquete de balanceo diario aproximado de 3000 unidades.

Esto a su vez también viene a generar un alto consumo de materiales como lo son el cemento, solvente y pintura, para poder trabajar la llanta, con el fin de lograr que las llantas retrabajadas cumplan con el peso necesario, gracias al cemento colocado en la zona del sellante, con el objetivo de equilibrar el peso antes no obtenido, por ese tipo de actividades y conocimientos adquiridos, es que en Bridgestone de Costa Rica no es la excepción en temas de buscar continuamente mejorar sus procesos y por este motivo es necesario realizar ajustes en el presupuesto disponible del departamento en temas de gastos, con el fin de bajar el costo generado por el uso de los diferentes insumos que se utilizan para corregir y retrabajar algunas llantas como en el ejemplo anterior.

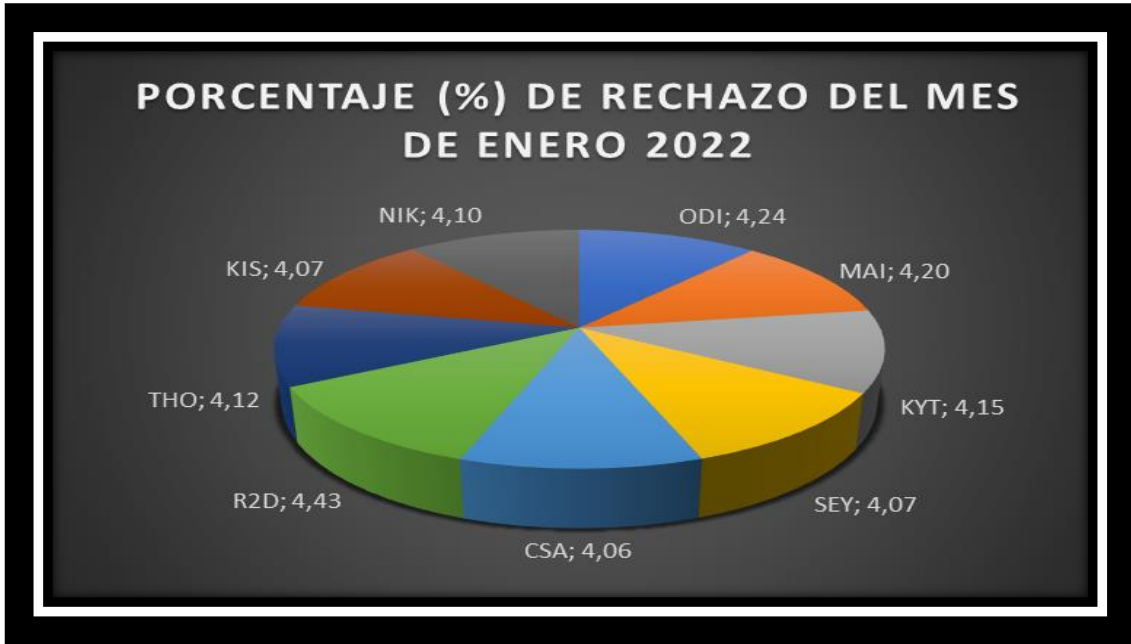
Por tal razón es que decimos que se requieren retrabajar las zonas con oportunidad, para poder volver a balancear aquellas llantas que son rechazadas al momento de realizarse la medición del balanceo estático, donde luego de que el cemento

seque por completo, todas las llantas retrabajadas serán de nuevo balanceadas por la Kokusai para garantizar que esta vez no serán rechazadas y que hayan alcanzado los valores de medición establecidos como llanta conforme balanceada en el departamento de inspección final.

El área de inspección final es un departamento filtro y de control de la calidad, siempre que busca realizar proyectos de mejora, que puedan generar crecimiento en temas de productividad y aprovechamiento de recursos, y que a su vez generen algún beneficio del cómo minimizar un poco aquellos gastos del área, por lo anterior, es que se trabaja mucho en proyectos en pro de mejorar y beneficiar el buen aprovechamiento de los insumos del área de una manera más consciente, se trata de hacer consecuentes a sus colaboradores en el manejo de los recursos del departamento. a continuación, se mostrará gráficamente el rechazo mes a mes desde enero hasta abril del presente año, para hacernos una idea de la importancia del proyecto:

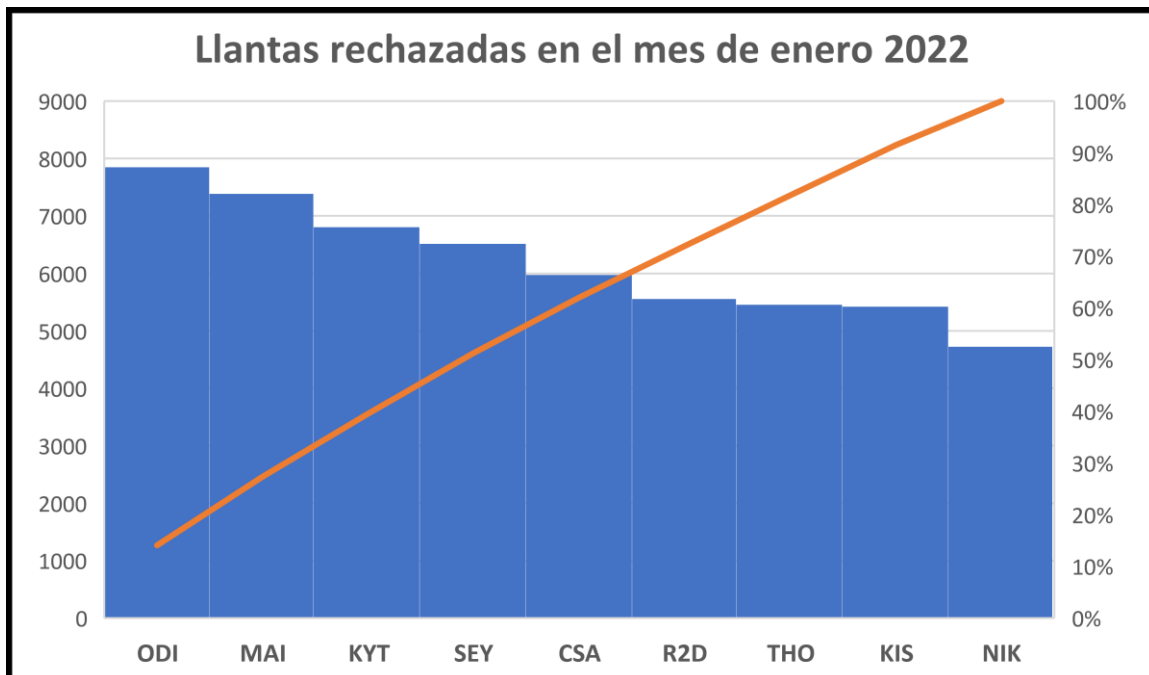


Gráficos 1 Llantas rechazadas mes de enero 2022



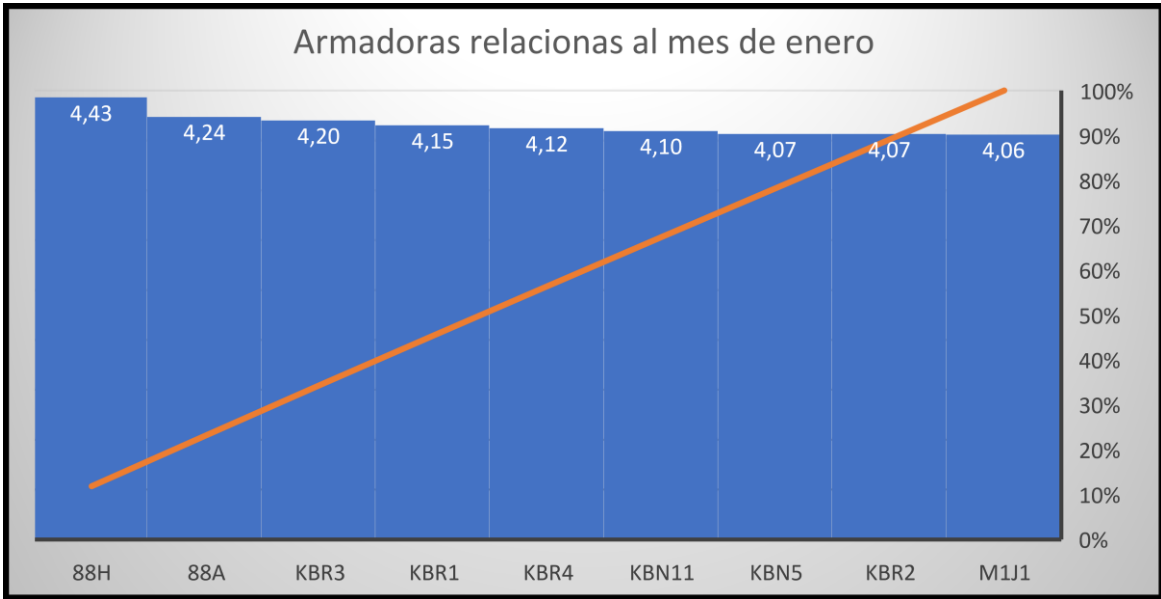
Gráficos 2 Porcentaje de balanceo no conforme enero 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



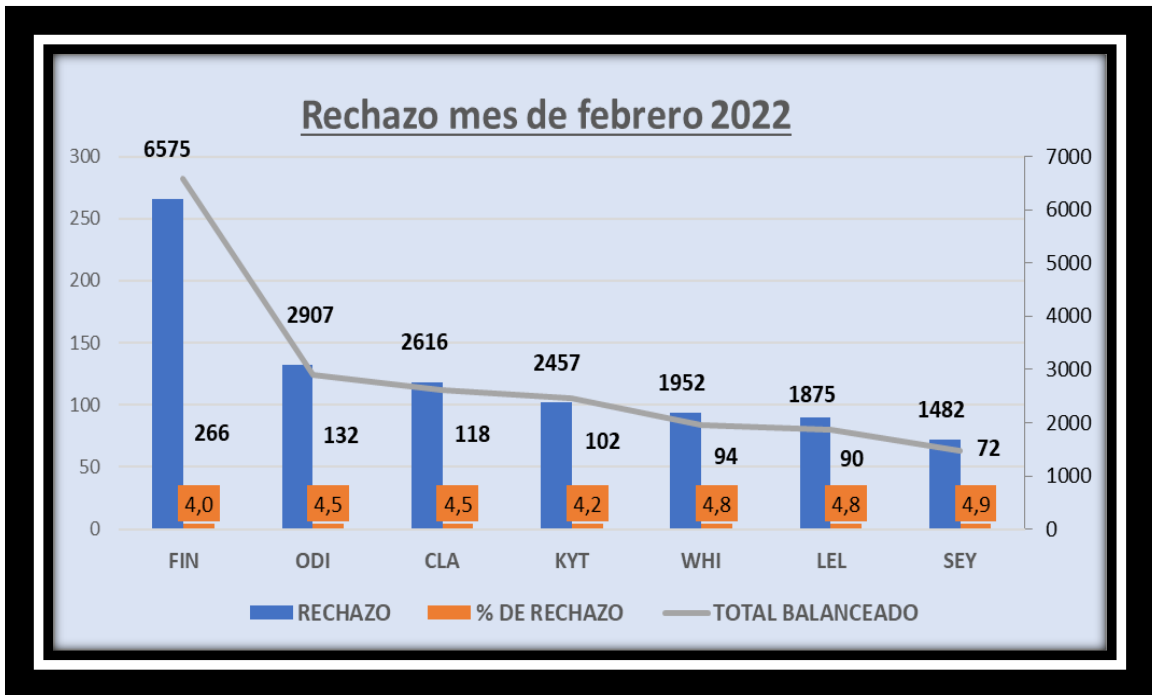
Gráficos 3 Pareto por medidas rechazadas enero 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



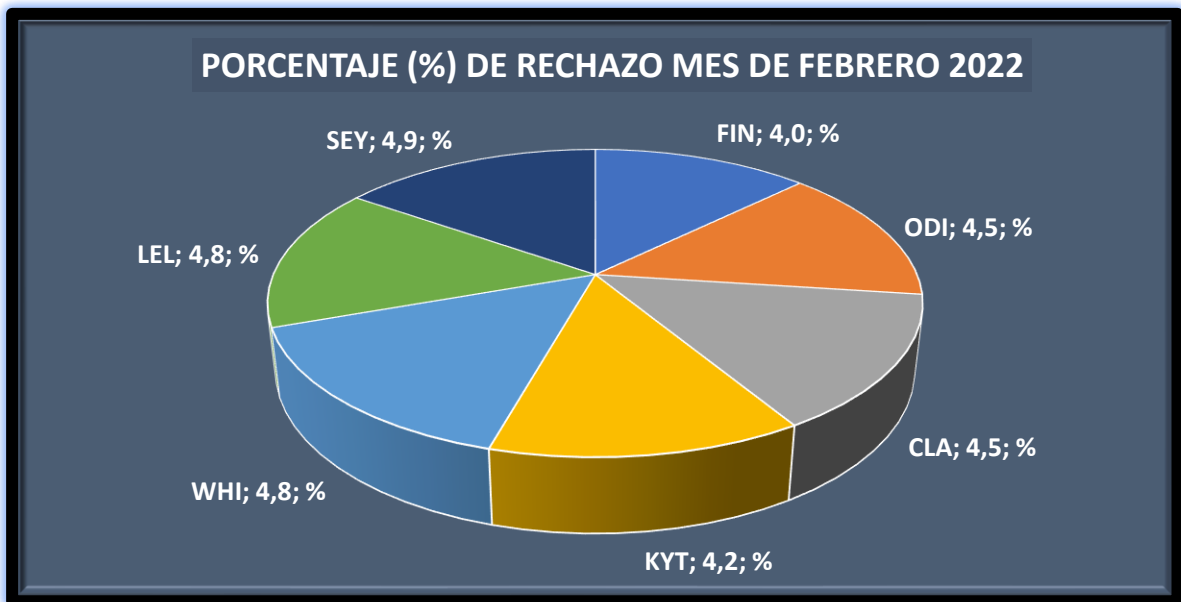
Gráficos 4 Armadoras relacionadas con las llantas armadas

Fuente: Elaboración propia, año 2022



Gráficos 5 Llantas rechazadas mes de febrero 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



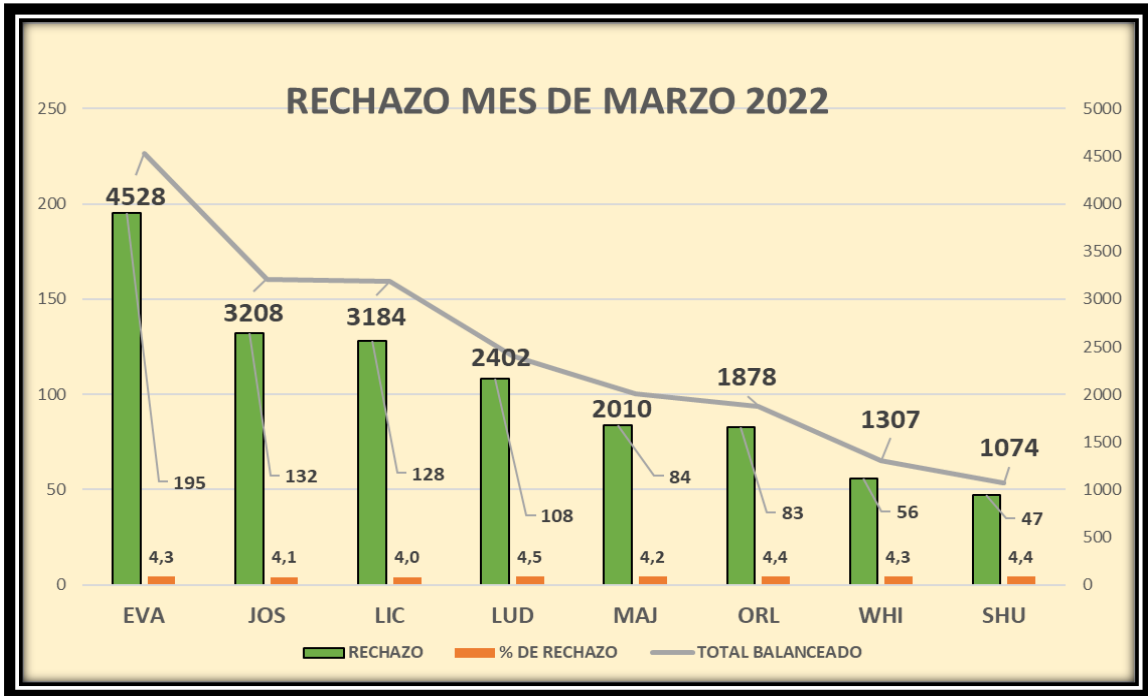
Gráficos 6 Porcentaje de rechazo mes de febrero 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



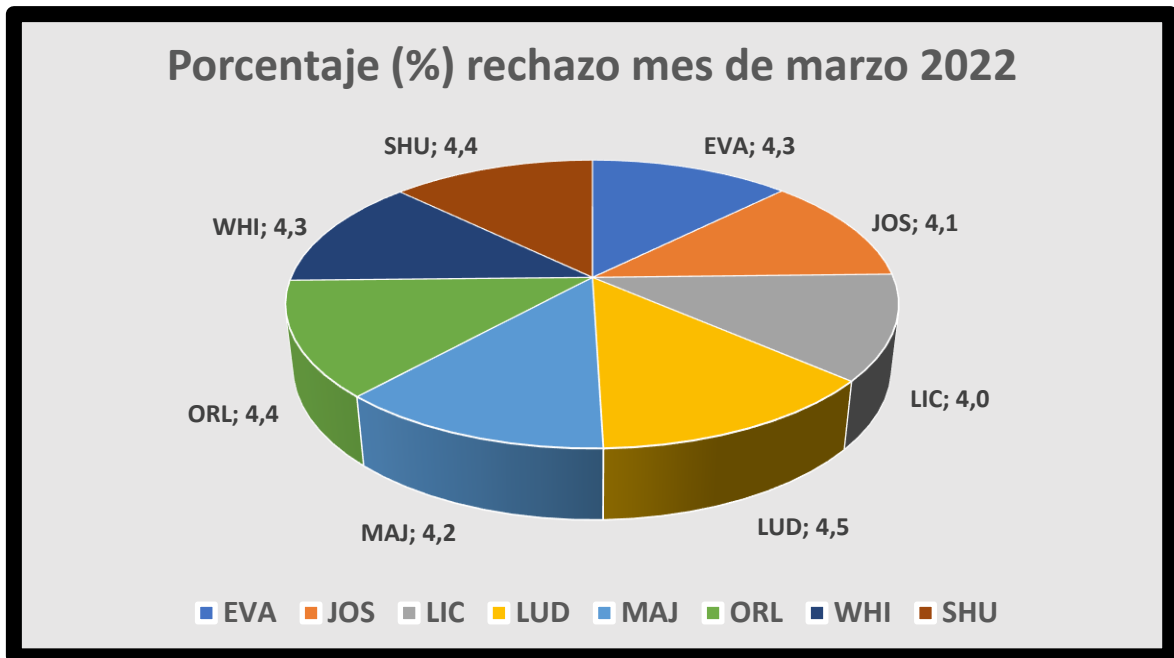
Gráficos 7 Armadoras relacionadas con rechazo mes de febrero 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



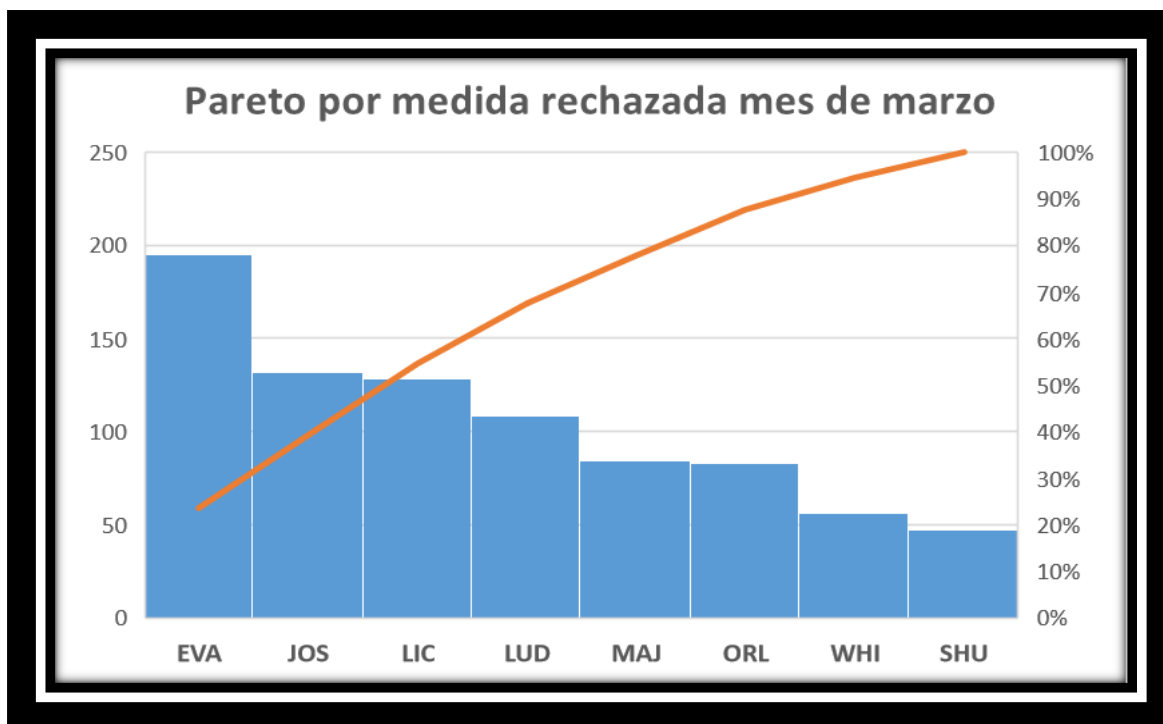
Gráficos 8 Llantas no conformes mes de marzo

Fuente: Elaboración propia, año 2022



Gráficos 9 Porcentaje de rechazo mes de marzo 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



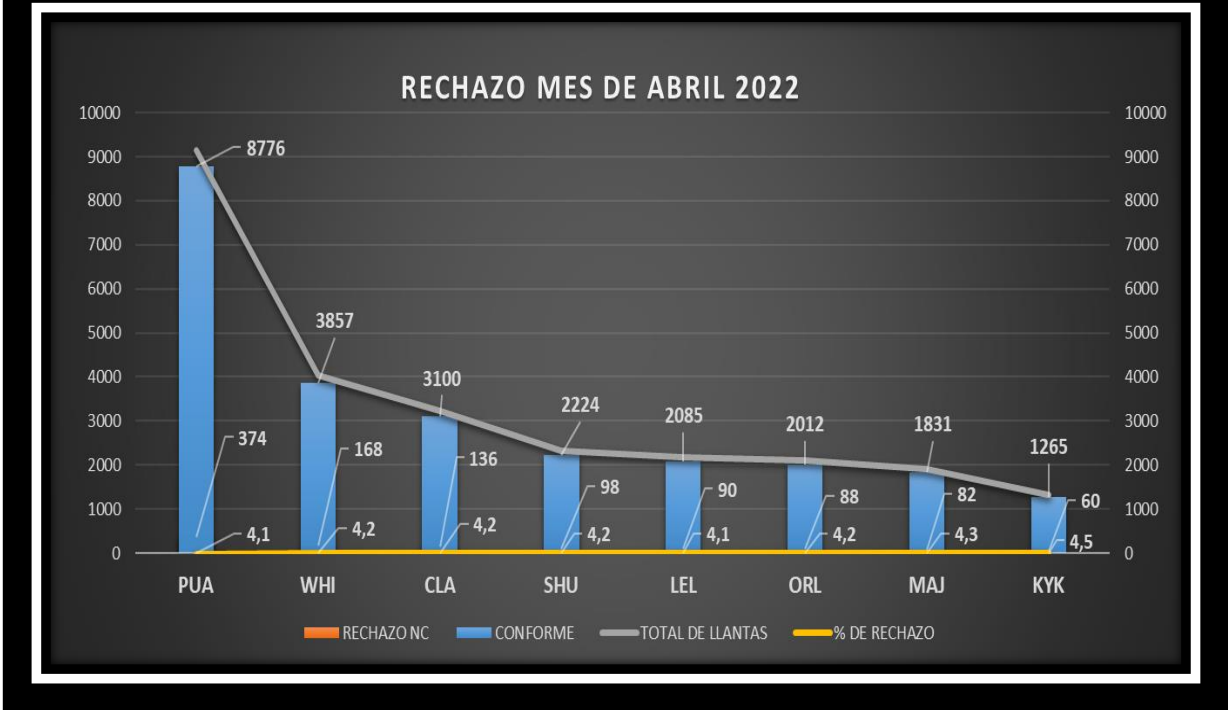
Gráficos 10 Pareto por medidas rechazadas mes de marzo 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



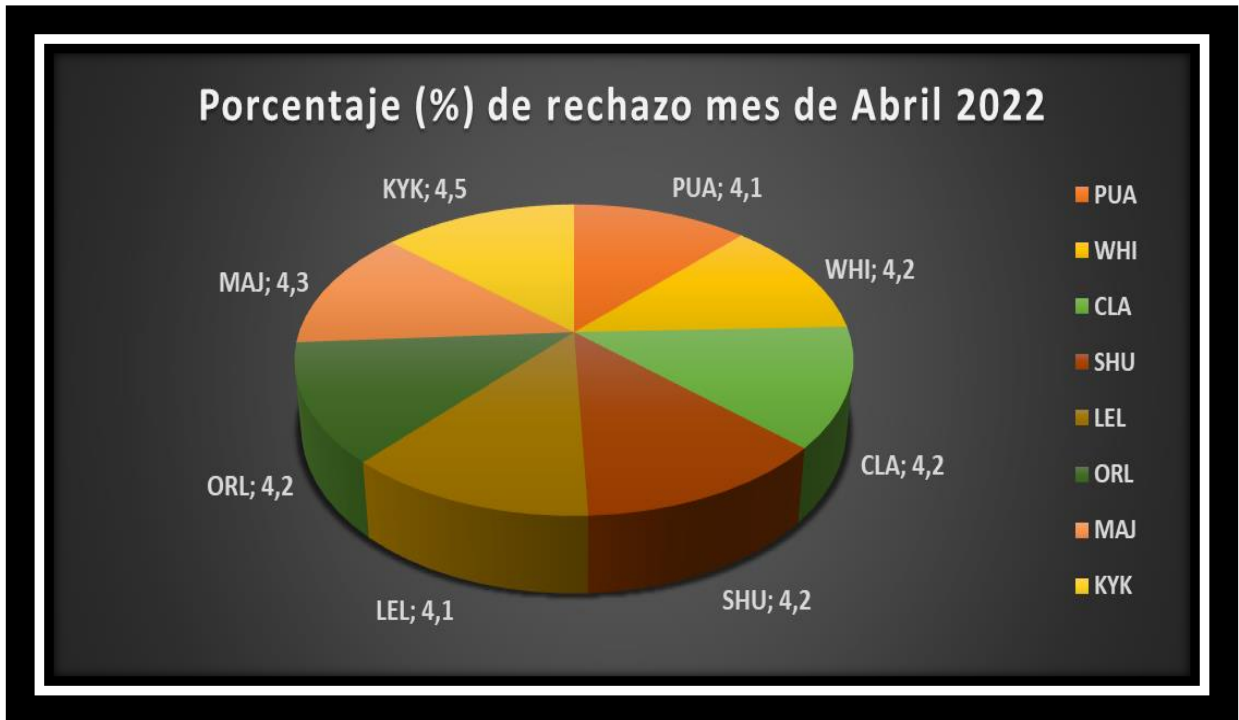
Gráficos 11 Armadoras relacionadas al rechazo, mes de marzo 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



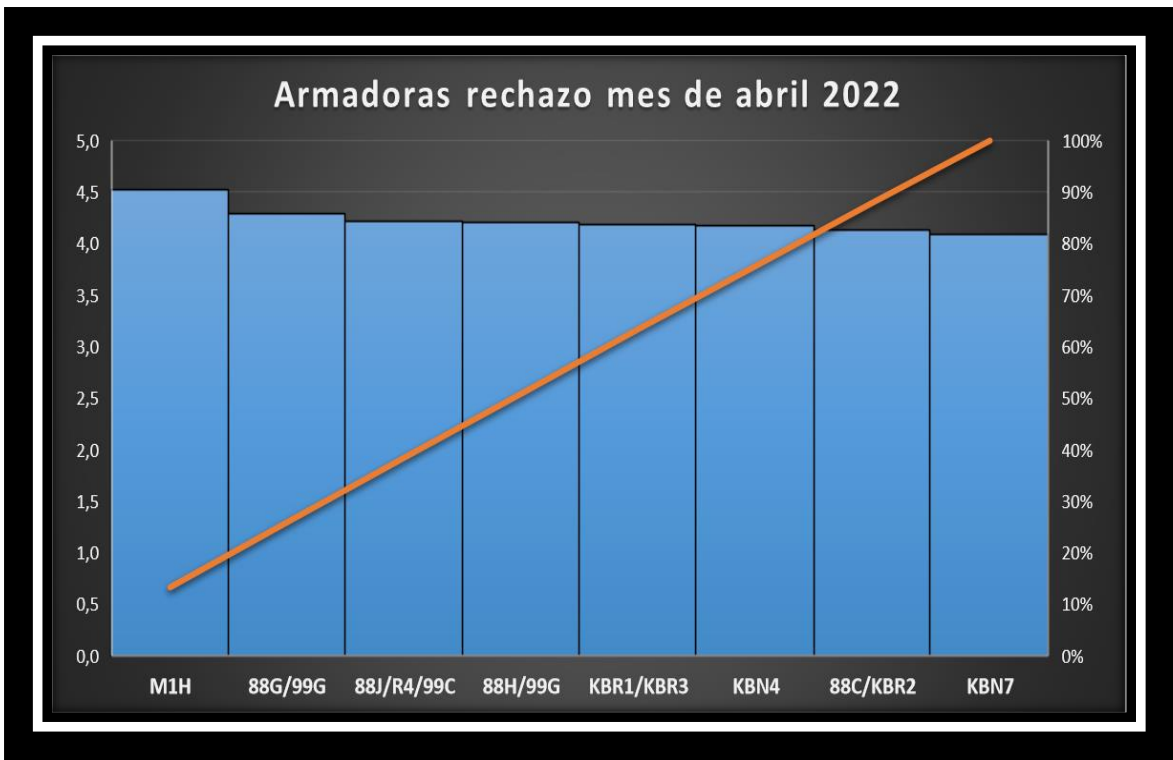
Gráficos 12 Llantas no conformes mes de abril

Fuente: Elaboración propia, año 2022



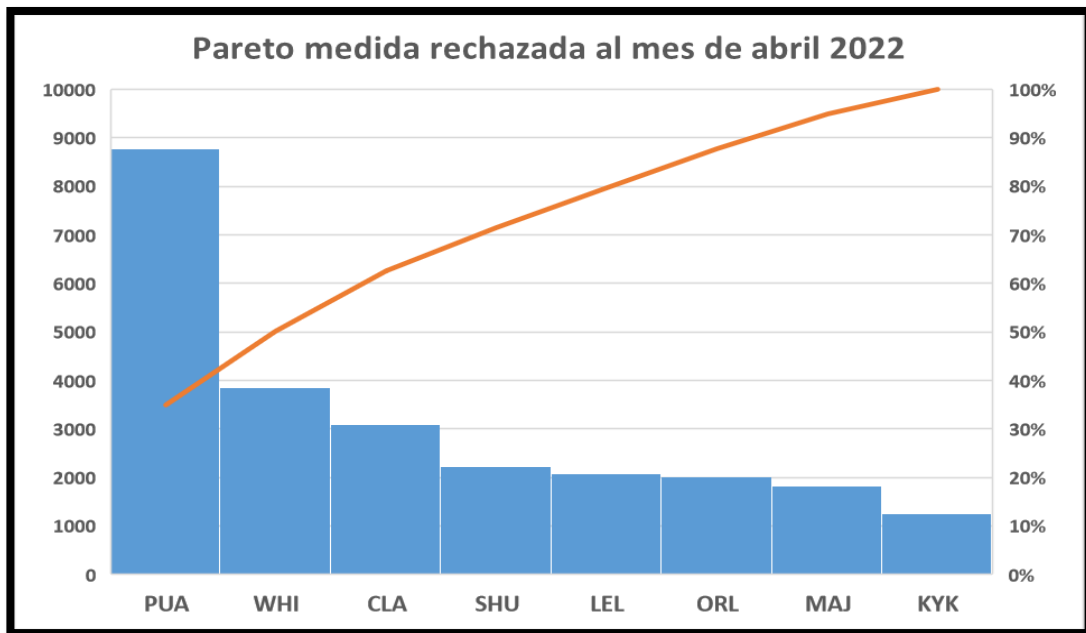
Gráficos 13 Porcentaje de rechazo no conforme del mes abril, 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



Gráficos 14 Armadoras relacionadas al rechazo, mes de abril 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



Gráficos 15 Pareto por medidas del mes de abril 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022

1.3.2 Justificación del problema.

En la actualidad se presentan diferentes tipos de demoras en la máquina Kokusai, por diferentes factores, También se dice que estas demoras han venido a generar en muchas ocasiones que se dejen de balancear gran cantidad de llantas por turno y por ende no se logró el objetivo de balanceo diario, se considera, de suma importancia determinar todas aquellas demoras, tabular las misma para conocer que tanto tiempo se pierde o se pueda recuperar, si se realizan las mejoras planteadas en este proyecto de estudio.

Según opinión de los mismos operadores de la máquina Kokusai, cuando se realiza un cambio de adaptador, eso se vuelve difícil en temas de esperas, en cuanto a tiempos se refieren, según comunican que cuando se realiza el cambio de aro se atrasa en ocasiones por largos tiempos, debido a que los compañeros de mantenimiento no tienen muy claro la información necesaria para realizar el cambio, ya que hay un desconocimiento debido a que quienes realizan el cambio en sistema de primero es el departamento de Uniformidad, lo cual en ocasiones provoca confusión en la disponibilidad de algunos mecánicos, y cuál es el proceder ante el cambio, debido a que hay personal nuevo en el área y la máquina también es relativamente nueva y le habían instalado algunas funciones que antes no realizaba, por lo cual es de suma importancia sugerir una buena capacitación al personal de mantenimiento y una buena comunicación con algún experto en la máquina Kokusai.

Muchas veces hay una serie de requerimientos no muy claros para solicitar la máquina y para entregarla existen otros, lo cual provoca en algunas ocasiones descontento en dos vías, de una parte los de mantenimiento y por otra los supervisores del área, que saben que deben parar la máquina, debido al cambio de aro, ya que según el Genba realizado en el departamento no existe un plan de mantenimiento preventivo ni correctivo establecido para la máquina, lo cual genera cierto malestar, porque muchas veces que se

le debe hacer algo a la máquina, se informa justo cuando falla por completo o bien los cambios son informados minutos antes de arrancar y eso genera cierto disgusto, ya que los mecánicos tenían tareas asignadas para el turno, pero si se da el cambio de adaptador deben dar prioridad al cambio solicitado.

Cada vez que se realiza un cambio de aro, al finalizar el equipo de mantenimiento y de calibración, posterior al mismo se debe entregar la máquina a los operadores de Kokusai, estos deben garantizar todas las llantas patrón del adaptador nuevo instalado hasta que todas cumplan con los valores y parámetros establecidos en cada una de ellas, se inicia de nuevo el balanceo en modo automático, lo cual en muchas ocasiones este cambio de adaptador, más el pasar de las llantas patrón, generan una demora muy grande de varias horas, hasta de casi medio turno entre las dos actividades antes mencionadas, las cuales al final, vienen a generar gran cantidad de inventario que no se puede balancear durante ese turno, que al final también genera sin querer el no cumplimiento del tiquete del día, en cuanto a la cantidad de llantas esperadas por balancear.

Mencionar también que las llantas patrón actuales disponibles por adaptador, requieren revisión y algunas presentan oportunidad de mejora (cambio de llanta), ya que, según algunos operadores, hay algunos estilos que sería bueno ir cambiándolos para volver a calibrar un nuevo lote de llantas patrón, para conocer que tanto han cambiado los valores según materiales utilizados en el área de armado, y así poder realizar un nuevo MSA, (¿Un MSA es un sistema de medición, ¿qué mide? El MSA mide la Repetibilidad, la Reproducibilidad, el Sesgo, la Estabilidad, la Resolución y la Linealidad de un Sistema de Medición), que quizás ayude con los nuevos valores obtenidos que a la postre puedan brindar, mejores resultados de balanceo dinámico, traducido en menos rechazo y mayor aumento de la productividad en la máquina.

1.3.3 Definición del problema

En el departamento de inspección final, las llantas que presentan oportunidad de mejora en temas de retrabajo por balanceo no conforme son detectadas por los operadores del área de TUO y Kokusai, ya que estas se agrupan en la banda de rechazo una vez que fueron obtenidos los valores de balanceo, las cuales se escanean para conocer el valor obtenido de balanceo por el cuál fue rechazada y a su vez, se podrá conocer el área donde debe colocarse el cemento y según valores del balanceo se determina si se requiere de una o dos pasadas de cemento, para evitar un nuevo rechazo, al momento de volver a balancear las llantas rechazadas.

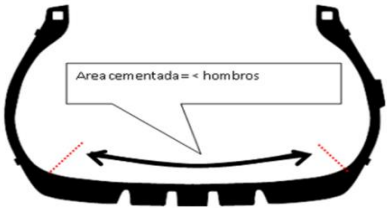

Rework

CEMENT APPLICATION
The cement have to be applied in 2 parts of 30ml (Total 60ml = Max)

DRYED
Time 12h or 1h with a dryer or a fan.
The tire need to be in vertical position, with the rework area in the lowest position.

BALANCE INSPECTION
The tire have to be balance to pass or reject.

FINAL INSPECTION
After dried, the rework area have to be painted and inspected.



BRIDGESTONE

Copyright © 2017 Bridgestone Corporation | May 11, 2022 24

Ilustración 4 Pasos para realizar el retrabajo llantas rechazadas

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial

Importante mencionar que al momento de proponer soluciones de mejora, si estas son tomadas en cuenta, se podría ayudar a evitar futuros aumentos en temas de rechazo, y a su vez, se generaría un aumento en la producción de llantas balanceadas, por lo anterior es de suma importancia entender muy bien el proceso de la Kokusai para brindar futuras capacitaciones acerca del buen manejo y control de la máquina, y como meta se plantea estandarizar todas aquellas actividades por parte de los distintos operadores involucrados con el flujo constante de balanceo estático, no es solo corregir el problema, sino también la idea es poder prevenirlo según opinión de muchos de los entrevistados y operadores de la balanceadora.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General

Desarrollar un plan de mejora que permita la reducción del rechazo por balanceo no conforme, mediante la ayuda de la metodología Seis Sigma, con el fin de lograr reducir el rechazo en un 50% según la tendencia y desviación estándar analizada desde enero hasta abril del año 2022.

Objetivos Específicos

- Determinar los tipos de llantas que presentan mayor cantidad de rechazo y a su vez conocer las armadoras donde fueron ensambladas en los últimos 4 meses de análisis.
- Identificar las principales variables, que puedan estar afectando el balanceo, tanto en el área de armado, como en el área de inspección final en la máquina Kokusai.
- Incluir un programa de 5s, los chequeos de la balanceadora Kokusai antes de cada inicio de turno, con la intención de que la máquina empiece a laborar en condiciones óptimas.

- Atacar las variables de mayor impacto, para obtener resultados deseados en poco tiempo, y que ayuden al mejoramiento del balanceo, y a su vez ayuden con la disminución del rechazo.
- Capacitar y entrenar a las 4 cuadrillas en cuanto al manejo y la operación de la balanceadora Kokusai, con el fin de crear un estándar operativo, para que todos realicen siempre las mismas actividades y así evitar retrabajos innecesarios por desconocimientos operativos y técnicos.
- Mejorar el ensamblado de las medidas que presenten mayor oportunidad, en cuanto al rechazo obtenido, con el fin de obtener una mejor uniformidad y balanceo estático.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcance

El proyecto se realizará en el departamento de inspección final, sin embargo, el principal objeto de análisis tiene que ver con el departamento de armado, ya que es en esta área de ensamble de materiales donde se genera gran parte del problema, pero en físico ya con las llantas vulcanizadas en el departamento de inspección final, cuando se presentan llantas rechazadas por balanceo no conforme, este proceso será explicado de manera más detallada en los siguientes capítulos de este documento.

El alcance esperado tiene como fin validar la colocación de materiales según spot (hoja guía de trabajo, establecida para determinar la colocación correcta de los materiales según corresponda, es propia de cada máquina y estilo por medida para ensamblar de manera correcta y a la vez controlar que el armado sea el esperado), el fin de utilizar esta hoja spot es para garantizar la colocación correcta de materiales, con el afán de evitar uniones fuera de especificación y que algunos materiales queden montados y mal estichados, las uniones no deben quedar muy cerca, para poder evitar rechazos de balanceos futuros, también busca impactar directamente la generación de llantas con oportunidad de mejora.

También a la vez se busca evitar el consumo de insumos de manera tan seguido, ya que para poder realizar el retrabajo se requiere de los siguientes elementos como lo son: cemento, disolvente y pintura negra para corregir problemas de peso en el balanceo obtenido una vez balanceadas las llantas.

El objetivo es claro, mejorar todas aquellas variables que están afectando el balanceo en los últimos meses, como beneficio se puede obtener una disminución de llantas rechazadas, que a su vez va a generar un aumento en tiquete mensual esperado de llantas balanceadas, evitara paros de máquinas y sobre todo disminuye el consumo de insumos para corregir dicha anomalía presentada.

1.5.2 Limitaciones

Por temas de producción se presenta la limitante de que en estos momentos no se dispone de mucho recurso asociado al tiempo para detener la máquina por completo un turno por mencionar un ejemplo, debido a la alta demanda de llantas que requieren balanceo en la máquina Kokusai.

El uso de la información, datos recopilados, fichas técnicas, practicas estándares, instrucciones de trabajo, algunas ayudas visuales para el proyecto están limitadas por completo, razón por la cual se está trabajando con aproximaciones a los datos reales, debido a las políticas de confidencialidad y difusión de la información, lo que genera que se deba de estar validando continuamente este documento con el área legal para lograr tener la aprobación de lo que se publica en él.

Dentro de las principales limitaciones se encuentran la implementación de nuevas tecnologías al proceso de cambios de adaptadores para balancear diferentes medidas, ya que si bien es cierto son oportunidades que presenta para máquina, pero sin embargo al día de hoy estos cambios se realizan de manera manual, aun así teniendo en la máquina tecnología para que estos cambios se realicen de manera automática, lo cual genera una gran inversión de tiempo al hacerlo manual y demoras no controladas en ocasiones, debido al tiempo mínimo requerido para activar esta opción para la Kokusai y los costos económicos asociados para lograr cumplir el cambio de software y todo lo que requiera la máquina para activar también la modalidad del cambio automático, algo importante de mencionar es que el estudio y tamaño de la muestra depende directamente de la producción de las medidas que se analizarán en cuanto al rechazo y esta depende de la demanda del mercado por lo que se puede ver afectada, si mes a mes son otras las medidas con oportunidad de mejora, en temas de balanceo.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL Y RELATIVO A LA CARRERA.

Este capítulo permitió identificar y a la vez ayudó a definir los conceptos referentes a la carrera de la Ingeniería Industrial y las diferentes herramientas que se utilizan en el desarrollo y la investigación de aquellos datos relevantes para el proyecto, así como toda la metodología aplicada en las diferentes fases de análisis de este.

2.1.1 Ingeniería Industrial

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 práctica en función de satisfacer y dar soluciones a las necesidades humanas día con día.

Según autor (Stincer Gómez, Introducción Ingeniería Industrial, tercer milenio, año 2012, pág. 12), la ingeniería es la disciplina profesional de la aplicación de la ciencia y todo el conocimiento humano para la conversión óptima de los recursos naturales en beneficio del hombre. Es definida también como el arte profesional de la aplicación de la ciencia para la conversión óptima de los recursos naturales.

Se puede definir como un conjunto de principios, reglas, normas, conocimientos teóricos y prácticos aplicados para disponer de los recursos materiales y los procesos realizados dentro de la industria con el propósito proyectar, diseñar, evaluar, planear, organizar, operar equipos para transformarlos en bienes, y servicios que puedan satisfacer las necesidades o requerimientos del cliente. La ingeniería industrial es importante en el momento de ejecutar o planear cambios en los procesos generados por la globalización e internacionalización, caracterizados por el cambio de los estándares que de alguna forma afectan las realidades del país y por ende las realidades locales. (Valecia Giraldo, 1999).

Entonces en otras palabras, la podemos definir como un conjunto de principios, reglas, normas, conocimientos teóricos y prácticos aplicados para disponer de los recursos materiales y los procesos realizados dentro de la industria con el propósito de proyectar, diseñar, evaluar, planear, organizar, operar equipos para transformarlos en bienes, y servicios que puedan satisfacer las necesidades o requerimientos del cliente.

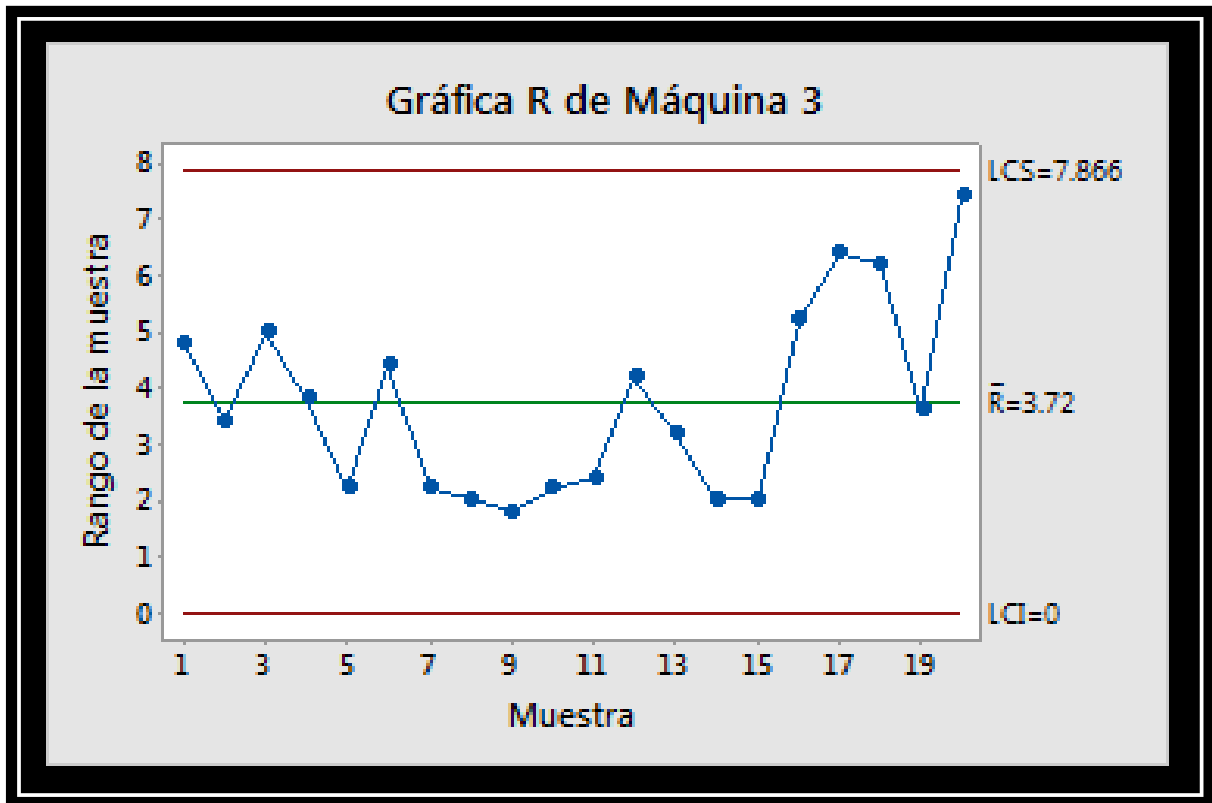
2.1.2 Control de la calidad

El control de la calidad es la parte técnica que nos ayuda a establecer límites para monitorear de forma constante las variables más críticas de calidad de un bien o servicio, además los límites de control son primordiales para conocer si el producto se está desempeñando de forma correcta y si este no tiene un patrón de comparación. (Acuña Jorge, un enfoque integral, cuarta edición, 2012), afirma que el control de calidad es el conjunto de actividades que se realizan sobre un proceso o producto con el fin de verificar que este se encuentra dentro de los límites fijados por un patrón previamente establecido.

Para la realización conveniente de un control se deben recolectar datos, analizarlos por medio de métodos científicos para posteriormente ser comparados contra un patrón y poder obtener conclusiones y recomendaciones utilizando no solo los datos suministrados si no también la experiencia generada por quien va a tomar la decisión; para poder realizar un control de calidad dentro de un proceso, se debe aplicar herramientas ingenieriles y tener claro conceptos estadísticos.

2.1.3 Gráficos de control

Es un gráfico muy sencillo, de rápida construcción y aplicación, este facilita el análisis de los datos representando mediante barras los límites reales en el eje “y” y la frecuencia (Absoluta o relativa) en el eje “x”. Por su parte el gráfico de control es una representación gráfica que muestra cronológicamente el comportamiento de una o más características de la calidad, fijando sus límites por el comportamiento histórico de la producción y los valores de calidad establecido. Menciona Acuña (2009)” Los datos que se grafican y que proviene de muestreos estadísticos que deben de comportarse dentro de los límites para que mantengan su variación natural” pág.199.



Gráficos 16 Grafico de control del proceso

Fuente: Google imágenes, gráfico de control (R) - Google Search

2.1.4 Diagrama de Pareto

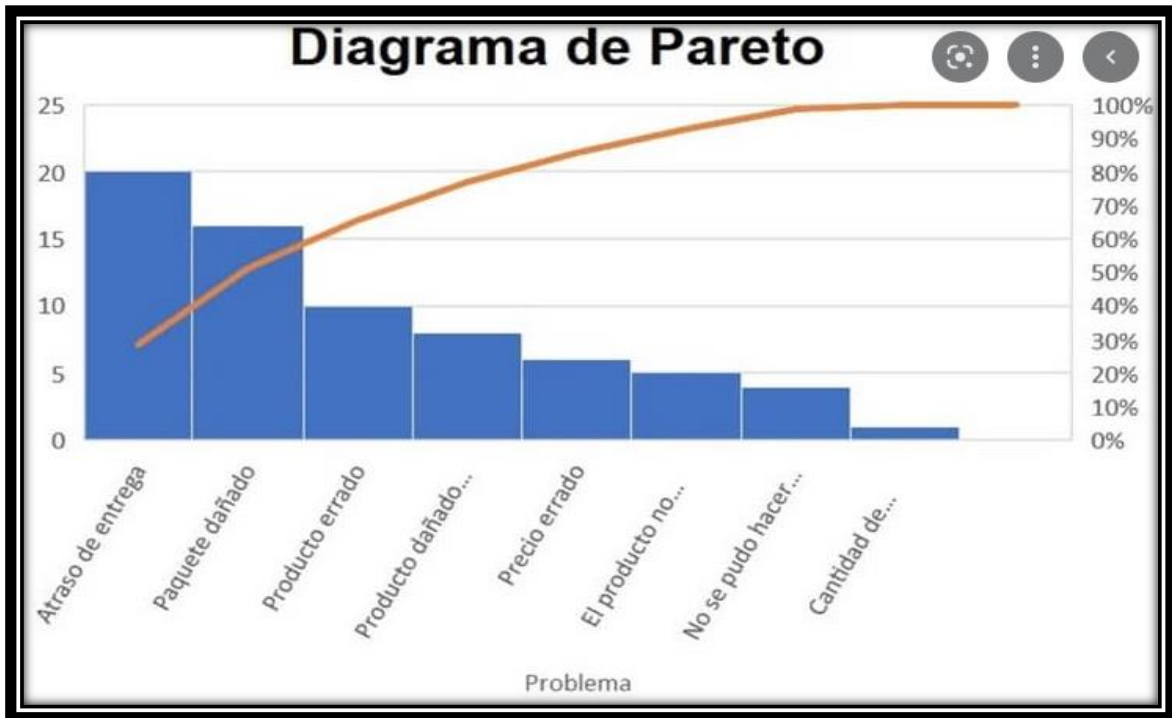
El Diagrama de Pareto es una herramienta útil para enfocar los esfuerzos hacia la búsqueda de la causa o causas que ocasionan un problema, entre un gran número de posibilidades, con la finalidad de identificar cuáles de ellas son las verdaderamente importantes (las pocas causas vitales) y cuáles no son relevantes, (las muchas causas triviales).

La herramienta se llama así en honor al economista italiano Vilfredo Pareto, quien, al estudiar la distribución de la riqueza a finales del siglo XIX, observó que en su país el 80% de las propiedades estaba en manos de sólo el 20% de la población, de aquí por qué también se le conoce al principio de Pareto como la ley del 80-20.

Elaboración del Diagrama de Pareto para elaborar el diagrama pueden llevarse a cabo los pasos siguientes (Kume,1992; Izar y González, 2004; Brassard y Ritter, 1994)

También conocido como el diagrama de ochenta veinte porque el gráfico puede mostrar una relación donde el 80% de los problemas de un objeto de estudio son debido a un 20% de las causas posibles Afirmar Acuña. (2009)

- De 0% a 80% Se denominan características críticas.
- De más de 80% a 90% Se denominan características mayores.
- De más de 95% a 98% Se denominan características menores.
- De más de 98% a 100% Se denominan características críticas



Gráficos 17 Diagrama de Pareto

Fuente: Google imágenes, diagrama de Pareto - Google Search

2.1.5 Equipo de Control Funcional (Control Funcional Team).

El equipo multidisciplinario o CFT se define como cualquier grupo de personas que trabajan en diferentes ramas o departamentos para alcanzar un objetivo común. Por ejemplo, el ingeniero industrial, los eléctricos, mecánicos, crean un grupo para mejorar la distribución de planta, así como mejorar el flujo de materiales a otro departamento. (Manufactura Inteligente, 2015). Un equipo de trabajo ideal tiene una serie de características que se deben mencionar, cuyo objetivo es:

El equipo sabrá hacia dónde va y promoverá la unión del equipo para alcanzar lo que se ha propuesto como meta lograr y de paso se mide sus resultados por indicadores.

2.1.6 Ciclo de la calidad (ocho pasos en la solución de un problema)

El ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) es de gran utilidad para estructurar y ejecutar proyectos de mejora de la calidad y la productividad en cualquier nivel jerárquico en una organización. En este ciclo, también conocido como el ciclo de Shewhart, Deming o el ciclo de la calidad, se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear), éste se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer), se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar) y, de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan si dio resultado y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo (Humberto G. tercera edición. 2010 p.120).

ETAPA DE CICLO	PASO NÚM.	NOMBRE DEL PASO	
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, hoja de verificación, histograma, carta de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cuáles la causa más importante	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d. de Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	Por qué ... necesidad Qué ... objetivo Dónde ... lugar Cuánto ... tiempo y costo Cómo ... plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, carta de control, hoja de verificación
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, hoja de verificación, cartas de control.
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

Ilustración 5 Ciclo de la calidad

Fuente: (Humberto G.2010 p.121)

2.1.7 Planear

Lo primero que se debe realizar en esta etapa es seleccionar y caracterizar el problema que nos interesa resolver o con alta relevancia, posterior a esto debemos de delimitarlo y ver en cuales términos se trabajará este, para intentar solucionar y para esto se debe de recurrir a los datos estadístico que se tengan. Además, debemos de tener claro el impacto económico que se pueda generar y la relevancia que tiene hacia los clientes. Por último, se establecen los objetivos del proyecto y se conforma el grupo de trabajo asignado para trabajar en la problemática encontrada.

Se debe buscar todas las posibles causas, pero no se analizarán en detalle en este momento. En esta parte es recomendable realizar una lluvia de ideas sobre la problemática general. Investigar cuales de las causas son más relevantes. El aspecto más importante se debe priorizar, para contrarrestar las causas de mayor impacto, utilizando el apoyo de herramientas estadísticas que nos ayude a filtrar la información para no perder el enfoque de la solución que buscamos y al final poder tener identificado las variables en las que se trabajaran en el siguiente paso. Donde se elaborará el plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes. Para este paso se deberá de definir las soluciones a cada una de las variables identificadas como relevantes, estas contramedidas deberán de ser efectivas para que lleguen a atacar la causa raíz del problema. Estas soluciones establecidas partirán de pasos previos a este. Para llevar a cabo las contramedidas se deberán de tomar en cuenta una serie de regulaciones para garantizar la misma estos aspectos son: costo, tiempo, medición e impacto.

2.1.8 Hacer

Para llevar a cabo las medidas remedio se debe seguir al pie de la letra el plan elaborado en el paso anterior, además de involucrar a los afectados y explicarles la importancia del problema y los objetivos que se persiguen. Algo fundamental a considerar en el plan de implementación es que las medidas remedio primero se hacen a pequeña escala sobre una base de ensayo, si esto fuera factible.

2.1.9 Verificar

En este paso se debe verificar si las medidas remedio dieron resultado. Para ello es importante dejar funcionar el proceso un tiempo suficiente, de tal forma que los cambios realizados se puedan reflejar y luego, mediante una técnica estadística, comparar la situación antes y después de las modificaciones. Si hubo cambios y mejoras en el proceso, es necesario también evaluar el impacto directo de la solución, ya sea en términos monetarios o sus equivalentes.

2.1.10 Actuar

Prevenir la recurrencia del problema, en esta etapa se analizan los datos recopilados y si no generaron un impacto positivo, se revisa la información nuevamente para generar mayor conocimiento, aprender de este y recapitular para iniciar nuevamente el proceso. Si la contramedida fue efectiva debemos de estandarizarla para que esta se replique y se respete en todas las áreas posibles, con el fin de maximizar la mejora y lograr mejores resultados.

Conclusiones. Para este paso realizamos una recopilación de la información para cuantificar los logros (cualitativos y cuantitativos). También se deberá de indicar las

variables adicionales que no se lograron abarcar e indicar posibles soluciones a la problemática y finalmente elaborar un listado de todos los beneficios obtenidos, ante la tarea de buscar soluciones a problemas detectados (Humberto G. tercera edición. 2010 p.123)

2.1.11 Diagrama de flujo.

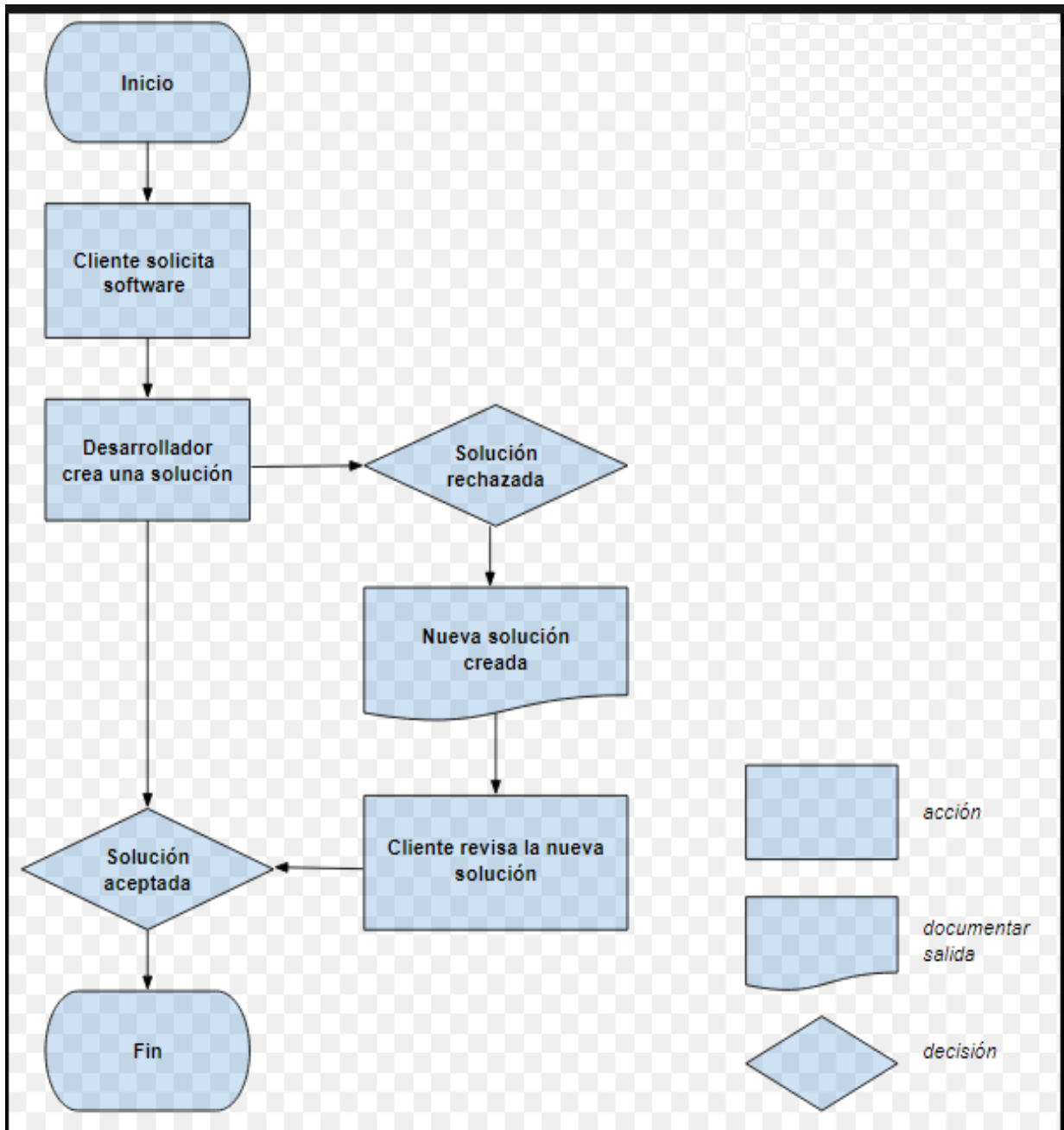
Herramienta para simbolizar un flujo de datos y su función es describir una operación y la secuencia con la que ocurre o se resuelve el problema dado. Según Niebel & Freivalds (2009) el diagrama de flujo es útil para registrar aquellos costos que no son mostrados como, por ejemplo, los retrasos, los almacenamientos temporales.

Esta representación es unida por flechas que dan dirección para el mayor entendimiento, y cada paso del diagrama de flujo es representado por diferentes símbolos y su descripción. Entre sus beneficios es dar un mejor entendimiento y generar una mejor comunicación. Según Montenegro (2012), en su presentación Diagramas de flujo, especificaciones y diseño de proceso existen 3 tipos de Diagrama de flujo que se pueden utilizar:

Flujograma primer nivel: Muestra los pasos principales de un proceso y puede incluir también los resultados intermedios de cada paso (el producto o servicio que se produce) y los sub-pasos correspondientes. Se usa para obtener un panorama básico del proceso e identificar los cambios que se producen en el proceso.

Flujograma segundo nivel: Indica los pasos o actividades de un proceso, incluye, además: puntos de decisión, períodos de espera, insumos y resultados. Se utiliza para examinar áreas del proceso en forma detallada y para buscar problemas o aspectos ineficientes.

Flujograma de ejecución o matriz: Representa en forma gráfica el proceso en términos de quién se ocupa de realizar los pasos. Tiene forma de matriz e ilustra los diversos participantes y el flujo de pasos entre esos participantes. Es muy útil para identificar quién proporciona los insumos o servicios.



Figuras 7 Diagrama de flujo

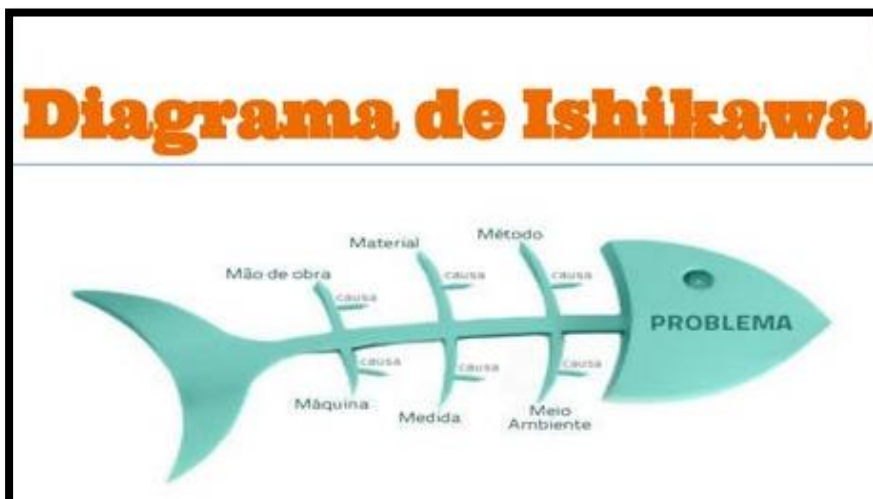
Fuente: [diagrama de flujo - Google Search](#)

2.1.12 Diagrama de Ishikawa

Conocido también como el diagrama de causa- efecto o diagrama de espina de pez. Permite representar y organizar gráficamente las causas de un problema. Este gráfico está basado en la técnica de las 5 M's y dependiendo del sector se puede llegar hasta 7 M's que constituyen:

- Mantenimiento
- Materiales
- Maquinaria
- Medición
- Métodos
- Medio ambiente
- Mano de obra

Se deben de buscar las causas más concretas que afectan al problema en estudio, y representarlas gráficamente. En el lado derecho se anota el problema en estudio y en el lado izquierdo se van a especificar todas las causas agrupadas según su similitud, cada causa se agrupa en ramas y de ellas se derivan sub-ramas que son posibles sub-causas del problema en estudio.



Figuras 8 Diagrama de Ishikawa

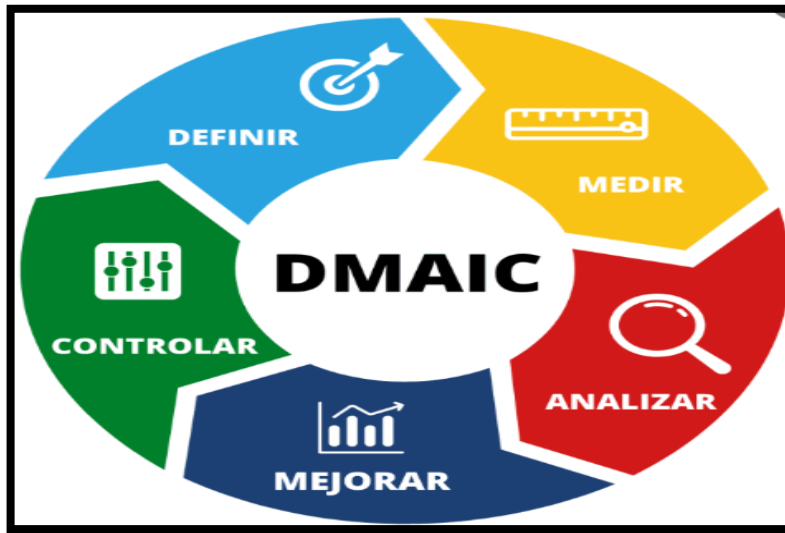
Fuente: [diagrama de Ishikawa - Google Search](#)

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.2.1 Metodología DMAIC

Se dice que, para poder trabajar de manera organizada en un problema, el cual fue definido como una problemática importante a corregir lo antes posible, debemos de establecer el camino o la metodología por la cual este se desarrollara, esto con el fin de poder analizarlo lo máximo posible, para lograr obtener los mejores resultados, durante la elaboración de este. Por este motivo y por la naturaleza del proyecto la metodología seis sigmas, es una herramienta ideal que facilita la aplicación y estructuración en muchos de los diferentes procesos aplicados como lo son: desarrollo, fabricación, comercio y servicios, en especial para este proyecto, el cual presenta un enfoque analítico y lo que busca es entender todas las fases del mismo, para poder corregir todo aquello que no cumpla con lo establecido por la entidad y este generando problemas a nivel general. Seis Sigma se utiliza para reducir la variabilidad de los procesos y con ello es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, así como disminuir los costos directos. (Gutiérrez, H. (2014). Calidad y productividad. (4a. ed.) p. 296).

Al desarrollar un proyecto siguiendo la metodología seis sigmas puede llegar a ser muy complejo, por este motivo debemos de estructurarlo bajo la herramienta DMAIC, ya que nos permite trabajar de forma ordenada, llevando el hilo de la investigación y desarrollo de la fase anterior, lo cual es de suma importancia ya que no permite continuar con la siguiente fase hasta que esté concluida, proporcionando una guía y una estructura ideal para poder argumentar adecuadamente los resultados obtenidos. Las fases que conforman esta metodología DMAIC (SIX SIGMA), se mencionan a continuación:



Figuras 9 Metodología DMAIC

Fuente: [dmaic definicion - Google Search](#)

2.2.1.1 Definir: Se refiere a definir los requerimientos del cliente y entender los procesos importantes afectados. Estos requerimientos del cliente se denominan CTQs (por sus siglas en inglés: Critical to Quality, Crítico para la Calidad). Este paso se encarga de definir quién es el cliente, así como sus requerimientos y expectativas. Además, se determina el alcance del proyecto: las fronteras que delimitarán el inicio y final del proceso que se busca mejorar. En esta etapa se elabora un mapa del flujo del proceso.

2.2.1.2 Medir: El objetivo de esta etapa es medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar. Se utilizan los CTQs para determinar los indicadores y tipos de defectos que se utilizarán durante el proyecto. Posteriormente, se diseña el plan de recolección de datos y se identifican las fuentes de estos, se lleva a cabo la recolección de las distintas fuentes, se organizan las hipótesis causa - efecto. Por último, se comparan los resultados actuales con los requerimientos del cliente para determinar la magnitud de la mejora requerida.

2.2.1.3 Analizar: En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora. Posteriormente se tamizan las oportunidades de mejora, de acuerdo con su importancia para el cliente y se identifican y validan sus causas de variación.

2.2.1.4 Mejorar: Se diseñan soluciones que ataquen el problema raíz y lleve los resultados hacia las expectativas del cliente. También se desarrolla el plan de implementación.

2.2.1.5 Controlar: Tras validar que las soluciones funcionan, es necesario implementar controles que aseguren que el proceso se mantendrá en su nuevo rumbo. Para prevenir que la solución sea temporal, se documenta el nuevo proceso y su plan de monitoreo, que brindara solidez al proyecto a lo largo del tiempo.

2.2.2 Lluvia de idea. (brainstorming)

También conocido como tormenta de ideas, es una técnica donde se reúne un grupo de expertos de diferentes ramas o campos que estén relacionados con el tema de estudio para generar nuevas ideas en un ambiente de mutua colaboración y análisis, con ella se pretende obtener nuevas ideas o enfoques innovadores que permitan brindar soluciones.

Es de suma importancia delimitar el área de ejecución y recursos disponibles para aprovechar al máximo tanto el potencial de cada persona, como el de la herramienta misma. Durante la sesión se debe de mantener una “mente abierta”, para poder discernir las ideas que puedan aportar a la solución del problema como las que se deban desechar por un mutuo consenso.

2.2.3 Genba walk.

Un Genba walk es una práctica de la filosofía Kaizen que se utiliza con el fin de mejorar un área de trabajo. Se compone de tres pasos fundamentales: ver, preguntar y demostrar respeto por el personal. Según Espín (2012), explica que:

“Cualquiera que quiera conocer cómo y dónde se produce el valor en su organización, debe ir al "Genba", que, en el caso de las empresas productivas es la propia fábrica. El "Genba walk" o paseo Genba es la forma en que el mando o el directivo toman contacto con la realidad de la producción, y la comprende en profundidad. Se trata de una pieza clave en el proceso de mejora continua.”

Es común ver como los grupos multidisciplinares realizan Genba walk con el propósito de impulsar soluciones a los diferentes problemas que se presentan. Algunos ejemplos son:

- La realización de un Genba por un accidente ocurrido en planta, en la cual una persona salió herida. El objetivo es ver el lugar del accidente y así obtener un “porque” y una solución.
- Para verificar si existe un estándar de trabajo, o si el estándar es muy antiguo y necesita cambiarse.
- Para la identificación de fallas en una máquina.

Recordar que para realizar un buen Genba walk es necesario contar con personas capacitadas y disciplinadas.

2.2.4 Value Stream Map.

Herramienta utilizada para visualizar un proceso y detallar el flujo de un producto o servicio hasta su llegada final o cliente con el fin de identificar las actividades que no agregan valor. Con un VSM se podrán identificar todos los pasos de un proceso, el flujo de materiales, el flujo de información y todas las actividades que agreguen valor y las que no agregan valor al producto.

El primer paso es ir al proceso y dibujar el flujo de materiales y toda la información que se relaciona entre sí para después tomar todas las medidas de los procesos anteriores. Tiempos de ciclo-tiempos de alistamiento de materiales entre otros. En la siguiente imagen se puede observar el flujo de materiales de un proceso.

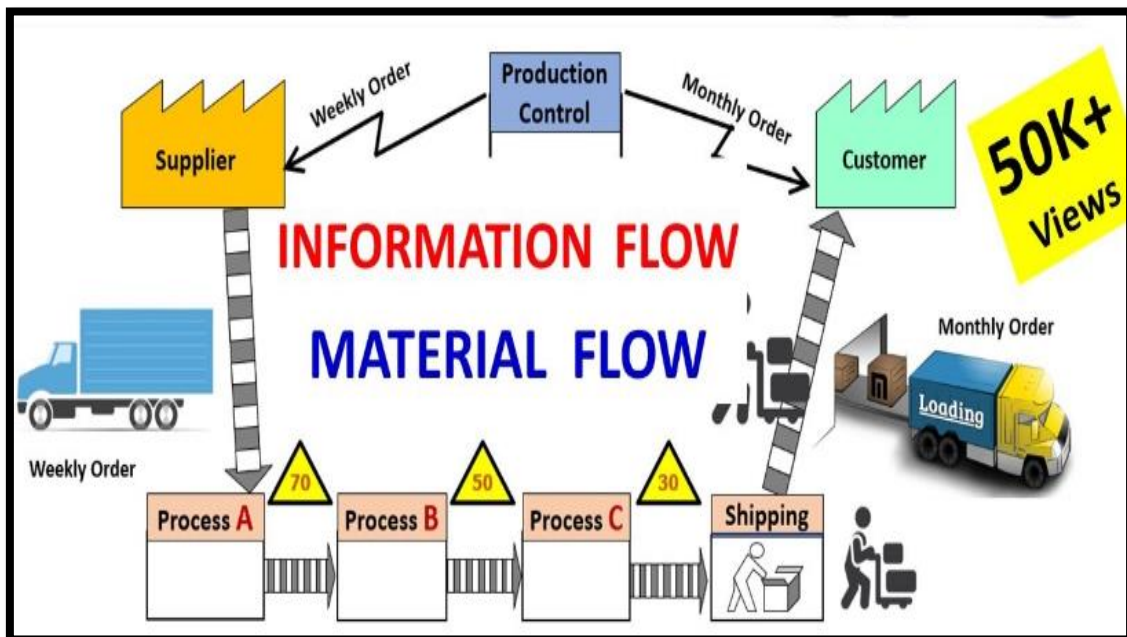


Ilustración 6 Flujo de materiales de un VSM

Fuente: [value stream mapping examples - Google Search](#)

2.2.5 Kaizen

Considerada como una herramienta clave para la competitividad en las empresas japonesas en las últimas tres décadas del siglo XX.

Según Suárez (2009) en su libro encontrando al Kaizen, esta palabra que significa "Mejoramiento" aún no tiene una explicación detallada que permita tener un concepto más claro, sin embargo, el propio Imai (1989: 23) lo define como: "Mejoramiento y aún más, significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerente y trabajadores por igual" (p.287). En resumen, la palabra Kaizen es una lucha día a día por resolver los problemas a los que se enfrenta una compañía, una fuerza ética que se encuentra dentro de los colaboradores dejando un impacto positivo de mejora continua.



Ilustración 7 Simbología y significado Kaizen

Fuente: [Kaizen - Google Search](#)

2.2.6 Matriz de causa y efecto

La matriz de causa y efecto es un método de análisis cualitativo preliminar su principal función es ayudar a reducir todas aquellas supuestas causas detectadas del problema, se evalúa la interacción que existen entre las entradas y salidas que puedan presentar las posibles “KPIVs” (variable clave de entrada), Las matrices de causa-efecto consisten en un listado de acciones humanas y otro de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan en un diagrama matricial.

La elaboración de matrices puede llevarse a cabo con la recolección de información técnica y ecológica, luego se ubica los problemas en la matriz: Tanto en la cabecera de filas como de columnas. Si el enunciado del problema es muy largo, coloca su código. Luego llena con 0 la diagonal principal, es decir, la coordenada donde cada variable vertical concuerda con su homólogo horizontal (1,1), (2,2), (3,3), etc.

Así estas variables serán analizadas y evaluadas por una serie de columnas donde se ubican los “CTQs” (estas son las variables de calidad importantes para el cliente), una vez evaluados todo los posibles “KPIVs” (variable clave de entrada), se realiza una sumatoria las variables de entrada con el puntaje más alto, y luego pasan a la siguiente etapa para continuar con sus análisis, y las variables restantes serán descartas del problema.

Relative Importance (10 is high (good) 1 is low)		8	10	6	3	9	7	Total
Process Step	Process Inputs	Uniformidad	Balanceo	Productividad	Waste	TMA	Scrap	
		rate 1,3,9 9 high influence (good), blank is no influence						
Mantenimiento	Presión de línea del crush cutter	9	9	3	3	3	3	201
Calandra	Espesor de las gomas	9	3	3	3	1	9	183
SET UP	Pegajosidad de la camisa LXU	1	1	9	3	9	9	135
Armado de la llanta Primera etapa	Envejecimiento del sellante	3	3	9	3	9	3	129
Mantenimiento	Posición del sensor de caída de sellante	3	3	9	1	3	1	115
Calandra	Ancho del traslape entre gomas y sellante	3	1	9	1	1	3	109
Armado de la llanta Primera etapa	Tensión de transporte	9	1	3	1	1	1	107
Calandra	Pegajosidad del sellante	1	1	9	3	3	3	93
Armado de la llanta Primera etapa	Arruga de Transporte	3	1	3	1	1	3	73
Calandra	Ancho total del sellante	3	3	1	3	1	1	67
Armado de la llanta Primera etapa	Tensión de freno	3	1	3	1	1	1	59
Armado de la llanta Primera etapa	Envejecimiento del transporte	3	1	3	1	1	1	59
Armado de la llanta Primera etapa	Tipo de transporte	3	1	3	1	1	1	59
Ajuste de máquina	Ajuste de la altura de la cuchilla	1	1	3	1	1	3	57
Ajuste de máquina	Velocidad de la banda de transporte del sellante	1	1	3	1	1	3	57
Calandra	Viscosidad del sellante	1	1	3	3	3	3	57
Ajuste de máquina	Ajuste de spot del tambor	1	3	1	1	1	1	51
Ajuste de máquina	Ajuste de sensores de detección del sellante* (CORREGIR EN MODULO	1	1	3	1	1	1	43
Calandra	Viscosidad de las gomas	1	1	3	3	3	1	43
Ajuste de máquina	Ancho de la banda	1	1	1	1	3	1	31
Calandra	Ancho de la primera lamina	1	1	1	1	1	1	31
Calandra	Profundidad de la marca del pleater	1	1	1	1	1	1	31
Customer Requirements Impact Rating		0	0	0	0	0	0	

Figuras 10 Matriz de Causa y Efecto

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, Bridgestone CR.

2.2.7 Análisis de Modo de Falla y Efecto

El Análisis del modo y efecto de Fallas (FMEA), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

¿Para qué tener un método documentado de prevención?

Una de las ventajas potenciales del FMEA, es que esta herramienta es un documento dinámico, en el cual se puede recopilar y clasificar mucha información acerca de los productos, procesos y el sistema en general. La información es un capital invaluable de las organizaciones, como sus principales funciones se pueden citar:

- La o las posibles formas en las que el proceso puede fallar.
- Minimiza o elimina las causas de esas fallas.
- Establece las acciones correctivas necesarias para reducir el riesgo de una falla.

Una vez establecidos los posibles modos de falla de los “KPIVs” (variable clave de entrada), se calcula el “RPN” (Risk Priority Number) para cada modo de falla, en la matriz se evalúa la severidad que se puede presentar si la falla ocurre, la cantidad de veces o frecuencia con que se presenta la falla y posibilidad de que la falla sea detectada, estos tres rubros son evaluados del 1 como el nivel más bajo al 10 como la puntuación más crítica., $RPN = Severidad \times Ocurrencia \times Detección$.

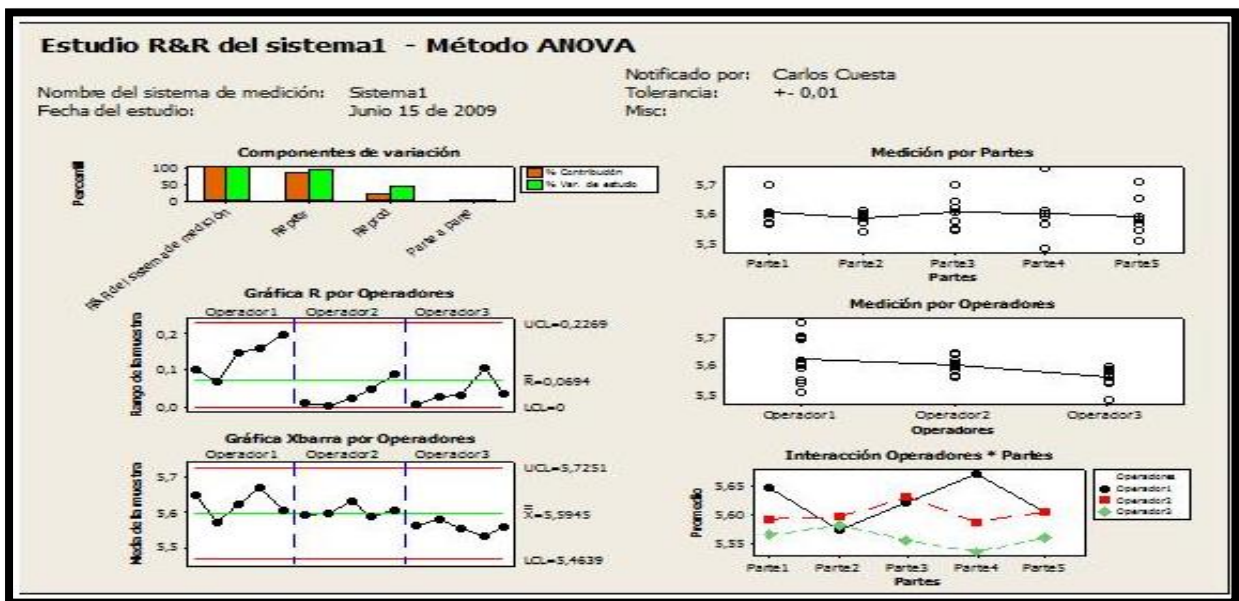
Process, Step/Inputs	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	Potential Causes	Current Controls	Risk Priority Number (RPN)	Action Recommendations	Resp.	Action Taken	Severity (1-10)	Occurrence (1-10)	Detection (1-10)	Risk Priority Number (RPN)
					0							0
					0							0
					0							0
					0							0

Ilustración 8 Análisis Modal de Fallos y Efectos

Fuente: [Análisis Modal de Fallos y Efectos - Google Search](#)

2.2.8 MSA (Measurement, System, Analysis)

El “MSA” por sus siglas en inglés M Measurement, S System, A Analysis, es un análisis del sistema de medición se utiliza para poder verificar si los datos que nos proporciona el sistema de medición de las variables de control importantes para el cliente pueden considerarse como confiables. En el análisis de los sistemas de medición busca medir dos características fundamentales para poder determinar que el sistema es confiable, la repetibilidad y reproducibilidad de los equipos y sistemas de medición implementados. Esto nos permite conocer la precisión de nuestras medidas y estimar la variación que se puede atribuir al proceso asociado al sistema de medición.



Gráficos 18 MSA Estudio R/R

Fuente: [Estudios R&R de Medición – MSA | Centro de Ingeniería de la Calidad \(cicalidad.com\)](http://Estudios R&R de Medición – MSA | Centro de Ingeniería de la Calidad (cicalidad.com))

2.2.9 Diagrama IPO

El diagrama IPO (Input-Processing-Output), extiende y organiza la información del diagrama de análisis del problema, Demuestra con más detalles qué datos son entradas (input), qué procesos se realizan con esos datos y qué información debe resultar (output). La idea de aplicar este diagrama es poder desfragmentar con mayor detalle cada una de las actividades realizadas en la elaboración del producto, con el fin de encontrar posibles oportunidades de mejora, al analizar cada una de las variables y saber si esta es controlable o no controlable.

IPO Map			
INPUTS	TYPE	PROCESS	OUTPUT
Ancho de la tela	C	Preparación de materiales	Materiales listos
Ancho del sellante	C		
Ancho de las paredes	C		
Ancho de capas	C		
Espesor de sellante	C		
Espesor de rodado	C		
Espesor de la pared	C		
Cantidad de hilos de spiral	C		
Centrado de insertos de tela	C		
Ancho de inserto de tela	C		
Centrado del sellante	C	Armado de la llanta	Llanta verde
Centrado de telas	C		
Centrado de paredes	C		
Centrado rodado	C		
Centrado de capa estabilizadora	C		
Centrado de Spiral layer	C		
Culebreo de capa estabilizadora	C		
Ancho de uniones de filler	C		
Ancho de uniones de pared	C		
Aplicación del sellante	C		
Centrado de la carcasa en anillos	C	Vulcanizado de llanta	Llanta vulcanizada
Alineamiento de Post inflado de llanta	C		
Post inflado de la llanta	C		

Ilustración 9 Diagrama IPOMap

Fuente: Bridgestone Costa Rica. Año 2022

2.2.10 ¿Los 5 por qué?

Los 5 ¿Por qué? es una técnica para realizar preguntas iterativas, usadas para explorar las relaciones de causa y efecto subyacentes a un problema particular. El objetivo principal de la técnica es determinar la causa raíz de un defecto o problema repitiendo la pregunta "¿Por qué?", Esta se puede utilizar después de tener las variables mapeadas por el diagrama de causa y efecto.

Esta se basa en identificar la problemática, posteriormente a esto se tabulan las variables encontradas y se realiza una serie de cuestionamientos comprendidos en 5 preguntas consecutivas para encontrar la solución al problema. En muchas ocasiones se puede llegar a la causa raíz en el 3 o 4 por qué y lograr encontrar la solución.

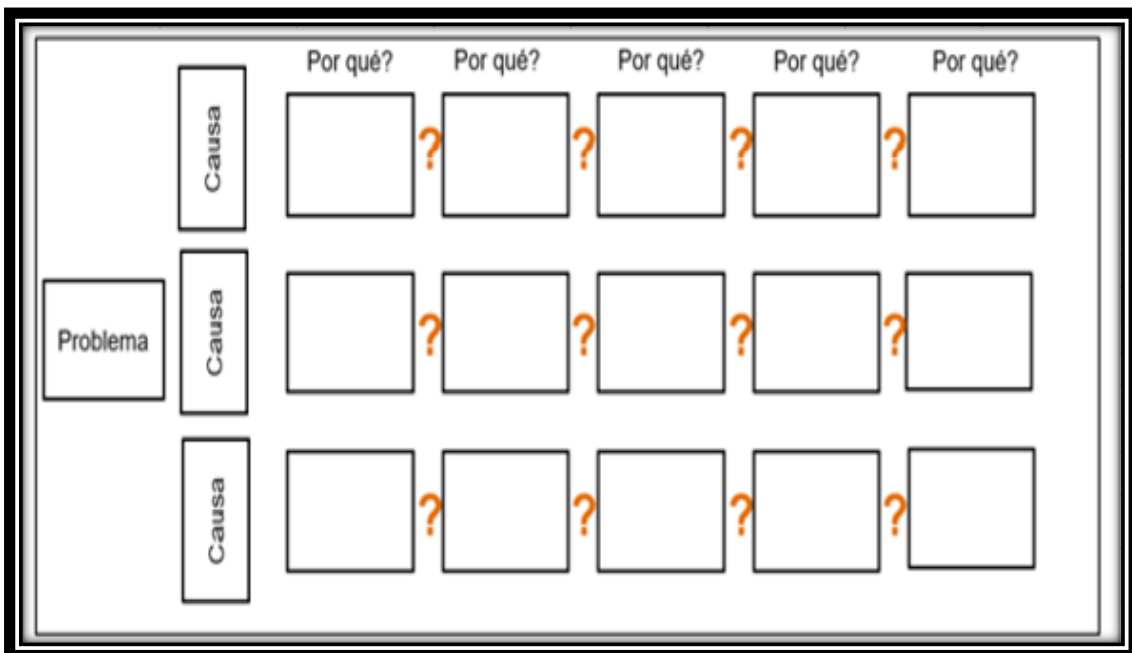


Ilustración 11 ¿Los 5 por qué?

Fuente: Bridgestone Costa Rica, 2022.

2.2.11 Metodología de las 5's

La metodología de las 5s se creó en la empresa Toyota, en los años 60, la cual se encarga de integrar una serie de actividades en sus procesos, las cuales se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia; estas condiciones se crean reforzando los buenos hábitos dentro de la cultura organizacional, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo.

Las 5s son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen la metodología:

- **Seiri** (clasificar): Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en descartar éstos últimos.
- **Seiton** (ordenar): Establece el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos, generalmente se realiza con la demarcación de las áreas donde indica que debe ir en cada una de ellas.
- **Seiso** (limpiar): Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.
- **Seiketsu** (estandarizar): Distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.
- **Shitsuke** (disciplina). En realizar las actividades siempre de la misma manera, tal como están establecidas a cumplir.

2.2.12 Criterios de decisión

2.2.12.1 Valor Actual Neto (VAN)

El método del valor presente neto es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados, consiste en determinar la equivalencia en el tiempo inicial de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Muestra los beneficios netos generados por el proyecto durante su vida útil después de cubrir la inversión inicial y obtenida la ganancia requerida para la inversión.

2.2.12.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es una técnica matemática derivada del VAN, la cual evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento, mediante la cual la totalidad de los flujos de caja netos (positivos y/o negativos) y actualizados a valor presente son exactamente iguales a la inversión inicial (negativa), esto quiere decir que la tasa TIR es aquella tasa que hace que el VAN sea cero.

2.2.12.3 Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

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

2.2.12.4 Tasa Interna de Retorno (ROI)

El ROI es un indicador que permite medir el rendimiento que se ha obtenido por medio de una inversión, en donde, en cuanto mayor sea este indicador, mayores serán las ganancias obtenidas. De esta forma, se puede saber cuáles inversiones valen la pena y cómo optimizar aquellas que ya están funcionando para que tengan un rendimiento

todavía mejor. Se calcula simplemente restándole al beneficio obtenido la inversión realizada, este resultado se debe multiplicar por 100, ya que se debe expresar en porcentaje.

2.2.12.5 Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR)

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

2.2.12.6 Prueba de chi cuadrado

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

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

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

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

1. Obtener la frecuencia observada, proveniente de una encuesta, estudio o experimento.
2. Resumir los datos obtenidos, es decir, la frecuencia observada, en una tabla de contingencia.
3. Calcular la frecuencia esperada, con la mediante fórmula.
4. Determinar el nivel de significancia, y los grados de libertad, mediante formula.
5. Plantear las hipótesis.

H0: independencia

H1: dependencia
6. Construir las áreas de aceptación y rechazo.
7. Calcular chi-Cuadrada, mediante fórmula. (Ver Anexo#16)
8. Tomar una decisión y emitir una conclusión en términos del problema

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.

2.3.1 Impacto directo

La dirección principal de este proyecto, se basa en detectar, mejorar y corregir todas aquellas variables que lleguen a ser descubiertas mediante el análisis de las llantas que fueron rechazadas por balanceo estático no conforme en los primeros meses de enero hasta abril del año en curso 2022, el proyecto como tal es de tipo cuantitativo, porque con él se puede lograr determinar y ojala poder corregir las condiciones que afectan en el área de armado e inspección final que hacen que la llanta presente alguna condición especial

que pueda provocar el aumento de rechazo de balanceo, y esto se puede lograr conocer con ayuda de herramientas estadísticas. Con este proyecto se busca mejorar la condición de las llantas verdes al momento de ser ensambladas en su primera etapa y posterior, al momento de esperar turno para el siguiente paso, la colocación de la segunda etapa, donde en ocasiones si no se tiene el cuidado con los materiales, hay posibilidad de colocarlos fuera de rangos establecidos e incluso, una vez concluida la segunda etapa no se cuida la colocación de las llantas verdes en carreta, lo cual también viene a generar malformaciones y alteraciones sobre la llanta ya vulcanizada, que al momento de ser balanceada presente algunas variables controlables que estén provocando el rechazo en algunas medidas en específico, y que a la vez impacta el costo del área y de la planta, en temas de retrabajo y ajustes con los clientes por razones de reclamos.

La mejora de corregir todas aquellas variables que afectan el balanceo estático logrará eliminar o disminuir la probabilidad de rechazo e reclamos, ayudará a mejorar las condiciones de funcionamiento tanto de las armadoras como de la propia balanceadora, esto se podrá garantizar realizando las pruebas necesarias en el armado de llantas para validar cuales variables son de alto impacto y posterior a conocer esta información, realizarle las mejoras necesarias de ajuste y poder establecer controles para que se mantengan en el tiempo logrando el éxito del proyecto

Con este proyecto se logrará un impacto muy importante al aplicarle la estandarización de las mejoras a todas aquellas máquinas que presenten oportunidad y que sean definidas como las de mayor seguimiento y atención cuando se monten medidas que tienen un historial de rechazo alto, con el fin de ejecutar un Yokoten al resto de máquinas armadoras para lograr una mejora continua.

2.3.2 Impactos indirectos

Al mejorar tanto el armado de las llantas verdes y las condiciones propias de las de armadoras y de la propia máquina de balanceo Kokusai, se obtiene un beneficio indirecto en lo que es producción, porque al disminuir el rechazo de llantas por balanceo no conforme, se logra tener más estabilidad en términos de producción de la maquina balanceadora y esto genera un aumento del tiquete de balanceo diario, lo cual sería de gran ayuda porque no se incurre en demoras de producción en temas de ingreso de llantas a la bodega de producto terminado, también se evitara muchos retrabajos, aproximadamente entre 30 y 40 llantas en promedio son rechazadas en los últimos meses, en cada turno en diferentes medidas.

También con este proyecto obtenemos un ahorro significativo, porque por cada evento que se pueda evitar de rechazo por balanceo no conforme, si vamos logrando disminuir una gran parte las llantas a retrabajar, con el fin de poder evitar incurrir en el pago de horas adicionales para realizar algún tipo de mejora y poder salvar la llanta rechazada, también obtendremos un ahorro si mitigamos un poco el rechazo, en cuanto al consumo de los insumos necesarios (cemento, pintura y disolvente), para poder realizar el retrabajo correspondiente y obtener un balanceo aceptable, que cumpla dentro de los parámetros y límites establecidos a cada llanta balanceada por la Kokusai.

2.3.3 Metodología aplicada

Para desarrollar el proyecto se utilizó la metodología DMAIC, que permite obtener una estructura definida donde se analizara cada parte del proceso del área de armado y el de la maquina Kokusai en Inspección final, comprobando las oportunidades de mejora de cada una de estas dos áreas, en términos de colocación de materiales y funcionamiento de la balanceadora, con el uso de las herramientas de trabajo, con el fin

de poder lograr el impacto deseado, traducido en la disminución de las llantas rechazadas por balanceo no conforme y un aumento en la producción balanceada por turno.

2.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO EXPERIENCIAS O SEMEJANTES.

Se utiliza material de referencia en proyectos específicos que se desarrollaron en la Universidad Hispanoamérica para el grado de Licenciatura, relacionados al uso de la metodología DMAIC, concurrencias o diferencias en el estado del arte, se refiere al análisis de los aportes realizados de diferentes autores, en otras investigaciones similares o relacionadas sin importar el campo de la investigación, sobre un tema específico o un campo acotado, que trata de responder, si se ha investigado sobre el tema, su contenido, su desarrollo, y las conclusiones que fueron encontradas, se analiza o se considera, si es de suma importancia todo aquello que pudiera ser relevantes ante el proyecto, que se trata de perfeccionar mediante la consulta de proyectos relacionados o realizados en la misma empresa, con alguna similitud en los objetivos planteados en la actual investigación.

2.4.1 PROYECTO #1

Autor / Lugar / Área

La siguiente tesis fue elaborada por el Ing. José Francisco León Alvarado, en la empresa Bridgestone Costa Rica y la misma se enfocó en mejorar la productividad en el área de Inspección final en las máquinas que controlan la uniformidad (TUO).

Alcance

El proyecto consideró las 8 máquinas TUO y la parte operativa, tomando como referencia las familias de llantas PSR y LTR.

Objetivo General

Realizar un diagnóstico y proponer mejoras que aumenten la productividad en el proceso de TUO para el departamento de Inspección Final en Bridgestone de Costa Rica, en el tercer cuatrimestre 2015.

Metodología

El proyecto se elaboró mediante la metodología DMAIC y como complemento al mismo, se utilizaron herramientas de apoyo adicionales.

Conclusiones

Se detectaron oportunidades en el subproceso de las TUOs, por el manejo del personal de área porque no se les daba la importancia debida a estos problemas. Además, se logra determinar que el principal NOT de estas máquinas son las llantas de repaso, asociadas a problemas de uniformidad. También se logra aumentar la capacidad de estas para que logre afrontar los cambios, en los procesos donde nace la necesidad de aumentar el número de muestreo de llantas para garantizar la calidad del producto final.

2.4.3 PROYECTO #2

Autor / Lugar / Área

La siguiente tesis fue elaborada por el Ing. Elías Paniagua López, en la empresa Bridgestone Costa Rica y esta se enfocó en mejorar la vida útil de los bladders en el área de Vulcanización.

Alcance

La investigación se desarrolló en el área de vulcanizado, específicamente en las prensas (I04, G08 y H04), con el menor rendimiento de vida útil en los bladders para aquel entonces.

Objetivo General

Reducir los gastos del área de Vulcanización, mejorando la vida útil de los bladders, mediante la identificación y corrección de aquellas causas que afectan el deterioro prematuro de los mismos en el departamento de Vulcanización en Bridgestone de Costa Rica, en el tercer cuatrimestre del 2020.

Metodología

El proyecto se elaboró mediante la metodología Lean Six Sigma y para estructurar el proyecto con un lineamiento adecuado se apoyará en la bajo el sistema DMAIC.

Conclusiones

Se detectaron las maquinas con menor rendimiento de la vida útil (I04, G08 y H04), se trabajó con estas para mejorar su utilidad y funcionamiento; logrando desarrollar las mejoras establecidas se logró un aumento del 52.21% pasando de una vida útil promedio de 163 cargas a 253.

Se logra identificar las 4 variables de mayor importancia y se contrarrestan para ayudar con el rendimiento de la vida útil de los bladders: (materia prima/descarga de llanta/ensamble e instalación/ carga de prensa), y se logran establecer controles que eviten el mal aprovechamiento de los bladders del área de vulcanizado.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el departamento de inspección final brinda en el proceso o flujo del mismo, un último filtro de calidad, antes de que las llantas ingresen a la bodega de producto terminado, donde realiza la comprobación, verificación y garantiza las llantas en temas de uniformidad y balanceo estático, en cuanto a todas aquellas variables que puedan hacer que la llanta sea rechazada por las máquinas que miden tanto las fuerzas radiales, como las fuerzas laterales mediante la ayuda de las máquinas (TUOs), y la de balanceo la Kokusai, por lo cual el área es de vital importancia para garantizar que cada llanta que ingrese a bodega, cumpla con todas las normas y procedimientos establecidos por la entidad, con el fin de ofrecer un mejor producto al cliente final, y de paso evitar ajustes con los mismos en caso de reclamos futuros con productos con ciertas anomalías.

El planteamiento del problema surgió debido a la necesidad de reducir el rechazo de balanceo detectado en los primeros meses del año, debido al aumento registrado en los cuatro primeros meses analizados desde enero hasta abril del presente año 2022, en Bridgestone de Costa Rica, con el propósito de poder cumplir con el ticket mensual de 3000 llantas balanceadas en los dos turnos, establecido por la entidad, es que se informa sobre la necesidad de estudiar todas aquellas variables que puedan estar afectando que la Kokusai este rechazando tanto en esos primeros meses registrados. Como apoyo al presente proyecto el departamento de Uniformidad estableció un grupo de trabajo que analice de una forma multidisciplinaria los datos recopilados, y todas aquellas variables que han sido detectadas en las diferentes llantas con oportunidad de retrabajo, debido al rechazo que presentaron, sugiere realizar pruebas en aquellas medidas que generan mayor rechazo y de paso realizar Genba walk en aquellas armadoras relacionadas con el ensamblado de las llantas que presentan congruencia por balanceo no conforme, para este primer cuatrimestre del año en curso.

3.1.1 Finalidad

La finalidad del proyecto es aplicada, ya que el estudio se realiza directamente en el campo donde se presenta el fenómeno de estudio, se utilizan los gráficos de control para ver el comportamiento de las variables y se realizarán muestreos del producto con problemas. Con la finalidad de poder brindar soluciones a los inconvenientes identificados o situaciones concretas que estén relacionadas al objeto de estudio, “es importante, pues del alcance del estudio depende la estrategia del proyecto sí, el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso son distintos en estudios con alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Pero en la práctica, cualquier proyecto puede incluir elementos de más de uno de estos cuatro alcances” (Sampieri, 2010.p.100).

3.1.2 Dimensión

Un proyecto transversal se basa en un muestreo de datos del comportamiento de una población u objeto de estudio (balanceo), en un momento determinado para poder sacar conclusiones acerca de los fenómenos. Es un estudio transversal donde se coleccionarán datos durante un tiempo determinado sin la manipulación intencional de las variables y en las que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para posteriormente ser analizado y describir la posible relación entre las variables que afectan el problema.

3.1.3 Naturaleza

El actual proyecto, tiene un enfoque cuantitativo basado en la recolección de datos numéricos del comportamiento de las variables que están afectando el resultado del balanceo estático en sus dos factores sobre el producto final, las cuales pueden afectar la colocación de los materiales, este tipo de análisis colabora en la recolección de los datos, técnica y procedimientos necesarios para poder considerar los resultados, y de esta manera cumplir con los objetivos además de plantear hipótesis y conclusiones objetivas.

3.1.4 Carácter

Con este proyecto se busca analizar propiedades y también las características más importantes de cualquier fenómeno, que se presente en el problema de estudio mediante la descripción del comportamiento de sus variables, cumple con un carácter descriptivo y de diagnosticar ya que la mayor parte de lo que se escribe y estudia no va más allá de este nivel. Se basa, en caracterizar un fenómeno o situación concreta; haciendo ver sus rasgos más peculiares o diferenciadores, para contrarrestar el problema de manera directa.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO.

En este punto del capítulo mediante la observación y análisis del comportamiento de los datos y el efecto de las variables sobre el objeto de estudio se quiere establecer una línea base sobre la cual se puedan establecer hipótesis que permitan generar mejoras para minimizar el impacto del rechazo por balanceo no aceptable. Como técnica de resolución de problemas se aplica la metodología DMAIC, con el fin de definir el problema, posibles variables de entrada y salida del proceso para establecer un plan de mejora y control para la o las causas raíz que se puedan determinar en el proceso de la investigación.

- Definir
- Medir
- Analizar
- Implementar
- Controlar

3.2.1 Definir

En esta etapa del DMAIC se pretende se aplicar una serie de herramientas estadísticas con la finalidad de establecer objetivamente los factores dentro del proceso de elaboración

de llantas que tienen una correlación con la característica de salida de importancia que para efectos del proyecto sería el balanceo estático conforme. Se llevará a cabo un proceso estructurado para discriminar las variables claves de proceso KPIVs (Key Process Input Variable), de menor impacto para plantear hipótesis de mejora con los variables rematantes.

3.2.2 Medir

Es la etapa número dos del DMAIC, en esta fase se pretende medir o establecer la situación actual del defecto u objeto de estudio, en este caso el rechazo por balanceo no conforme de las llantas registradas, en cualquier proceso existe una variación y el análisis de los datos, que puedan verse afectados por el error de medición, para poder establecer una línea base es necesario contar con un sistema de medición confiable que permita extraer datos confiables. Las causas de la variación se pueden encontrar en las variables de entrada de un proceso, en el ensamblado de materiales, o en diferencias operativas.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

3.3.1 Fase Analizar:

En esta etapa se plantea una propuesta que permita mantener en el tiempo todas aquellas condiciones mejoradas en el proyecto. Las acciones de control se dan en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo (Pulido, 2013, p.443). Se comenzó la etapa de análisis bajo la metodología DMAIC y de aquí se recopilaron los datos obtenidos en las otras dos etapas anteriores, donde se logró identificar aquellas variables de mayor relevancia que podrían afectar el flujo del proceso de manera directa, evitando que se alcance los resultados esperados en temas de balanceo estático. Se analizaron los anchos de uniones de paredes, anchos de filler, uniones de rodados, anchos de capas, espesores

de pared y rodados, ancho del inserto de la tela, ancho de capas estabilizadoras, etc.; también se analizó el spot de trabajo de aquellas medidas registradas según la cantidad de rechazo por mes analizado.

Bridgestone de Costa Rica, cuenta con un departamento de mejora continua, el cual está para la implementación de los Kaizen (mejora), actualmente la cultura de la empresa se apoya en los fundamentos del círculo de mejora continua o ciclo de Deming. por lo anterior se selecciona esta metodología para la implementación de las mejoras en el proyecto. El ciclo Deming es utilizado como técnica para poder mantener una mejora, en el proceso o actividad de calidad dentro de una entidad, el mejoramiento continuo de la calidad es una búsqueda interminable de soluciones para los problemas.

El ciclo cuenta con cuatro pasos que se deben realizar de forma consecutiva, estos son:

3.3.2 Planificar

El primer paso cuando se quiere optimizar un proceso o mejorar una entrega o un producto es planificar. Es necesario que los objetivos estratégicos de la empresa, así como las expectativas del cliente, estén alineados para cumplir los siguientes pasos:

- Inicialmente, es necesario hacer un diagnóstico para identificar los problemas existentes, definir las prioridades de lo que hay que mejorar o incluso detectar nuevas oportunidades.
- Una vez estipulado el objetivo, hay que desglosarlo en metas posibles y tangibles. Aquí es importante reunir datos e información para determinar el alcance del trabajo.
- Con el equipo reunido, es el momento de poner la planificación por escrito: crear un plan de acción con las actividades que hay que realizar

para que se cumplan los objetivos, fijar plazos y un calendario de ejecución y designar a los responsables.

- También se deben definir indicadores clave de rendimiento (KPIs), que son las métricas que se analizarán en los siguientes pasos.

3.3.3 Hacer

Ahora es el momento de poner en práctica la planificación. Para que el equipo ejecute lo descrito en el plan, es necesario contar con una formación específica. Durante la ejecución, intenta también recoger datos para poder controlar el proceso y medir los resultados. Regístralos, independientemente de si son positivos o negativos.

3.3.4 Verificar

Tercera etapa, Ahora analiza los resultados. Aquí es importante contar con parámetros objetivos y cuantitativos para poder verificar realmente la mejora del proceso y el nivel de calidad y compararlos con los ciclos anteriores. Es en esta fase en la que podrás identificar problemas o fallas en el proceso, que podrán ajustarse posteriormente.

3.3.5 Actuar

La letra "A" del acrónimo PDCA también puede significar adjust ("ajustar") y consiste en las acciones que deben implementarse para corregir las fallas detectadas en el paso anterior. En este momento es posible apuntar soluciones a los problemas y luego rehacer la planificación teniendo en cuenta los nuevos resultados.

En esta fase se dan dos situaciones:

- Si se consigue el resultado esperado, puede servir de referencia para otros procesos y sectores de la empresa u otras unidades, por ejemplo.
- Si el resultado no está a la altura de las expectativas, hay que analizarlo para encontrar nuevas soluciones.

Aunque la estrategia haya funcionado bien, es probable que haya algo que mejorar, entrando de nuevo en el ciclo PDCA.

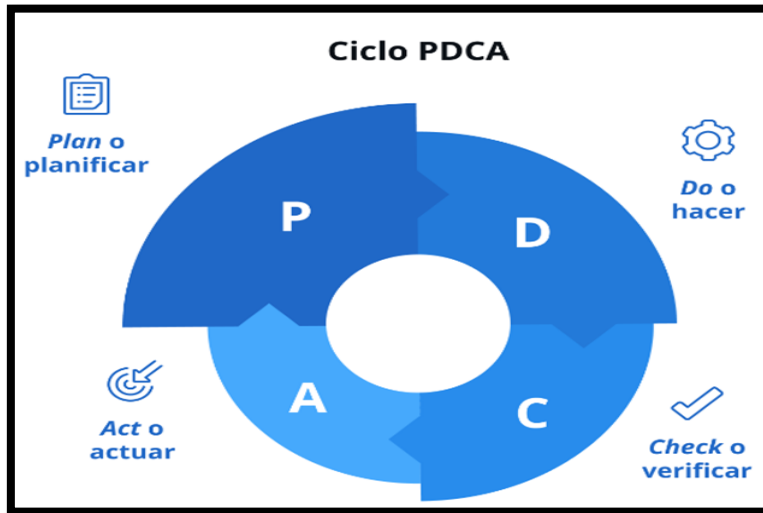


Ilustración 10 Ciclo de mejora continua

Fuente: [Ciclo PDCA: ¿cuáles son los pasos y cómo funciona? Conoce algunos ejemplos | SYDLE](#)

[Blog](#)

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

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

3.4.1 Etapa de Implementar.

La metodología de trabajo que se implementará será “six sigma” utilizada para conseguir la máxima eficiencia de los procesos analizando su variabilidad y proponiendo soluciones basadas en datos, cuenta con una fuerte estructura de cinco fases que se

detallan a continuación: Definir Identificar y definir el problema que se va a resolver, el proyecto se realizará en la compañía Bridgestone de Costa Rica, donde se definirá el problema, los objetivos generales y específicos. Primero se debe realizar un recorrido que permita comprender el proceso y obtener la información para su respectivo análisis, la recolección de datos muestreos y monitoreo cualquier información que ayude a establecer la situación actual del problema que se desea mejorar.

La idea es poder definir o establecer una base que sirva como marco de referencia para poder medir la mejora. Para delimitar el problema se utilizarán diferentes herramientas estadísticas como diagrama de causa efecto, diagrama de Pareto, de manera que nos permita descomponer los problemas y obtener un enfoque o guía. Esta es una de las fases más importantes ya que de esta va a depender el impacto que tenga el proyecto. Para esta etapa se utilizarán los indicadores como cantidad de llantas rechazadas vs armadoras relacionadas al ensamblado.

Se utilizarán herramientas como los gráficos de control, histogramas Anovas, para conocer y determinar la capacidad del proceso. En esta etapa se analizan los datos recolectados en busca de las posibles causas raíz del problema mediante el uso de probabilidades estadísticas y el planteamiento de hipótesis que puedan ser posibles controles o soluciones por implementar para el problema. En esta etapa se formará un grupo de control interdisciplinario con especialistas en cada una de las áreas que afectan al problema con el fin de conseguir el apoyo y conocimiento necesario mediante la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa, diagramas de causa y efecto que ayuden a formular las soluciones ante el rechazo por balanceo no conforme.

Esta parte se puede determinar cómo la de más cuidado, basados en las relaciones existentes entre los factores o causas de fallo que afectan las entradas y salidas del

proceso. En ella se debe proponer los procedimientos diseñados para el control de las causas raíz que se determinaron en las fases anteriores, y todas aquellas medidas por implementar que ayuden alcanzar las expectativas deseadas, estos procedimientos van a depender directamente del tipo de variable, falla o procedimiento que se comprobó incorrecto o con una posibilidad de mejora, que ayude a disminuir el rechazo por balanceo no conforme.

Después de confirmar que las soluciones propuestas funcionan, se busca que el proceso continúe marchando de forma eficiente, con el fin de evitar que las soluciones se pierdan con el transcurso del tiempo. Para dicha validación de las mejoras se debe disponer de tiempo, y recurso suficiente, debe ser un esfuerzo de todas las partes interesadas, investigador y alta gerencia, contar con el apoyo de esta es vital para poder generar cultura en los cambios propuestos.

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

Se debe establecer un método de revisión y verificación ideal para el plan de acción que se va a realizar, y de paso se puede dividir los objetivos en tareas pequeñas con fechas límites alcanzables, para poder llevar un control apropiado de su ejecución, también se recomienda realizar revisiones semanales y de paso llevar el seguimiento de los objetivos establecidos en la etapa de planeación, recomendable que los planes de trabajo deban ser flexibles para ser modificados en caso de ser necesario.

3.5.1 Para la implementación del proyecto se pondrá en ejecución la metodología SMART.



Ilustración 11 Metodología SMART

Fuente: [Metodología SMART, qué es, para que sirve y ejemplos - Isopixel One](#)

SMART:

es el acrónimo de inteligente o listo en inglés, es una metodología que nos permite integrar los 5 elementos indispensables al momento de redactar un objetivo inteligente o eficaz.

1. Specific (Específico)
2. Measurable (Medible)
3. Achievable (Alcanzable)
4. Relevant (Relevante)
5. Time-bound (a Tiempo)

Specific (específico).

Un objetivo específico se circunscribe a un aspecto, tarea o acción determinada de una empresa. Es específico porque nos dice exactamente lo que esperamos lograr, los mismos deben contestar preguntas como: ¿Cuándo se realizará?, ¿Cómo se realizará?, ¿Dónde se llevará a cabo?, ¿Qué recursos se tienen? etc.

Mensurable (medible).

La meta tiene que ser medible, de otra manera, no es posible interpretar si los resultados están dentro de lo esperado. Se debe establecer una métrica para saber si los datos reflejan alguna desviación del objetivo.

Achievable (alcanzable).

Por alcanzable nos referimos a un objetivo que sea perfectamente realizable en las condiciones con las que se cuenta. Es muy importante plantearse metas realistas y debe buscar evidencia que pueda respaldar la consecución de estos.

Relevant (relevante o realista).

Una meta relevante es aquella que está en línea con los objetivos generales del negocio. No tiene sentido plantearse acciones cuyos resultados no estén alineados a los objetivos de la empresa.

Timely (temporal).

Los objetivos SMART siempre tienen un tiempo determinado para ser completados, el tiempo debe tener fechas de inicio y final para cada una de las tareas por realizar, de esta manera se llevará un mejor control del avance del proyecto.

CAPITULO IV: LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ANALIZAR:

El departamento de inspección final es el responsable de garantizar el balanceo correspondiente a cada una de las llantas elegidas o seleccionadas según requerimientos del cliente, para ser posteriormente evaluadas y balanceadas de manera correspondiente según el balanceo estático establecido por el departamento de uniformidad, la planta de Bridgestone de Costa Rica cuenta actualmente con ocho máquinas TUOs (garantizan uniformidad llanta y miden fuerzas radiales y laterales), y una máquina Kokusai (balanceadora estática), que forman parte del proceso del departamento (IF), las cuales son de gran ayuda para garantizar la calidad de las llantas en cuanto a su simetría y validación de la colocación de materiales se refiere, en todo lo que rodea al ensamblado de las mismas, y los valores de aceptación establecidos a cada llanta en el área de armado.

Estas máquinas son programadas, según lotes de programación corresponda, por medidas y pesos establecidos para cada medida, dentro de los parámetros de cada llanta validada por las máquinas anteriormente mencionadas, tratando que los tiempos de ciclo permanezcan muy similares entre sí, sobre todo al momento de ser programadas para pasarlas (medir), en cada máquina TUOs/Kokusai, con el fin de obtener una mejor distribución de las medidas en el área ya sea por diferentes aros montados y disponibilidad de las máquinas, evitando estar cambiando aros repetidas veces en un mismo turno, con el fin de obtener un mayor aprovechamiento del recurso, el cual lo podemos traducir en un aumento de la producción en dicho departamento, en temas de garantizar la calidad del producto validado.

Así mismo cada una de las máquinas posee una pantalla de control visual y registro de las llantas que son tanto rechazadas, como las que están Ok, según código de barras registrado y validado por flojo de producción al momento de pasar cada una de las

llantas en dichas máquinas, donde se pueden conocer los valores de aceptación y rechazo en caso de que la llanta sea apartada por la banda de separación de lo no conforme, se pueden registrar las demoras y justificaciones en caso de ser necesario, y se lleva también un control cruzado con el departamento del QA, (aseguramiento de la calidad), en caso de ser necesario un reporte rápido de scrap detectado, para intervenir lo antes posible en la segregación del lote sospechoso, y así poder evitar un aumento de llantas tanto de retrabajo, como de Llantas scrap en el área.

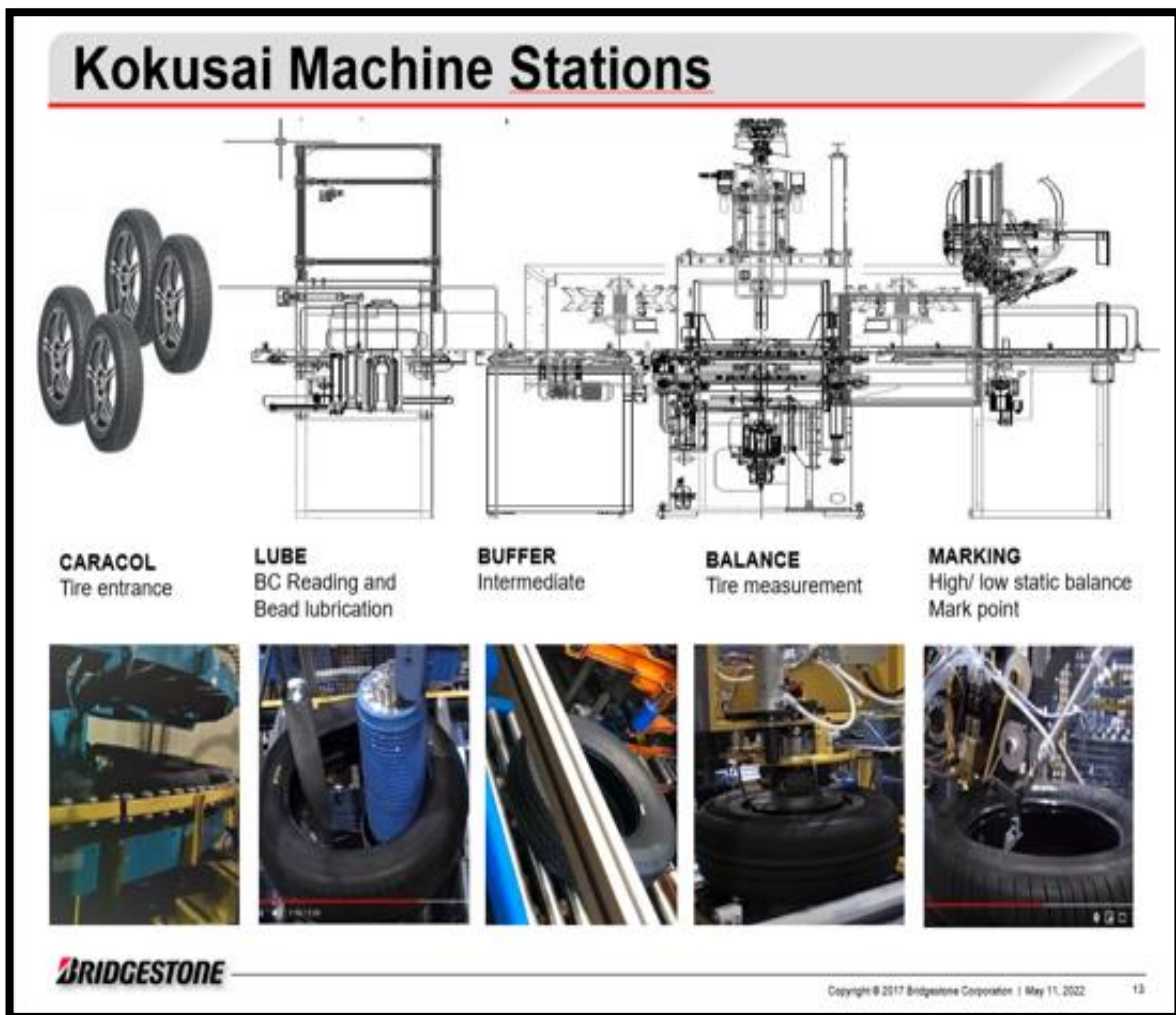
4.1.2. DESARROLLO DE SITUACIÓN ACTUAL.

Para la realización de este proyecto se seleccionó la máquina balanceadora Kokusai “máquina conocida por brindar el balanceo estático”, la cual presenta en los primeros cuatro meses del año 2022, un aumento importante de llantas rechazadas por motivos de balanceos no conformes en varias medidas rechazadas, armadas en diferentes armadoras y con diferentes diámetros según estilo y por ende diferentes especificación de armado, según los reportes analizados para dicha investigación, lo cual nos indica sobre sospechas de que lo anterior que se debe realizar pruebas aquellas llantas rechazadas y Genba en las distintas áreas de interés, tanto en armado como en inspección final para ir conociendo a raíz, posibles variables que se podrían relacionar al tema de análisis, por mencionar algunas de ellas, que afectan de manera directa: los operadores no se siguen las instrucciones de trabajo al pie de la letra, no cumplen con el spot correspondiente de colocación de materiales por medida ensamblada, falta de concientización de los mismos, se concentran mucho más en la cantidad de lo armado y descuidan la calidad del producto ofrecido por las distintas armadoras detectadas según rechazo, lo anterior ocurre muchas veces de manera muy seguida, por una incorrecta distribución de las uniones de cada material utilizado, se sabe y es de suma importancia que el operador de las armadoras debe registrar cualquier anomalía en el proceso y que tiene como responsabilidad realizar

un chequeo a la máquina antes de empezar a trabajar, con el fin de que se pueda garantizar un perfecto estado de la armadora para poder producir llantas con los requisitos establecidos por la voz del cliente, algunos de los puntos analizados antes de empezar a producir las llantas verdes, son: revisión correspondiente del tambor, los servidores, las luces guías, verificar los códigos de los materiales importantísimo, spot de la llanta, Una vez listo el chequeo inicial el operador coloca los aros en una máquina llamada aplicadora de Filler en la cual se le aplica una capa de hule (llamado filler) para ensamblar la ceja, una vez terminado el proceso se coloca en el cargador de la armadora, Posterior al proceso de ensamble de la ceja se inicia el proceso de armado, lo que se conoce por carcasa que es la primera etapa de la KBNs, KBRs, 88s en esta etapa se aplica sellante, cejas, primera y segunda tela (depende de la llanta, algunas solo llevan una tela) y paredes. El operador se mueve a la segunda etapa, en donde se le colocan dos capas estabilizadoras, spiral layer y rodado y a esta unión se le conoce como paquete, Estas dos etapas son unidas por la máquina y esta unión forma lo que se nombra llanta verde (llanta que aún no pasa por vulcanización).

Cada llanta terminada por el operador viaja por un conveyer y es obligación del operador de la máquina bajar las llantas y colocarlas en una carreta que posteriormente será trasladada por un auxiliar. El auxiliar es el encargado de proveer de materiales al operador y trasladar las llantas verdes a la próxima operación que sería en el área de vulcanización, también importante mencionar que este aumento de rechazo por balanceo no conforme se puede estar viendo por algunas otras variables muy propias dentro del proceso, como lo la colocación de las llantas verdes en carreta, ya que si no se tiene el cuidado debido, las mismas sufren malformaciones antes de ingresar al molde correspondiente en el área de vulcanizado, y otras variables que puedan estar afectando el balanceo son propias del estado de la misma balanceadora en temas de calibración,

llantas patrón, 5s en la máquina y todo lo que envuelve cada una de las etapas que presenta la llanta antes de ser balanceada en la propia Kokusai, desde que ingresa de manera correcta a la banda transportadora, aro correspondiente por medida y que esta no ingrese prensada al proceso, hasta una mala lubricación de sus cejas, pueda estar generando un desacomodo de las llantas y variar los resultados esperados.



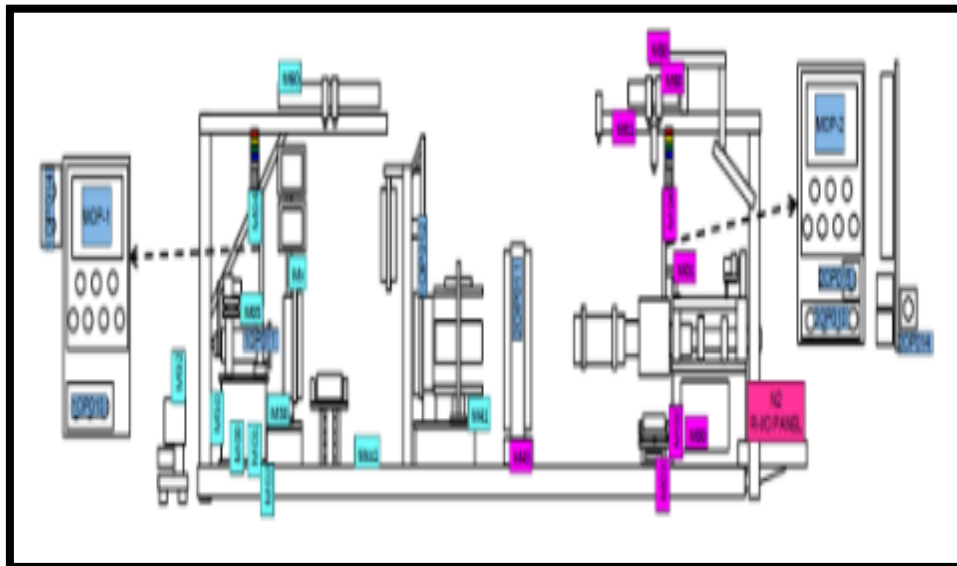
Figuras 12 Estaciones de la Máquina Kokusai

Fuente: Departamento de Inspección final, Bridgestone Costa Rica.

4.2 DIAGRAMA DE FLUJO Y PLANO DE DISTRIBUCIÓN:

Las siguientes imágenes son correspondientes al área de armado, donde la idea es poder mostrar un diagrama de flujo general del proceso, al momento en que el cliente solicita su pedido y el departamento de ventas y logística se encargan de definir la cantidad de llantas a producir.

Lo anterior claro está, haciendo una revisión de las posibilidades a poder producir cumpliendo con todas aquellas peticiones del cliente, según materia prima necesaria para hacerle frente a la demanda y según inventario existente de las mismas, En el momento en que esas revisiones son realizadas, el departamento de programación de la producción se encarga de hacer un balance de sus líneas según lo que se encuentre en la bodega de materia prima para después iniciar con las etapas del proceso, preparación de materiales, (Banbury, calandras, cortadoras, Steelastic, aros y Tubuladoras), armado, vulcanización, inspección final, hasta finalizar en el almacén de producto terminado (APT).



Figuras 11 Máquina Armadora

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone Costa Rica, 2022

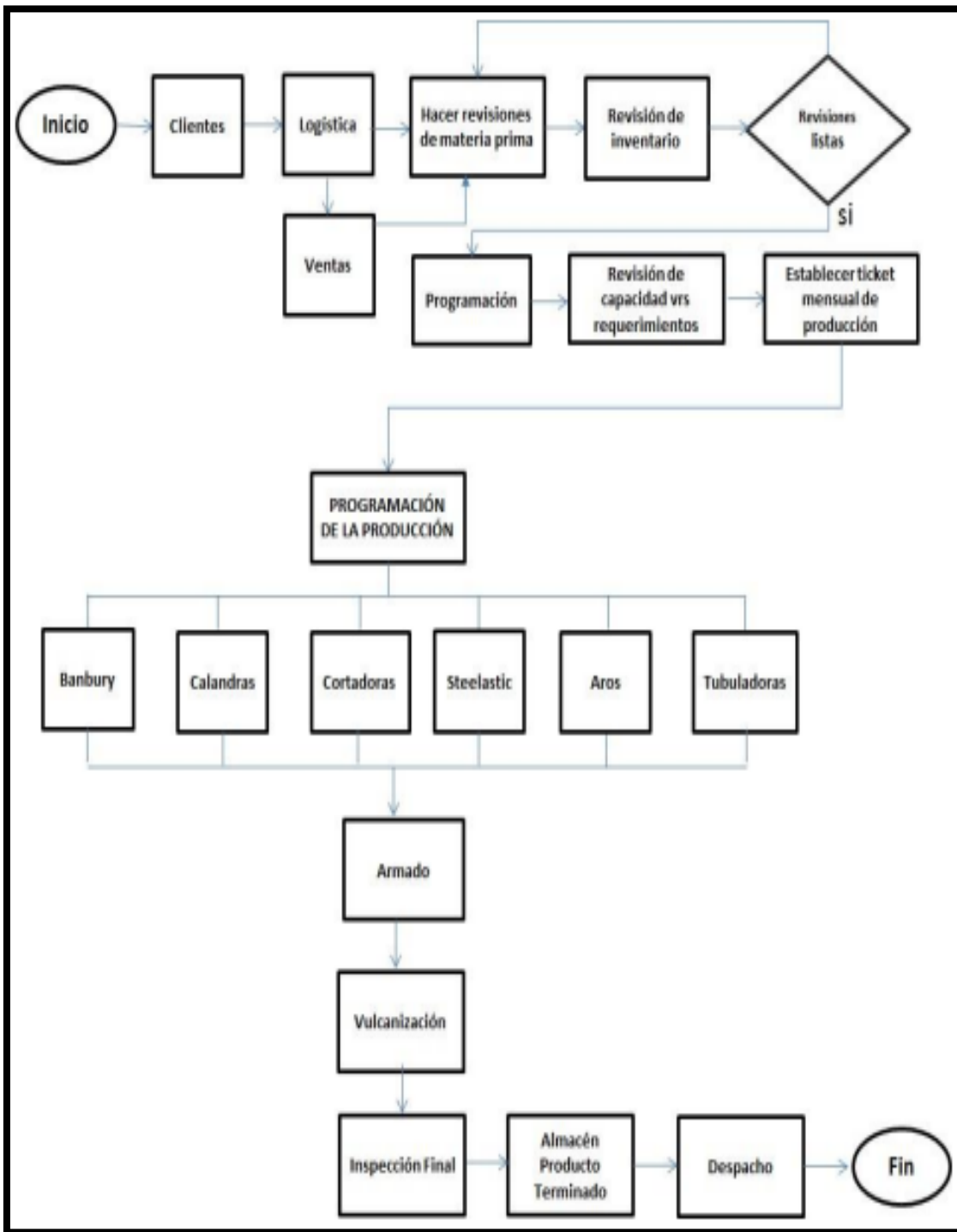


Ilustración 14 Diagrama de flujo del proceso

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone Costa Rica, 2022

Como parte del diagrama de flujo general, se observa el proceso en estudio (armado de llantas) en la cual se encuentran las armadoras KBNs y KBRs. y como se muestra en la figura 28, el diagrama se obtiene del proceso que se lleva a cabo para poder armar una llanta verde, así como la secuencia del proceso y la relación entre las actividades, las cuales son responsabilidad del operador asignado a cada máquina, pues es el que vela por que el proceso se cumpla con éxito, y de paso se pueda evitar la presencia de variables posteriores que salgan expuestas, cuando una llanta es rechazada por la Kokusai por no cumplir con el balanceo de manera conforme.

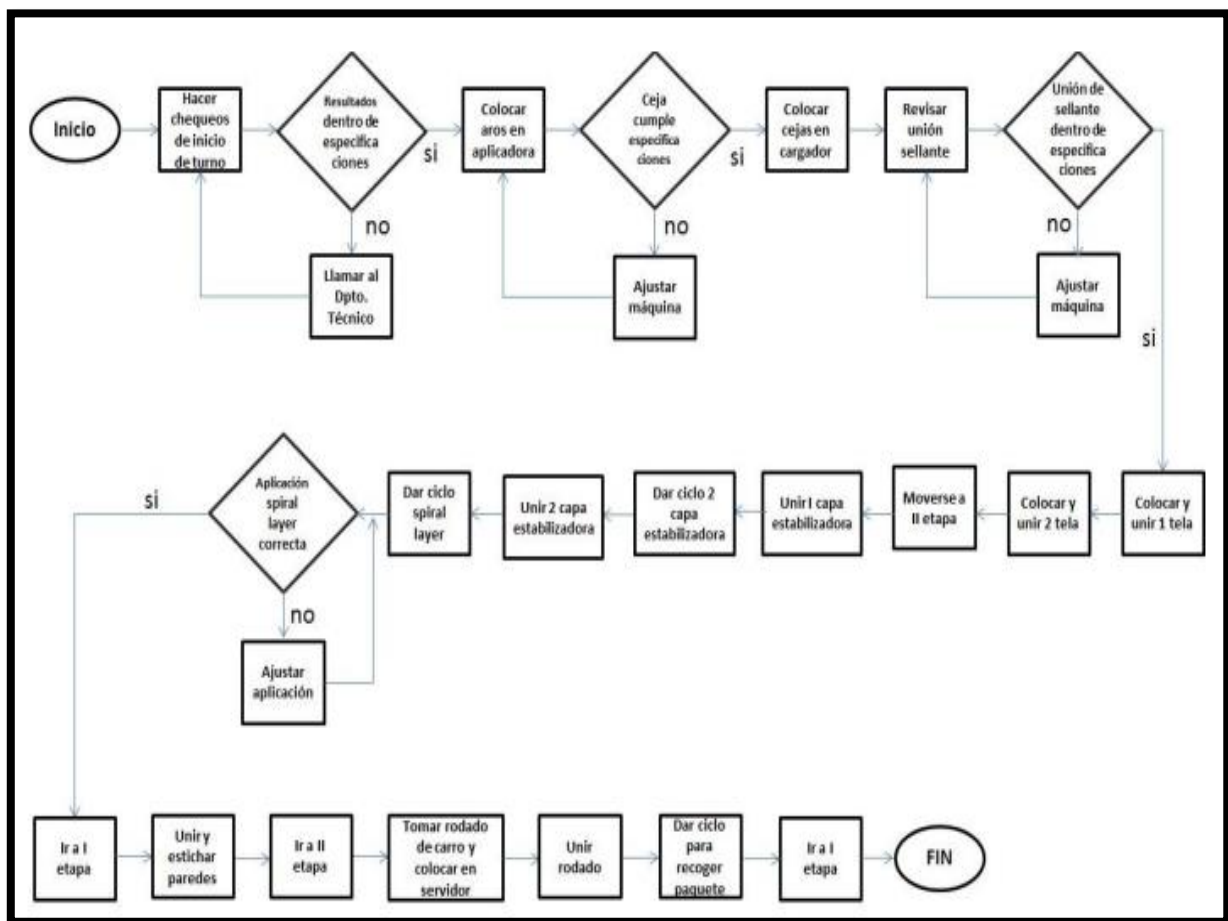


Ilustración 12 Diagrama de Flujo armadoras

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone Costa Rica, 2022

4.2.1 ÁREAS RELACIONADAS AL RECHAZO DE LA BALANCEADORA KOKUSAI,

(Armado e Inspección Final)

El proceso a evaluar, involucra a dos áreas de análisis y seguimiento como lo son el departamento de armado e inspección final, siendo estas: donde se ensamblan las llantas verdes y la otra, donde se valida su asimetría y calidad en cuanto a la distribución de los materiales, donde una vez que ellas son medidas en temas de balanceo, nos damos cuenta cuales medidas, puedan presentar oportunidad de mejora, en dado caso de ser rechazadas por un balanceo no conforme, las mismas son analizadas desde la etapa de ensamblado, hasta el momento que fueron pasadas por la balanceadora, mas todo aquello que puedan interferir de una u otra manera en alcanzar los resultados deseados, la Kokusai actualmente es la herramienta de control que se tiene en inspección final para detectar todas aquellas llantas que no cumplen o bien sufrieron de alguna no conformidad al momento de ser ensambladas, dado que si son rechazadas, es debido algún peso adicional presente en alguna parte de su simetría, el cual evidentemente se debe corregir, para poder equilibrar las masas y obtener un balanceo estático de manera conforme.

Las llantas a balancear son programadas de manera estratégica y según el tiquete mensual de producción, que tiene el criterio final de lo que se debe pasar por la Kokusai y lo esperado al mes por balancear, las llantas como primer filtro pasan por las máquinas TUOs, para garantizar una buena y aceptada distribución de las fuerzas laterales y radiales en temas de uniformidad, y posterior a esta actividad, todas aquellas que fueron programadas por el departamento de uniformidad serán direccionadas por bandas transportadoras hacia la balanceadora Kokusai, la cual realizara el balanceo estático programado a cada medida incluida en la programación diaria establecida, actualmente se espera balancear 3000 unidades por día, entre los dos turnos, pero debido al aumento

del rechazo por llantas balanceadas no conformes, no se alcanza el objetivo establecido en el área de inspección final, donde debido al aumento del rechazo no solo se dejó de cumplir con el tiquete esperado, sino que también incremento el consumo de todos los insumos necesarios para realizar los retrabajos correspondientes cuando una llanta es declarada como rechazada, y requiere ayuda para poder volver a ponerla en valores aceptables de balanceo estático, se puede retrabajar, con ayuda de cemento, disolvente y pintura negra.

Una vez corregido el problema, la llanta se deja secar y se vuelve a balancear en la Kokusai para garantizar que esta vez, los valores si cumplan con lo esperado y que no sea rechazada, ya que se equilibraron los pesos para su balanceo y seguidamente se coloca la llanta en un conveyer que la dirige al área de etiquetado, para que posteriormente sea ingresada al área del 4020 ya ubicado en el departamento de producto terminado, esta vez ya colocada en un rack correspondiente y con su respectiva tarjeta de embarque, esperando ser solicitada para el despacho oportuno rumbo hasta el cliente final.

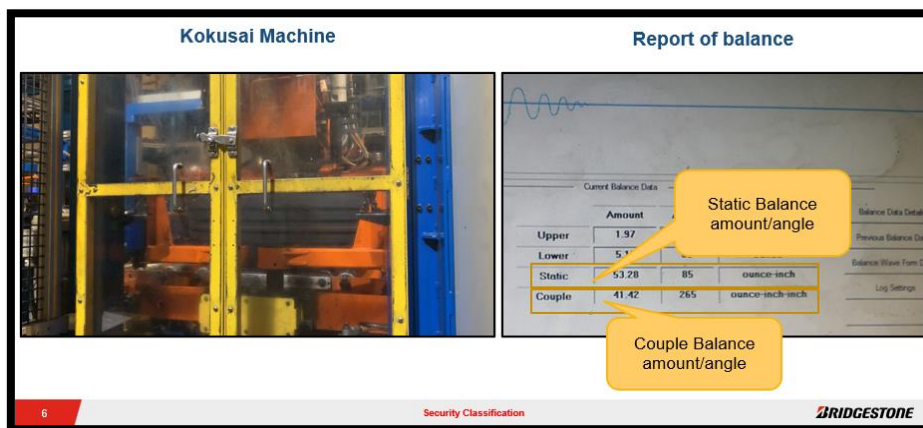
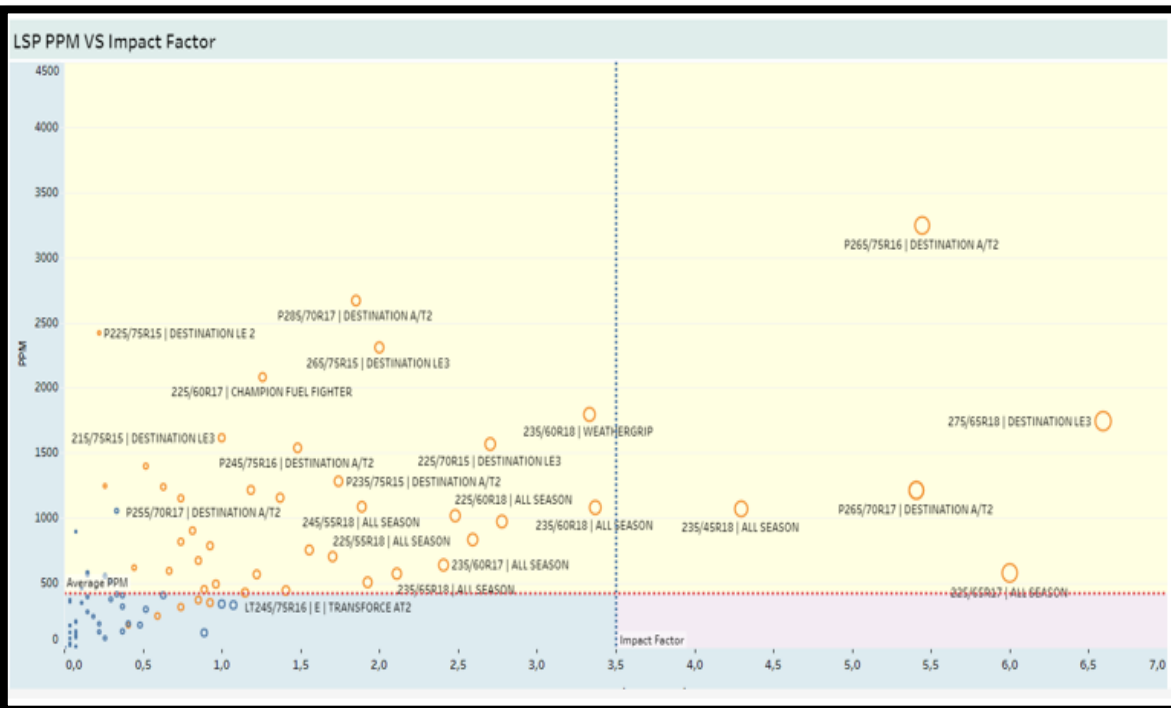
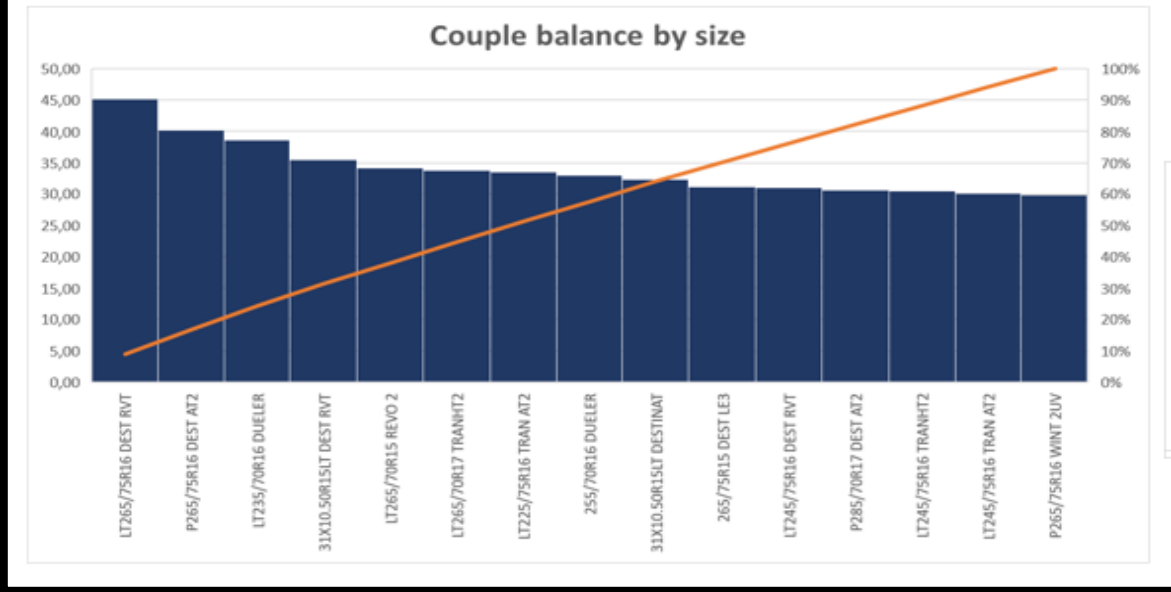


Ilustración 13 Balanceadora Kokusai

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone Costa Rica, 2022

PARETO ANALYSIS



Gráficos 19 Pareto Análisis, por balanceo no conforme

Fuente: Departamento de Inspección Final, 2022

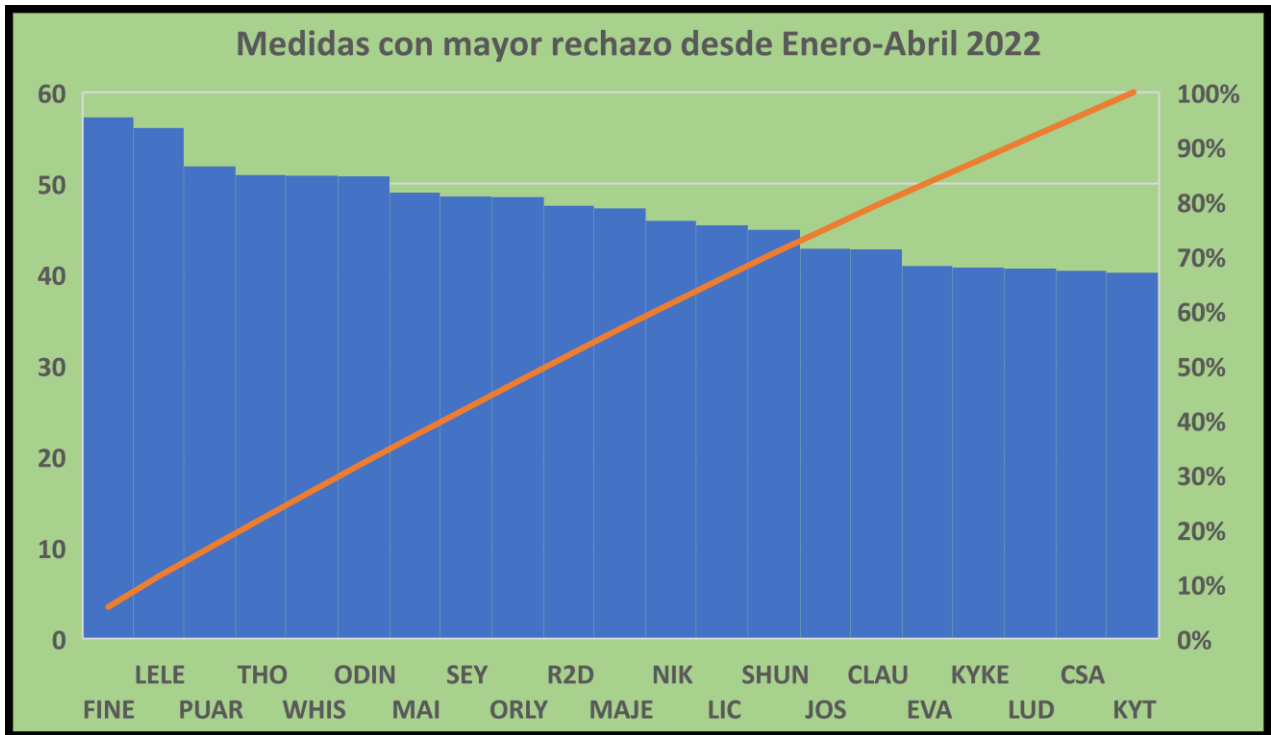
4.3 MEDICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.3.1 CUANTIFICACIÓN DE DATOS:

La totalidad de llantas rechazadas por balanceo no conforme oscila el 4% de lo balanceado los primeros cuatro meses del año en curso, el cual es proporcional a todo lo programado a balancear por mes, las medidas fueron analizadas en su mayoría por lotes de rechazo, (familias de llantas PSR/LTR), y por medidas con mucha repetitividad (rechazo), mes con mes. En cuanto al rechazo se refiere algunas medidas repiten casi todos los meses de análisis, algunas veces en menor cantidad y otras en mayor, dado lo anterior y con el fin de mejorar la situación actual, se analizó cuidadosamente según su respectiva trazabilidad a cada lote rechazado, gracias a los códigos de barras detectados y con ayuda del programa interno utilizado en la compañía Bridgestone de Costa Rica, de buscar trazabilidad a sus productos, llamado PCS. (Sistema de control de producción).

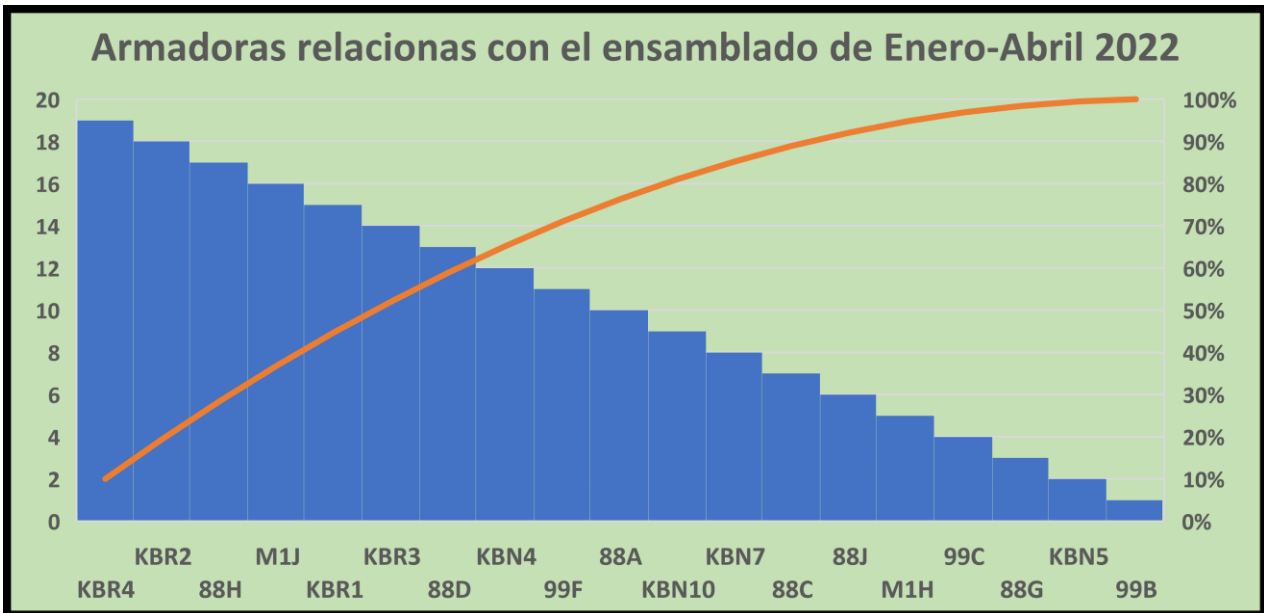
Gracias al mismo se pudo conocer todas aquellas armadoras involucradas y que presentan alguna oportunidad de mejora, mas todo lo relacionado a los materiales consumidos, se puede tener total seguridad de donde fueron ensambladas cada una de las llantas rechazadas, que turnos sale mayor aumento, que materiales son los más involucrados, spots por medidas utilizadas, instrucciones de trabajo, y los valores de balanceo son proporcionados por el mismo reporte emitido por la balanceadora Kokusai, la cual también indica que área de la llanta presenta oportunidad de mejorar al momento de ser retrabajada, para poder cuantificar la cantidad de producto rechazado como no conforme, se empezó analizar todos los registros y reportes emitidos por la Kokusai, que van desde el mes de enero hasta abril del presente año 2022.

Con lo anterior se obtiene la totalidad de llantas con mayor oportunidad según rechazo registrado, más todas aquellas armadoras involucradas según datos analizados mediante el estudio de su respectiva trazabilidad, las llantas y armadoras que aparecen en los siguientes gráficos fueron elegidas según los estudios de Anovas correspondientes a cada lote investigado del total rechazado por mes y a su respectiva desviación estándar obtenida en dicho análisis, donde se tomó en cuenta aquellas medidas que presentan mayor variabilidad en los datos recopilados por la Kokusai, y de paso fueron elegidas aquellas armadoras donde fueron armadas la mayoría de llantas rechazadas según los datos recopilados, expuestos en los siguientes gráficos, a continuación.



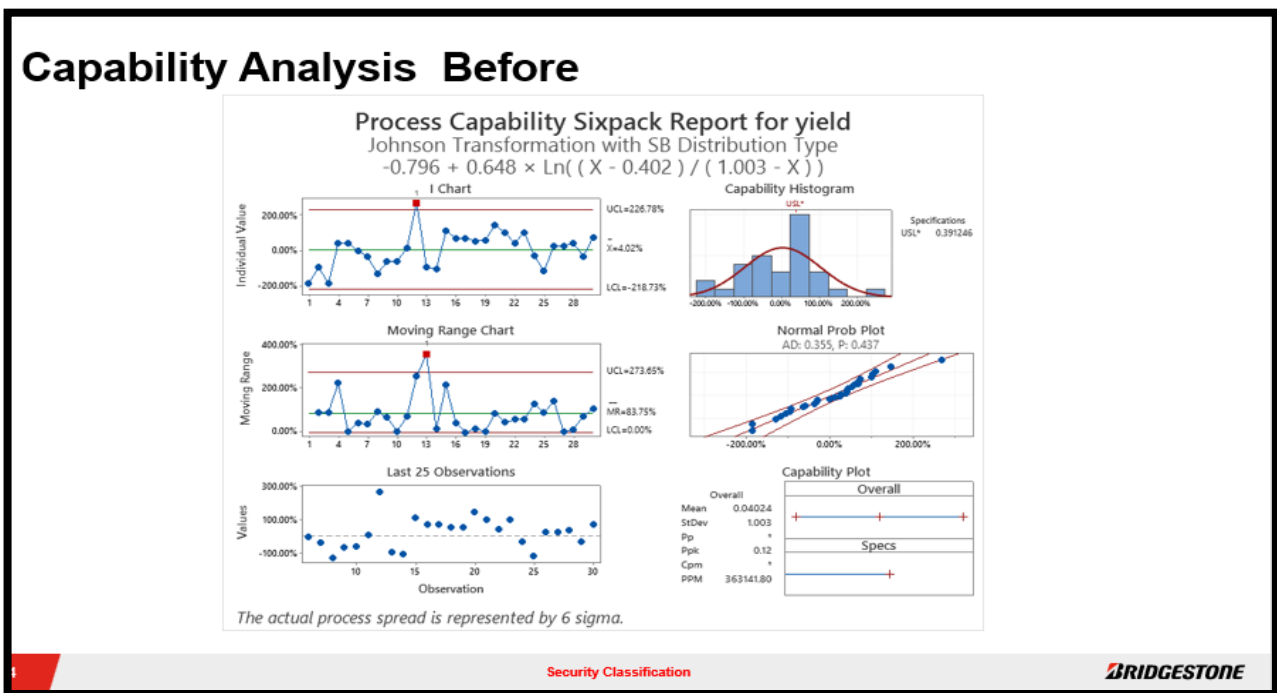
Gráficos 20 Pareto por medidas rechazadas de enero hasta abril 2022

Fuente: Elaboración propia, año 2022



Gráficos 21 Pareto por amadoras relacionadas rechazo de enero hasta abril, 2022

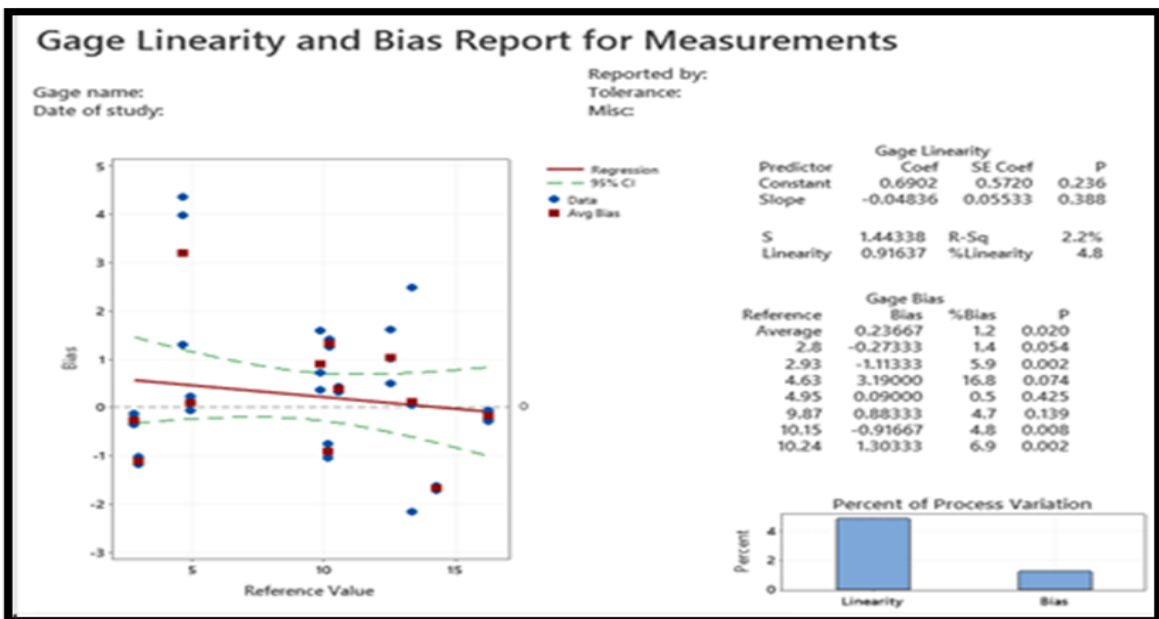
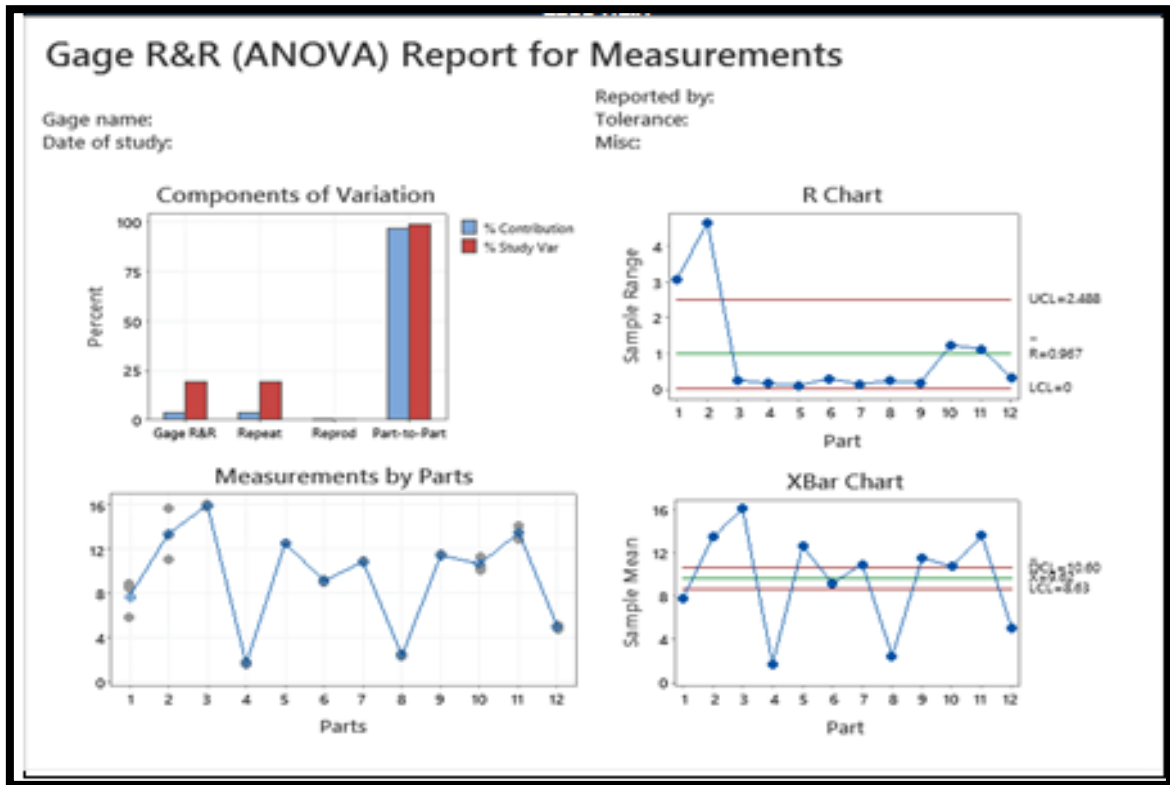
Fuente: Elaboración propia.



Gráficos 22 Análisis de capacidad

Fuente: Departamento de Inspección Final, 2022

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (MSA)



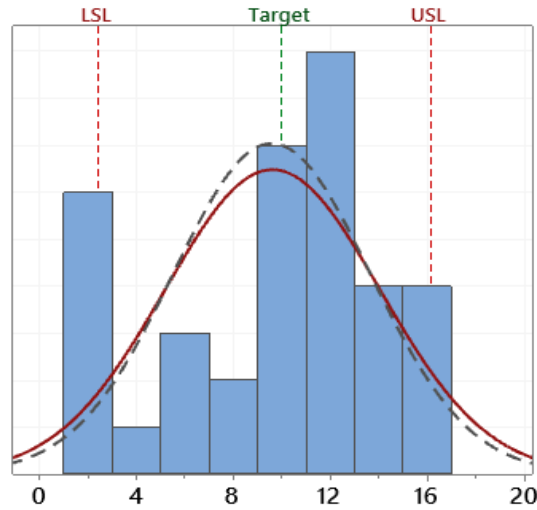
Gráficos 23 Análisis del sistema de medición (MSA)

Fuente: Departamento de Uniformidad, 2022.

Process Capability Report for partes mediciones

Process Data

LSL	2.44
Target	10
USL	16.17
Sample Mean	9.61583
Sample N	36
StDev(Overall)	4.4308
StDev(Within)	4.07599



— Overall
- - - Within

Overall Capability

Pp	0.52
PPL	0.54
PPU	0.49
Ppk	0.49
Cpm	0.47

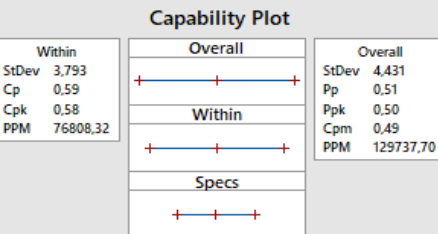
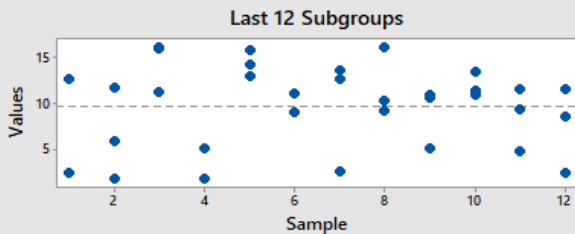
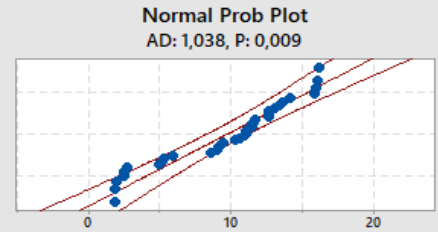
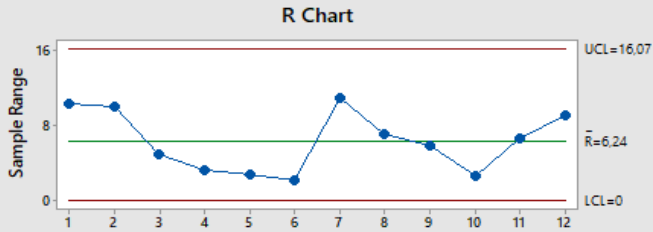
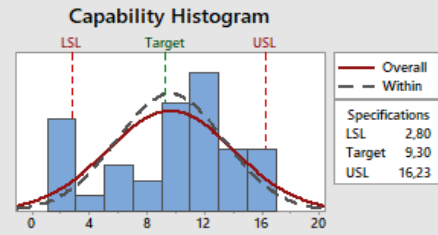
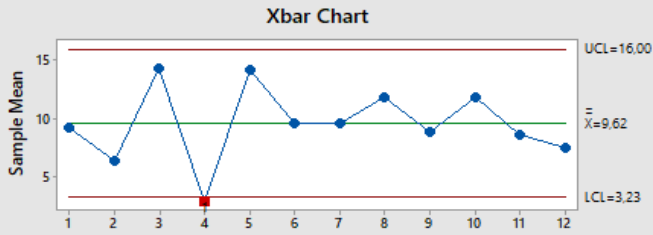
Potential (Within) Capability

Cp	0.56
CPL	0.59
CPU	0.54
Cpk	0.54

Performance

	Observed	Expected Overall	Expected Within
PPM < LSL	83333.33	52665.96	39160.35
PPM > USL	0.00	69539.38	53918.17
PPM Total	83333.33	122205.34	93078.53

Process Capability Sixpack Report for Measurements



Gráficos 24 Reporte de capacidad del proceso por mediciones obtenidas

Fuente: Departamento de inspección final, 2022.

De acuerdo con los resultados obtenidos tanto en el estudio de capacidad y el MSA realizado, según los datos recopilados para dichos análisis, podemos concluir que a pesar de que el proceso se presenta como normal, también el mismo tiene mucha oportunidad de mejora, según su Ppk obtenido menor a (1), podemos ver presentes en las gráficas, muchos valores fuera de los límites establecidos para dicho estudio, los valores de medición proporcionados en el análisis nos indican que se debe trabajar en mejorar el ensamblado y la distribución de pesos (uniones), en los materiales que forman las llantas verdes, además de aquellas variables que puedan afectar el flujo de llantas balanceadas de manera conforme en la propia máquina Kokusai, con el fin de incrementar el Cpk actual, donde la idea es poder alcanzar un indicador de la capacidad cercano o mayor a 1.33 para estabilizar y centralizar el proceso de balanceo estático y así poder evitar estar fuera de las especificaciones del cliente, respecto proceso de balanceo estático esperado.

4.3.2 UNIFORMIDAD:

La Calidad de la llanta, se determina a partir de su suavidad al rodar como característica esencial esperada por el cliente, para cumplir con esto, la llanta debe ser siempre igual en toda su circunferencia, no debe presentar variación alguna en su simetría, se refiere a un conjunto de propiedades mecánico dinámica en las llantas, las mismas están definidas por una serie de normas o propiedades de medición aceptadas por los fabricantes de vehículos y compañías productoras de llantas.

Este conjunto de parámetros que determinan las irregularidades de la llanta son las variaciones en la fuerza radial, lateral, la conicidad y protuberancias en la pared. Con el desarrollo tecnológico, los vehículos en la actualidad tienden a ser más ligeros, por lo tanto, son más sensitivos a la transmisión de irregularidades, por ende, requieren llantas más uniformes. Por ello, tanto las manufactureras de llantas y vehículos buscan el

mejoramiento de la uniformidad con el fin de hacer más confortable la conducción en todo momento, de igual manera los fabricantes de llantas están muy interesados en evitar todo tipo variables que afecten los resultados de balanceo no conformes, antes de llegar los productos a manos del cliente, ya que si las llantas cumplen con una buena uniformidad, es altamente probable que cuando sean balanceadas no exista mucha variación de pesos debido a la distribución ideal de los materiales que las conforman, lo cual genera mucho más confianza antes de colocarlas al mercado, dado lo anterior es de suma importancia para evitar ajustes o reclamos futuros de parte del cliente final, por llantas que en servicio presenten balanceos no conformes, cuando una llanta gira a 100 km/h esta realiza aproximadamente entre 12 y 15 revoluciones por segundo (700- 900 rpm), por lo cual es muy importante que este tipo de producto siempre cumpla con las especificaciones propias de ensamblado para evitar inconvenientes a futuros.

4.3.3 LLANTA NO UNIFORME.

Es aquella llanta que ejerce fuerzas variables sobre la carretera que pueden dañar componentes mecánicos del vehículo o hacer poco confortable su conducción. Estas variaciones se deben a los cambios u oscilaciones durante la rotación de la llanta, dichos cambios son generados por inconsistencias durante el proceso de manufactura de la llanta. Para la medición de estas fuerzas se utilizan los ejes de coordenadas que se dividen a partir del centro de la llanta. Por ende, las fuerzas pueden medirse a través de los ejes:

- FZ=Fuerzas Radiales como el RPP y RH1
- Fy=Fuerzas Laterales como LPP y Conicidad

Algunos de los aspectos que provocan una llanta No-Uniforme o con poca uniformidad, son los siguientes:

- ✓ Componentes mal alineados en sentido radial, lateral o ambos.

- ✓ Sectores en la llanta con mayor concentración de peso principalmente debido a espesores y anchos variables de los componentes y a uniones mal hechas.
- ✓ Pequeñas deformaciones en componentes.
- ✓ Ajustes Mecánicos mal realizados y piezas mecánicas defectuosas.

Información suministrada por el departamento de Uniformidad

Bridgestone de Costa Rica, año 2022.

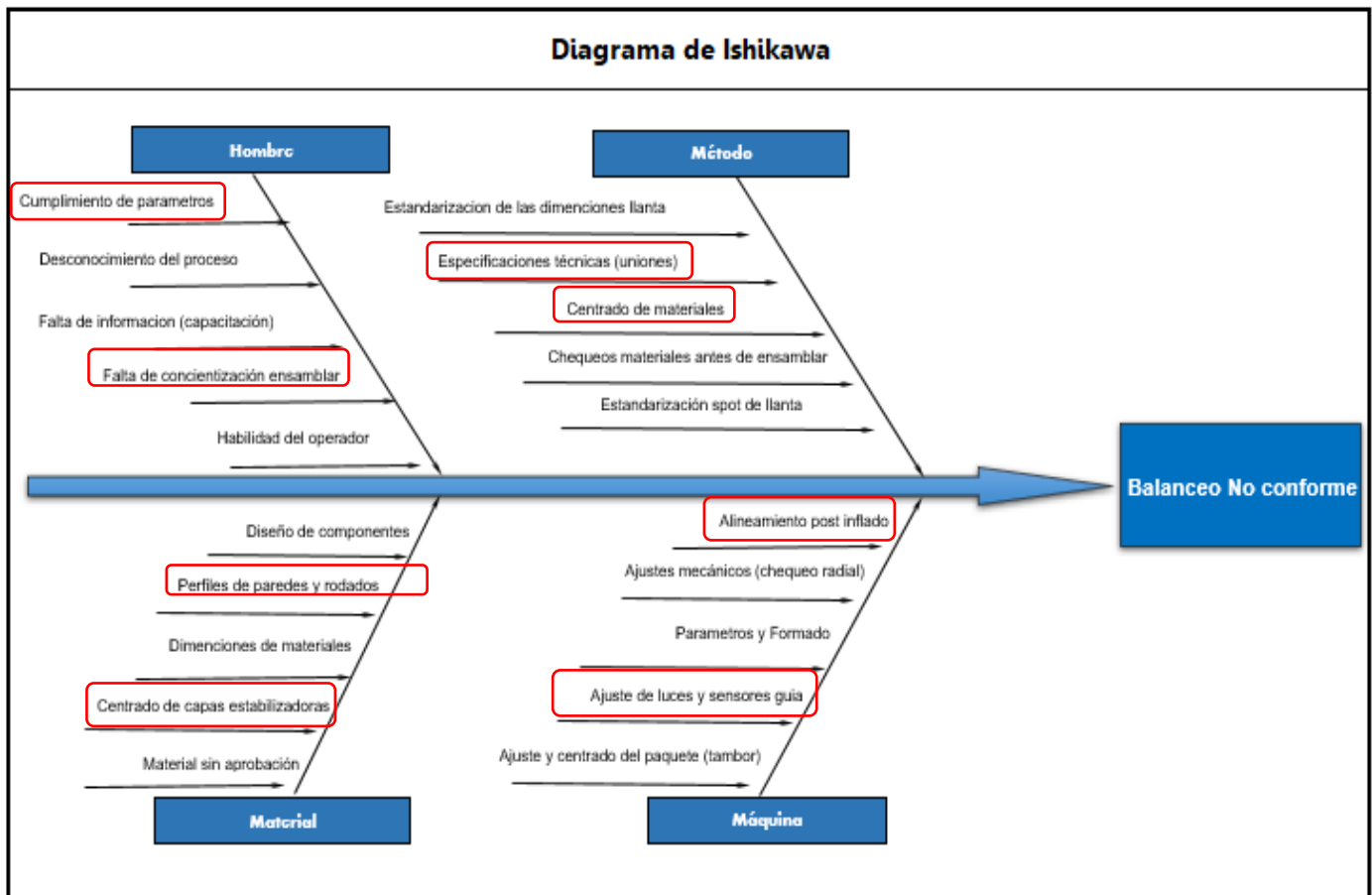


Ilustración 14 Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia, 2022

5. DIAGNOSTICO

5.1 Diagrama IPOMAP

Luego de la validación de los datos anteriores en los estudios de MSA realizados con ayuda de la herramienta de medición (minitab), se continua con el diagnostico para encontrar aquellas variables de mayor peso y que generan aumento del rechazo por balanceo no conforme, las cuales son claves en el proyecto en desarrollo y a su vez brindan algún tipo de alerta o señal a intervenir lo antes posible para mejorar el flujo de balanceo estático.

Para ello se utilizará la herramienta del IPOMap, la cual permite entender el proceso desde una perspectiva diferente donde se muestra el detalle de las entradas (inputs), y sus respectivas salidas (outputs).

Para la preparación del siguiente IPOMAP, se realizó una reunión con un equipo multidisciplinario involucrado en mejorar las variables que afectan el balanceo, el cual está compuesto por las áreas de: Uniformidad, Ingeniería Industrial, Inspección Final, Mantenimiento y Mejora Continua, estos para contar con los diferentes criterios de todas las áreas involucradas en el proceso.

En el siguiente IPOMAP se clasifican todas las variables obtenidas en la columna de entradas, posterior a esto se definió todas las controlables para el proyecto de tesis.

INPUTS	TYPE	PROCESS	OUTPUT
Ancho de uniones de filler	C	Preparación de materiales	Materiales listos
Cantidad de hilos de spiral	C		
Centrado rodado	C		
Centrado de capa estabilizadora	C		
Centrado de Spiral layer	C		
Culebreo del rodado	C		
Culebreo de capa estabilizadora	C		
Diferencia de cantidad de hilos	C		
Centrado de paquete en anillos	C		
Centrado de la carcasa en anillos	C		
Alineamiento de Post inflado de llanta	C		
Espesor de rodado	C		
Espesor de la pared	C		
Ancho de uniones de pared	C		
Centrado de insertos de tela	C		
Centrado del sellante	C		
Centrado de telas	C		
Centrado de paredes	C		
Ancho de escalón de capa estabilizadora	C		
Post inflado de la llanta	C		
Espesor de filler	C		
Aplicación del sellante	C		
Ancho del capas estabilizadoras	C		
Cantidad de hilos en el aro	C		
Diámetro del aro	C		
Ancho de inserto de tela	C		
Oreja de perro de capa estabilizadora	C		
Espesor de sellante	C		
Ancho de la tela	C		
Ancho del sellante	C		
Ancho de las paredes	C		
Ancho del rodado	C		
Off balance de la tela	C		
Alineamiento de Post inflado de llanta	C	Vulcanizado de llanta	Llanta vulcanizada
Post inflado de la llanta	C		

Figuras 15 IPOPMAP

Fuente: Diseño propio, año 2022.

Se logro obtener un total de 35 posibles variables, después del análisis elaborado por el equipo multidisciplinario de trabajo, las cuales se utilizan como insumo para la preparación del siguiente diagrama Matriz de Causa y Efecto.

5.2 MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO.

Con la elaboración del IPOMap se lograron identificar 35 posibles variables que pueden afectar en los resultados del balanceo estático, luego fue asignado un puntaje a cada variable y se tomaron las de mayor calificación, con el fin de filtrar aquellas calificaciones sobresalientes, con ayuda de la herramienta de Matriz de Causa y Efecto.

Para iniciar la elaboración de esta matriz se tendrá que filtrar la información obtenida de la siguiente manera:

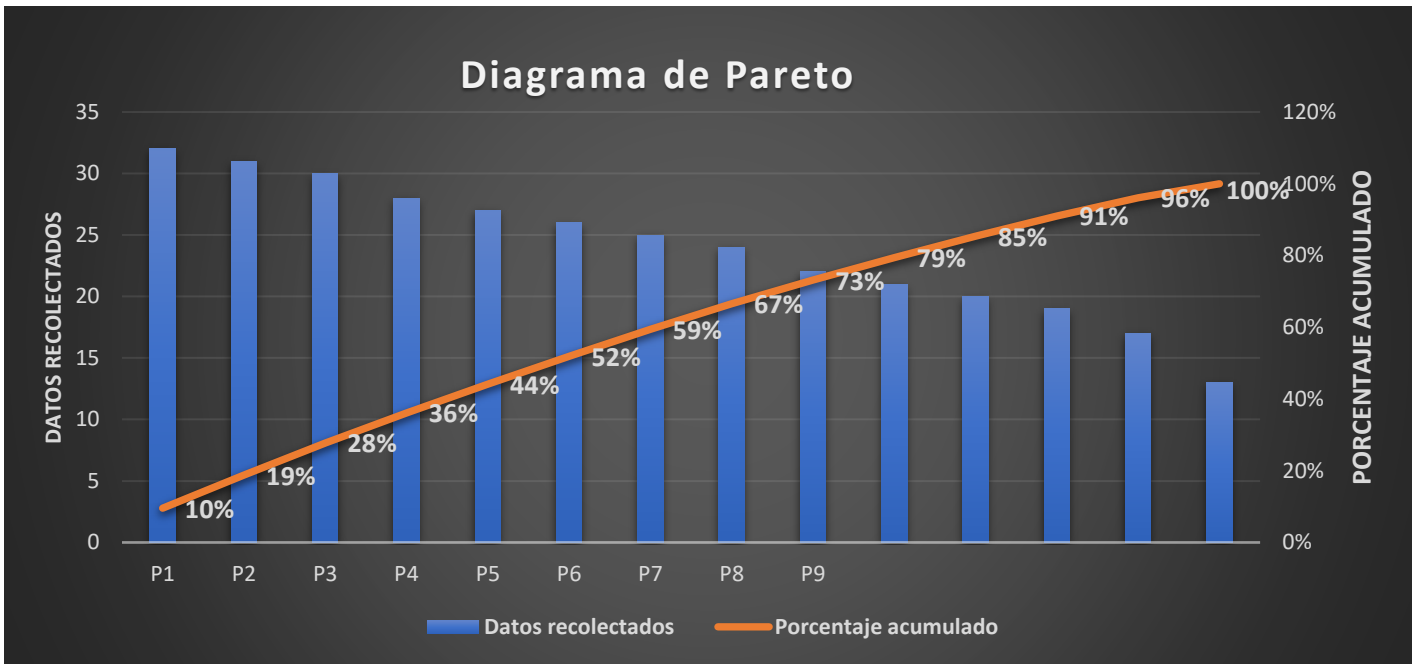
- Los datos para utilizar serán únicamente los que se clasificaron en controlables.
- Se tabulan los datos para ponderarlos de acuerdo con el impacto en el proyecto.
- El cliente genera los requerimientos para el proyecto y a estos se les asigna un valor de 0 a 10, siendo 0 el valor más bajo y 10 el más alto.
- Se utilizaron valores de 1, 3 y 9 para calificar el impacto de cada variable en cada uno de los requerimientos del cliente. Siendo 1 la influencia más baja y 9 la más alta.
- En la realización de esta parte se utiliza el criterio experto basado en datos previamente analizados para saber la relevancia.

Matriz Causa y Efecto

Relative Importance (10 is high (good) 1 is low)		9	7	7		
		Movimientos laterales excesivos	Movimientos radiales excesivos	Uniformidad conforme		
Step / Item #	Process Step	Process Inputs	rate 1,3,9 9 high influence (good), blank is no influence			Total
26	Armado de llanta	Ancho de uniones de filler	9	3	9	165
27	Armado de llanta	Ancho de uniones de pared	9	3	9	165
13	Preparación de materiales	Cantidad de hilos de espiral	9	1	9	151
20	Armado de llanta	Centrado rodado	9	1	9	151
21	Armado de llanta	Centrado de capa estabilizadora	9	1	9	151
22	Armado de llanta	Centrado de Spiral layer	9	1	9	151
24	Armado de llanta	Culebreo del rodado	9	1	9	151
25	Armado de llanta	Culebreo de capa estabilizadora	9	1	9	151
28	Armado de llanta	Diferencia de cantidad de hilos	9	1	9	151
30	Armado de llanta	Centrado de paquete en anillos	9	1	9	151
31	Armado de llanta	Centrado de la carcasa en anillos	9	1	9	151
32	Vulcanizado	Alineamiento de Post inflado de llanta	9	1	9	151
17	Armado de llanta	Centrado del sellante	9	1	9	151
19	Armado de llanta	Centrado de paredes	9	1	9	151

Figuras 16 Matriz de causa y efecto

Se logro obtener un total de 14 posibles variables después del análisis elaborado, las cuales se utilizan como insumo para la elaboración del AMEF.



Gráficos 25 Diagrama de Pareto por variables enero hasta abril 2022

Fuente: Elaboración propia.

Posición real (Causas y datos ordenados)		Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Alineamiento de post inflado de la Ila	32	10%	10%
2	Centrado de la carcasa en anillos	31	9%	19%
3	Centrado del paquete de anillos	30	9%	28%
4	Diferencia de la cantidad de hilos	28	8%	36%
5	Ancho de uniones de pared	27	8%	44%
6	Ancho de uniones de filler	26	8%	52%
7	Culebreo de la capa estabilizadora	25	7%	59%
8	Culebreo del rodado	24	7%	67%
9	Centrado del spiral layer	22	7%	73%
10	Centrado de la capa estabilizadora	21	6%	79%
11	Centrado del rodado	20	6%	85%
12	Centrado de las paredes	19	6%	91%
13	Centrado del sellante	17	5%	96%
14	Cantidad de hilos de spiral	13	4%	100%

Tabla 1 Principales variables de afectación rechazo

Ranking	Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados	ID en gráfico
6	Ancho de uniones de filler	26	P1
5	Ancho de uniones de pared	27	P2
14	Cantidad de hilos de espiral	13	P3
11	Centrado del rodado	20	P4
10	Centrado de la capa estabilizadora	21	P5
9	Centrado del spiral layer	22	P6
8	Culebreo del rodado	24	P7
7	Culebreo de la capa estabilizadora	25	P8
4	Diferencia de la cantidad de hilos	28	P9
3	Centrado del paquete de anillos	30	
2	Centrado de la carcasa en anillos	31	
1	Alineamiento de post inflado de la ll	32	
13	Centrado del sellante	17	
12	Centrado de las paredes	19	

Tabla 2 Variables directas asociadas al rechazo

Fuente: Elaboración propia



Tabla 3 AMFE metodología en 7 pasos

Fuente: www.acmplean.com

- I. Se inicia en la primera columna con la etapa del proceso y esta se completa con las entradas del proceso.
- II. En la segunda columna en el espacio de las estradas del proceso se tabulan las entradas claves del proceso.
- III. Para el desarrollo de esta herramienta se solicitó la ayuda de todos los departamentos que brindan un servicio en el área de inspección final, el insumo utilizado para el desarrollo de este fue el análisis de datos históricos y el criterio experto de todas las partes.
- IV. Se continua con el modo potencial de la falla. En esta se especifica de qué manera puede fallar la entrada clave.
- V. El efecto potencial de la falla se tabula como este puede fallar (causas).
- VI. Se determina un valor de severidad en una escala de 1 a 10, siendo 1 el valor que representa un menor impacto y 10 el máximo impacto.
- VII. Se completa la casusa potencial de la falla.
- VIII. Se asigna un valor en la columna de ocurrencia que personifica la posibilidad de que ocurra un evento en un volumen de producción.
- IX. Se tabulan los controles actuales para que esta condición no se presente.
- X. Se asigna un valor al espacio de la columna donde está la detectabilidad, este va enfocado en que tan probable es que se pueda detectar el problema antes de que genere la consecuencia.
- XI. Se multiplican los valores de Severidad, Ocurrencia y Detectabilidad. El resultado es el RPN por sus siglas en inglés (número de prioridad de riesgo).
- XII. Se eligen las variables que obtuvieron el RPN más alto para empezar a trabajar.

5.3 Process Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current Controls	D E T	R P N
Armado de llanta	Centrado de paquete en anillos	Descentrado del paquete	Excesivo movimiento lateral, Paquete descentrado, LPP	9	Mal ajuste de anillos	4	Visual	5	180
Armado de llanta	Centrado del sellante	Sellante descentrado	Excesivo movimiento lateral, conicidad	7	Mal ajuste de guías del sensor de sellante.	5	Visual	5	175
Armado de llanta	Centrado de paredes	Pared derecha o izquierda descentrada	Excesivo movimiento lateral, conicidad	7	Mal ajuste de bandejas de servidor de paredes	5	Visual	5	175
Armado de llanta	Centrado de capa estabilizadora	Capa descentrada, escalón descentrado	Excesivo movimiento lateral, LPP, conicidad	8	Aplicación descentrada de la capa.	5	Visual-TUO	4	180
Armado de llanta	Ancho de uniones de pared	Una unión más ancha que la otra	Excesivo movimiento lateral, LPP, RH1	8	Mal ajuste en largo de pared, ajuste de la cuchilla, corte manual	5	Visual	5	150
Vulcanizado	Alineamiento de Post inflado de llanta	Llanta con post inflado inadecuado o sin post inflado	Movimientos laterales, RH1	8	Problema de alineamiento de post inflado, ajuste de parámetros de post-inflado	5	Visual- mecánico	5	150
Armado de llanta	Centrado de la carcasa en anillos	Descentrado del paquete	Excesivo movimiento lateral, Paquete descentrado, LPP	9	Descentrado de colocación de carcasa, colocación manual	3	Visual	5	135
Armado de llanta	Centrado rodado	Rodado descentrado	Excesivo movimiento lateral, paquete descentrado, conicidad, LPP	8	Aplicación descentrada del rodado en armado, llanta salida de anillos. Descentrado de	4	Visual-TUO	3	98
Armado de llanta	Ancho de uniones de filler	Una unión abierta o unión más achá	Excesivo movimiento lateral	8	Incorrecto ajuste de aplicadora de filler	3	Visual	5	90

Figuras 127 Frecuencia acumulada FMEA

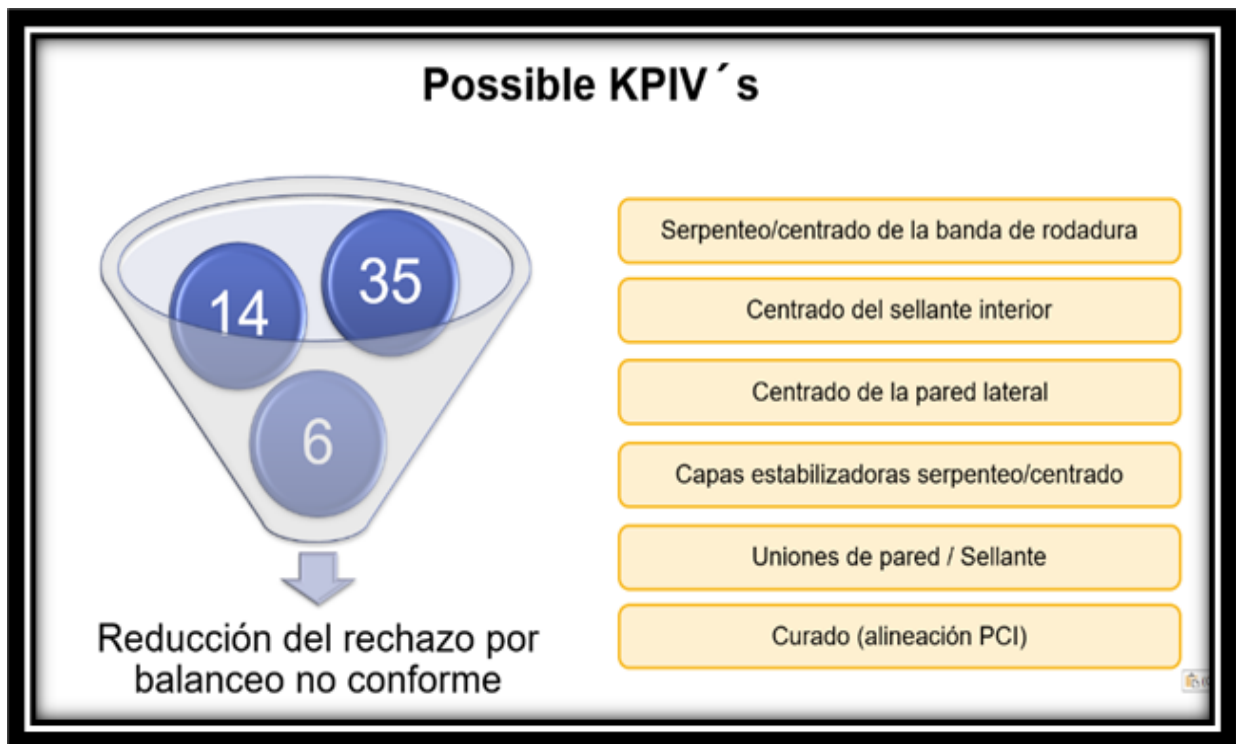
Fuente: Diseño propio, año 2022.

Gracias a la herramienta FMEA, más la opinión del experto del departamento de Uniformidad y demás colaboradores, se logró identificar las 6 variables claves que se consideran el mayor insumo al proyecto para poder evitar el aumento de llantas rechazadas por balanceo no conforme y de esta manera evaluar el impacto en el proyecto.

CAPITULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SOLUCIONES.

5.1 VARIABLES SEGÚN FMEA REALIZADO:

En este quinto capítulo se desarrollan las variables reconocidas anteriormente gracias a la herramienta (FMEA), donde pudimos identificar las que se consideran más críticas de acuerdo con el proceso y según el impacto que queremos para el proyecto en desarrollo. Para lograr identificarlas se utilizó una serie de herramientas de análisis para priorizar entre toda la información y poder filtrarla de forma más efectiva logrando el insumo necesario para el proyecto actual.



Figuras 18 Variables del proyecto FMEA

Fuente: Diseño propio, año 2022.

5.1.1 VARIABLE # 1 Centrado del paquete de anillos/ banda de rodadura.

En el proceso de ensamblado de materiales en el departamento de armado, es de suma importancia que el paquete de anillos presente la condición ideal, que no sobrepase los 3mm de la línea central, necesaria para el centrado de materiales que conforman en paquete luego de ser acoplado en sus dos etapas, para garantizar una condición idónea en anillos, lo cual nos garantiza que la llanta verde no presenta un desequilibrio por un mal ajuste o una mala colocación de materiales, lo cual luego pueda generar una condición no conforme por sospecha de paquete descentrado, que a su vez afectará el balanceo si no se tiene el cuidado de evitar la condición antes mencionada.

Etapa I. (Sellante / Tela 1. / Tela 2. / Paredes / Filler / Cejas / Aros)

Etapa II. (Capas estabilizadoras / Spiral Layer / Rodado)



Ilustración 15 Centrado del paquete anillos

Fuente: Bridgestone Costa Rica

5.1.1.3 VARIABLE # 2 Centrado del sellante (Armadoras)

En el proceso de ensamblado al colocar el sellante, se debe de procurar cumplir con el centrado idóneo del material para evitar una mala distribución de pesos o arrugas del material, de igual manera lo anterior se cumple siempre y cuando exista presente un buen chequeo antes de empezar a trabajar que garantice el buen centrado y que los materiales cumplan con las dimensiones de la especificación de la llanta que se va a ensamblar.



Ilustración 17 Centrado del sellante variable # 2

Fuente: Diseño propio, 2022

Para desarrollar esta variable se realizó varias visitas, por las diferentes armadoras para conocer la opinión de los operadores acerca de la materia prima que utilizan y la condición de la misma, con el fin de realizar algunas pruebas de centrado, según las luces

guía y a su vez se realizó una toma de tiempos al momento de ejecutar centrado idóneo según parámetros y especificaciones dadas.

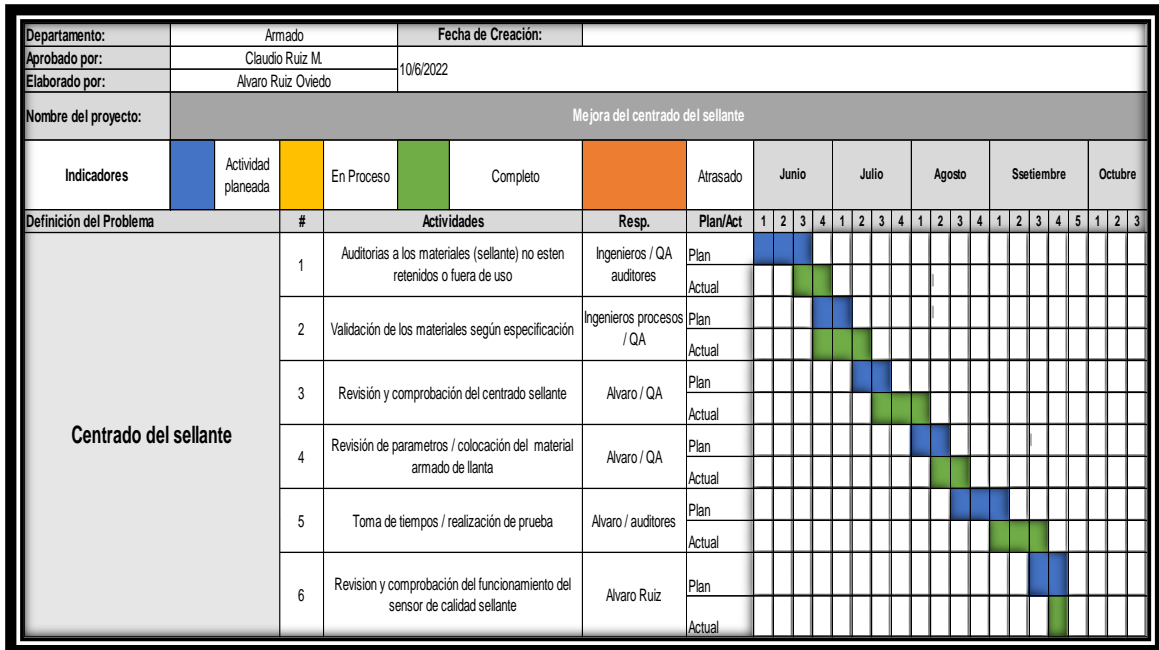
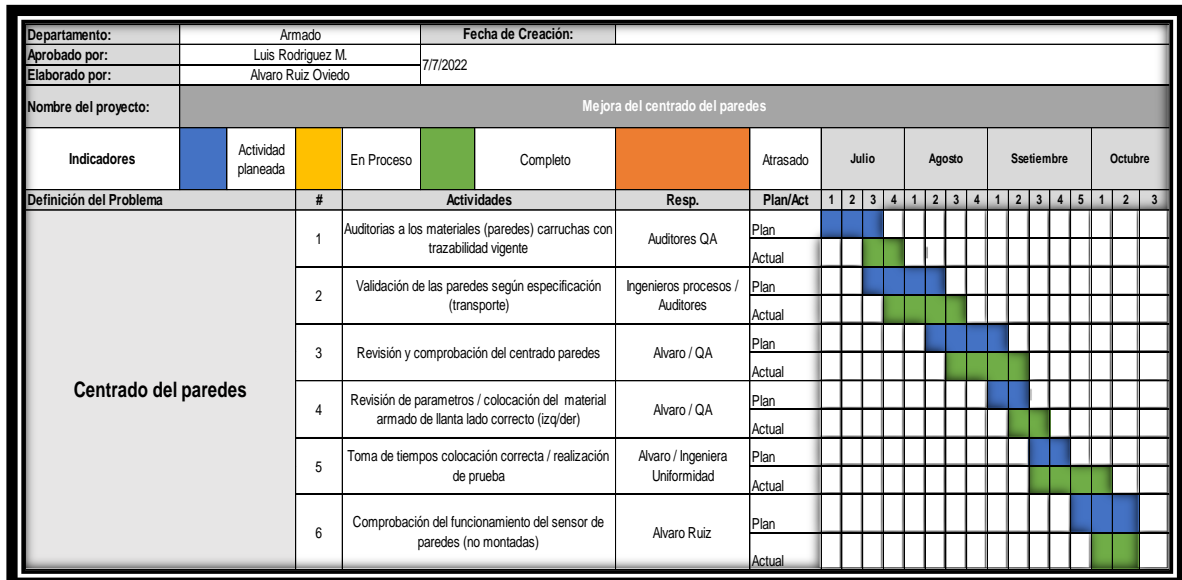


Ilustración 18 Diagrama de Gantt variable # 2

Fuente: Diseño propio, 2022

5.1.1.4 VARIABLE # 3 Centrado de paredes (Armadoras)

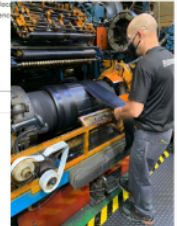
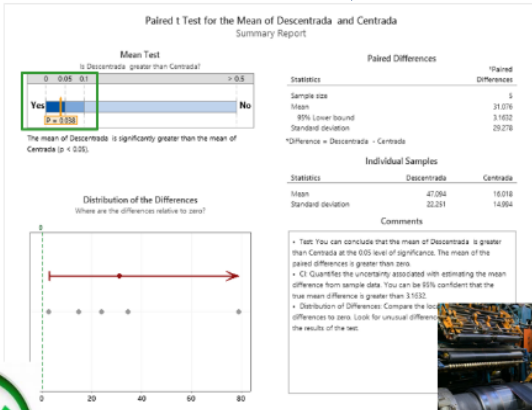
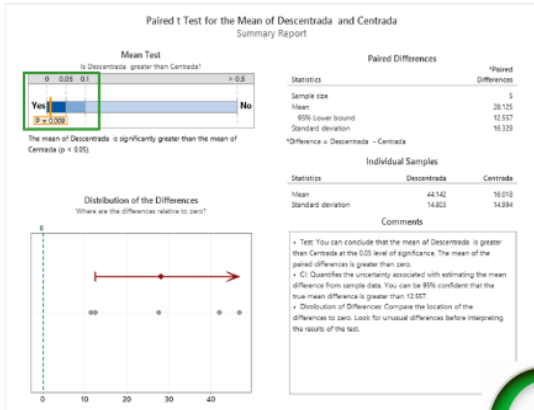


Fuente: Diseño propio, 2022

Ilustración 19 Diagrama de Gantt variable # 3

Sidewall centering

Centrado de paredes



Sidewall centering

Centrado de paredes

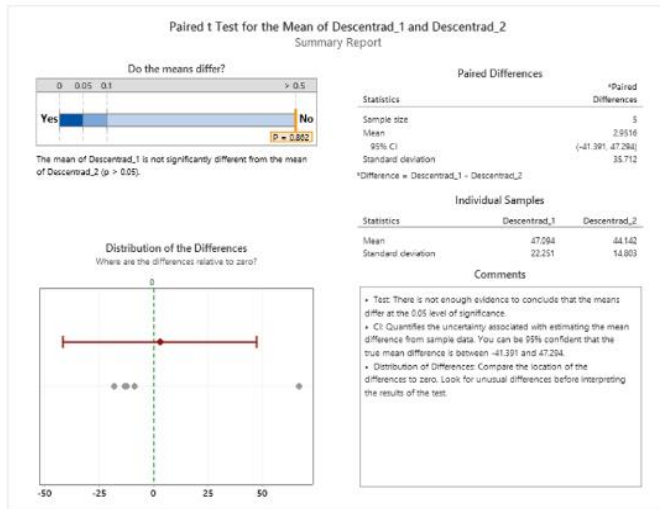


Ilustración 20 Centrado de paredes en la armadura variable # 3

Fuente: Diseño propio, 2022

Para desarrollar esta tercera variable se analizó en las diferentes armadoras la forma de colocar las dos paredes, tanto lado izquierdo así como el lado derecho, velando su colocación correcta y no montadas, lo cual si se da, genera acumulación de hule, que una vez vulcanizada la llanta aumenta el peso en la zona que presentan mayor cantidad de material, lo cual sino viene bien centrada y aparte trae acumulación de hule, genera un desequilibrio al momento de ser balanceada por la Kokusai, por motivos de que hay una mala distribución del material consumido, de igual manera se realiza la prueba del centrado de pared con valores según especificación al igual que se realizó con valores fuera de parámetros 5mm. (centrada y descentrada), ver cuadros minitab anteriores.

5.1.1.5 VARIABLE # 4 Centrado de capas estabilizadoras (Armado)

Para lograr un adecuado centrado de las capas estabilizadoras, primero que todo se necesita que el insumo salga bien desde el departamento generador, en el área de (Steelatic), donde lo mínimo que se espera es que las capas cumplan, con el largo, ancho e inserto correspondiente, y en su respectivo espesor, que la adhesión sea la correcta según cédula de producción, la misma no debe presentar uniones anchas, arrugas, diferencias de hilos de alambre en capa, falta de adhesión, etc.



Figuras 19 Centrado capas estabilizadoras variable # 4

Fuente: Diseño propio, 2022

Departamento:	Armado	Fecha de Creación:																		
Aprobado por:	Luis Rodriguez M.	12/6/2022																		
Elaborado por:	Alvaro Ruiz Oviedo																			
Nombre del proyecto:	Mejora del centrado del capas estabilizadoras																			
Indicadores	Actividad planeada	En Proceso	Completo	Atrasado	Junio	Julio	Agosto	Ssetiembre	Octubre											
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4 5	1 2 3	1 2 3 4											
Centrado de capas estabilizadoras	1	Auditoria al área de Steelastic revisar carruchas con trazabilidad vigente	Auditores / Ingenieros calidad	Plan																
				Actual																
	2	Verificación de anchos de las capas	Ingenieros procesos / Auditores	Plan																
				Actual																
	3	Verificación de cuchillas de corte y angulos correspondientes	Alvaro / QA	Plan																
				Actual																
	4	Revisión de parametros / Especificaciones de colocacion maximo permitido de uniones	Alvaro / QA	Plan																
				Actual																
	5	Comprobación del funcionamiento del sensor de aplicacion de capas en paquete llanta verde	Alvaro / Ingeniera Uniformidad	Plan																
				Actual																

Ilustración 21 Diagrama Gantt variable # 4

Fuente: Diseño propio, 2022

La cuarta variable de análisis centrado de capas estabilizadoras, lo que busca es poder realizar de igual manera diferentes pruebas, a todas aquellas variables de mayor relevancia, donde la idea es poder comparar tanto los resultados con capa centrada, así como conocer que tanto se puede decentar la capa, siempre y cuando no venga culebreada, evidentemente sin que se salga de objetivo según parámetros de armado, donde se respete las uniones y los anchos de capa, espesores de orilla de capa, más cantidad de hilos, siempre con el objetivo de garantizar una buena distribución de los materiales que nos brinden garantía al momento de balancear las llantas una vez vulcanizadas.

5.1.1.6 VARIABLE # 5 Ancho de uniones de pared / sellantes / telas (Armado)

De igual manera que las anteriores variables, esta quinta variable de estudio y análisis acerca de los anchos de las uniones tanto de telas, pared, y sellante, lo que se intenta conocer en esta prueba realizada es que tantos milímetros puedo yo permitir hacer el empalme sin generar mayor inconveniente, sobre todo cuando la llanta sea balanceada, se hizo las pruebas con uniones de 2mm y hasta 4mm, (pared específicamente), cuyos resultados obtenidos fueron satisfactorios, el tema pasa en que según la variación de las diferentes uniones en otras parte de la llanta, puedan

generar altas variaciones en los resultados esperados, cuando hay varias uniones muy seguidas, sean e pared, tela y sellante, la llanta verde sufre en esas zonas un aumento de peso y desequilibra la distribución pesos de la llanta, lo cual al momento de ser balanceada evidentemente será rechazada por una mala o muy seguida de uniones, en la confección de la llanta verde.

Tabla 4 Ancho de uniones permitido

ANCHO DE UNIONES			
Materiales	Prueba 1	Prueba 2	Estandar
Unión de tela	6mm	8mm	4mm
Unión de sellante	15mm	20mm	8mm
Unión de paredes	4mm	6mm	0mm

Fuente: Diseño propio, Costa Rica 2022

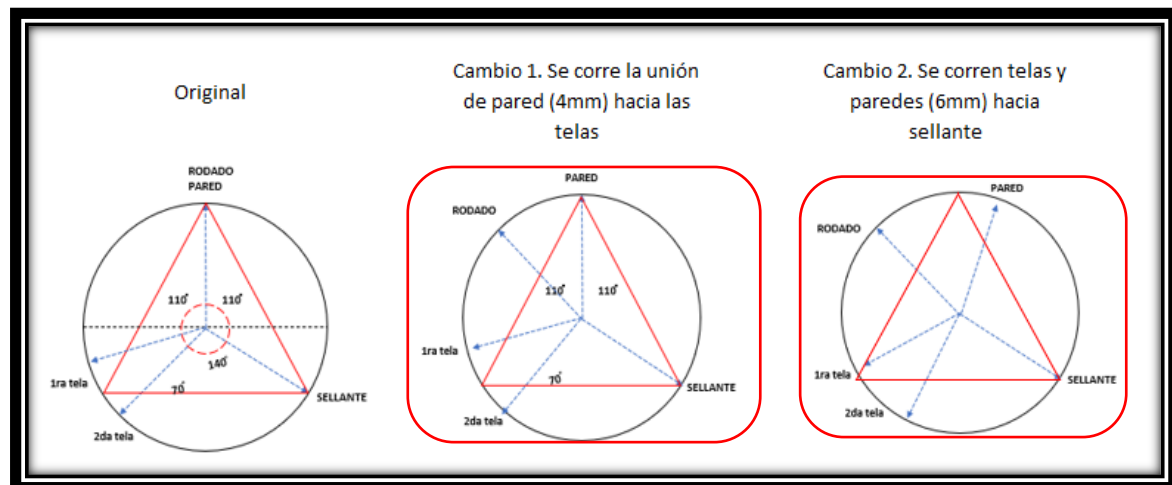
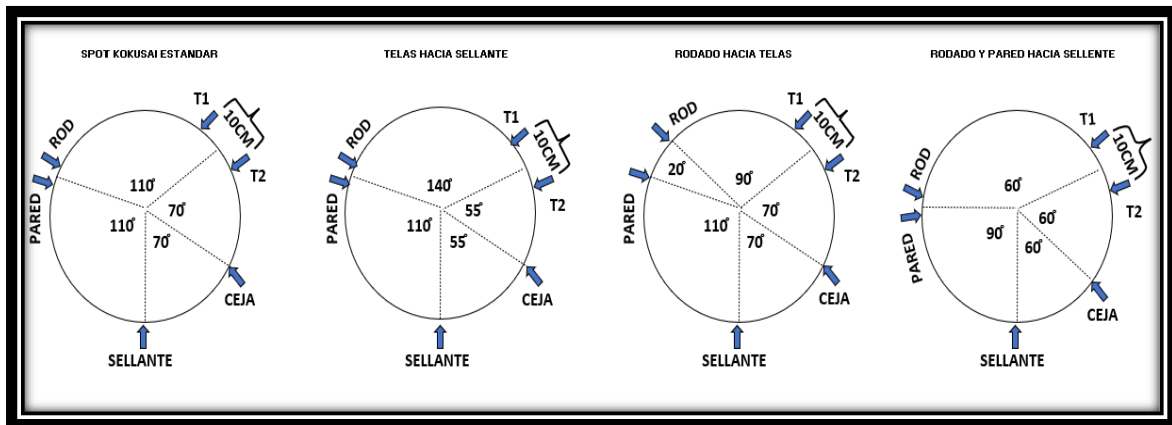


Ilustración 22 Spots de colocación de uniones variable # 5

Cond. 1	Desc. Cond. 1	Familia	Diseño	Medida	2019		
726	Llanta no Balanceo	LTR	CV5000	395R15C	1		
				DESTINATION A/T	31310.50R15LT	2	
					P245/70R16	2	
					P265/70R16	7	
				DESTINATION RVT	31310.50R15LT	1	
					LT245/75R16	2	
					LT265/75R16	8	
				DURER A/T REVO 2	265/65R17	1	
				DURER H/T 684 II	225/65R17	2	
					LT225/70R16	1	
					P215/70R16	2	
					P265/60R18	1	
				DURER H/T 840	265/65R17	3	
				Total LTR		33	
				PSR	ALL SEASON	235/70R15	1
						225/65R17	2
					F-600	185/65R14	1
				Total PSR		4	
Total Llanta no Balanceo					37		
727	Excesivo Peso (plomo) para Balanceo	LTR	DESTINATION A/T	P265/70R16	1		
				DESTINATION RVT	31310.50R15LT	4	
					LT245/75R16	2	
					LT265/75R16	8	
				DURER A/T REVO 2	265/65R17	4	
				DURER H/T 684 II	225/65R17	1	
					P265/60R18	1	
				DURER H/T 684 III			
				ECOPHA	245/70R16	1	
				DURER H/T 840	265/65R17	13	
Total LTR		39					
Total Excesivo Peso (plomo) para Balanceo					39		
Total					76		

18 Llantas por reclamo por balanceo

Tabla 5 Historial de reclamos por balanceo no conforme

Fuente: Diseño Propio, 2022

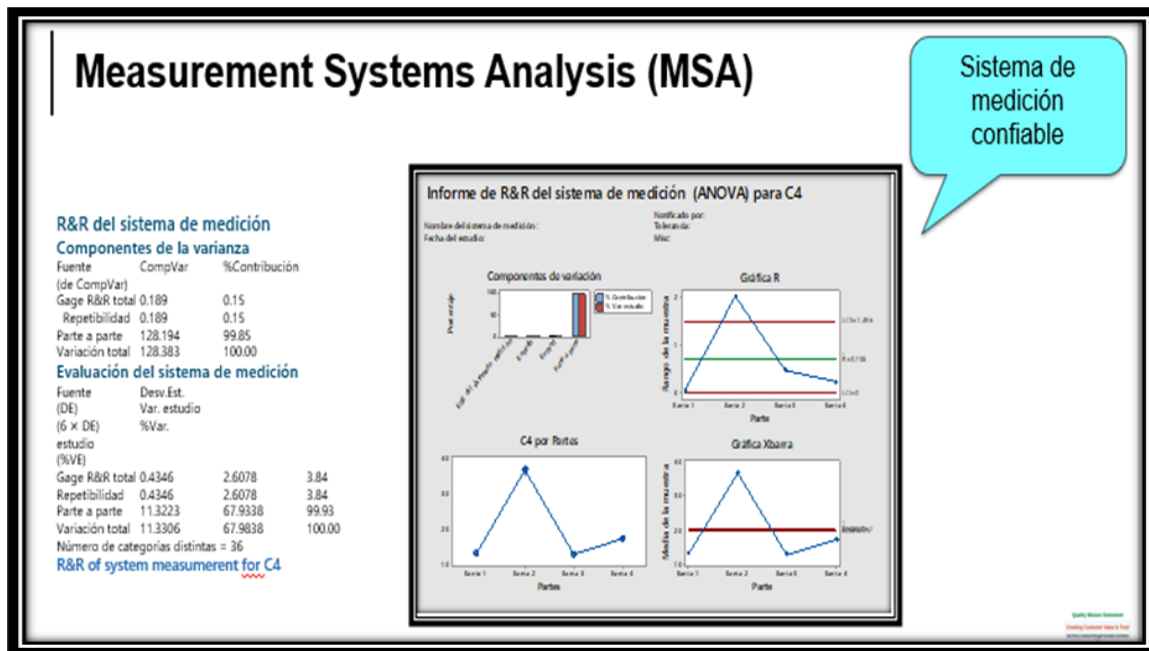


Gráfico 25: MSA. uniones anchas pared (variable #5)

Fuente: Diseño propio, 2022

5.1.1.7 VARIABLE # 6 Alineamiento de post-inflado de llanta (Vulcanizado)

Se trata del sexto KPIVs en análisis, del actual proyecto en desarrollo, que de una manera u otro infliere en el resultado conforme del balanceo dinámico, debido a que si el alineamiento del post-inflado no está de manera conforme según la especificación de cada

llanta, puede influir mucho debido a las siguientes condiciones de la vulcanizadora: guías desajustadas, sensores mal estado, pérdida de PCI de inflado de llanta, fugas mangueras, brazos cargadores desalineados, el stop gate (Pink de frenado de llanta desalineado), parámetros de post-inflado no conformes, PCI equivocado, todo lo anterior afecta el ciclo de la llanta de inicio a fin, ya que luego de cumplir el proceso de vulcanización la llanta debe pasar a una última etapa de ajuste del post-inflado la cuál ayuda a una buena formación y distribución de materiales y es acá, donde si se presenta alguna condición no conforme de las antes mencionadas, la misma va ser sometida a una mal formación interna una vez ya vulcanizada, porque si ella sufre pérdida de presión, se verá afectada en los siguientes procesos tanto al ser pasada por las máquinas TUOs, así como por la balanceadora Kokusai, lo cual al final del análisis nadie quiere que esto ocurra debido a que esto aumentaría el rechazo por balanceo no conforme dado que la presión de formado de la llanta vulcanizada determinar que existe una relación directa entre la presión de formado en las otras etapas antes mencionas, entonces es acá donde se debe recalcular el alineamiento del post-inflado a utilizar para evitar afectar la construcción de la llanta y rechazos que podemos controlar, a pesar de lo complejo del proceso en cada parte por donde es medida y sometida la llanta para poder garantizarla según los requerimientos del cliente final.

5.1.1.8 Costos y beneficios

Para ejecutar las contramedidas fue necesario realizar una serie de análisis acerca de que tanto porcentaje de beneficio se obtuvo, si comparamos el primer cuatrimestre del año actual 2022. (enero-abril), con el segundo cuatrimestre, (mayo-agosto) ya que en el segundo ya se pudo aplicar algunos Kaizen para mejorar la situación al inicio del año, dado el aumento de llantas rechazadas, como se puede ver en a tabla adjunto, podemos ver que al comparar los dos cuatrimestres hay una mejoría bastante notable, en el segundo periodo de estudio, donde la idea según los resultados obtenidos es poder tener claro que es lo que realmente se debe ejecutar para mejorar el rechazo y dar seguimiento a todo aquello que trae beneficio y disminución al indicador de rechazo de llantas mal balanceadas al comparar un periodo y el otro.

Llantas Antes de la mejora			Llantas despues de la mejora		
	Enero	% rechazado		Mayo	% rechazado
	61367	95,9		56368	97,66
rechazadas	2639	4,1	rechazadas	1350	2,34
Balanceadas	64006	100,0	Balanceadas	57718	100
	Febrero	% rechazado		Junio	% rechazado
	22594	95,98		66382	97,68
rechazadas	946	4,02	rechazadas	1574	2,32
Balanceadas	23540	100	Balanceadas	67956	100
	Marzo	% rechazado		Julio	% rechazado
	20598	95,77		65100	97,7
rechazadas	910	4,23	rechazadas	1512	2,27
Balanceadas	21508	100	Balanceadas	66612	100,0
	Abril	% rechazado		Agosto	% rechazado
	26158	95,98		67593	97,61
rechazadas	1096	4,02	rechazadas	1654	2,39
Balanceadas	27254	100	Balanceadas	69247	100
TOTALES:	136308		TOTALES:	261533	

Tabla 4: Comparación entre los dos cuatrimestres de estudio.

Fuente: Diseño propio, 2022

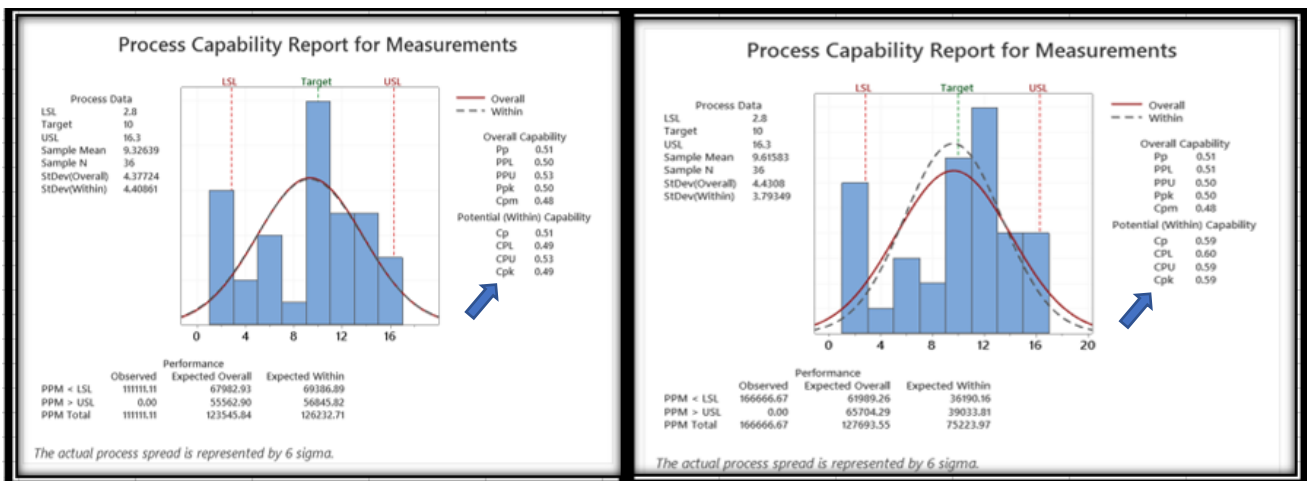


Ilustración 23 Comparación entre periodos estudio de capacidad

Fuente: Diseño propio, 2022

Al inicio del proyecto, cuando se analizó la capacidad del proceso para conocer la variabilidad del mismo este contaba con un Cpk de 0.49 para posteriormente ser mejorado a un Cpk de 0.59 luego de las mejoras implementadas, Si bien es cierto los valores no muestran el proceso como apto aún, con las mejoras ejecutadas su mejoría fue de un casi 2.3% en la variabilidad del proceso, esto indica que el proyecto va por buen camino y que se debe continuar con el mejoramiento continuo todos los días, sobre todo debido a lo complejo del análisis, ya que algunas variables hay ocasiones que no afectan igual a otras llantas, al momento de ser balanceadas, pero estamos trabajando en alcanzar la máxima disminución de aquellas variables que si son controlables, lo cual es de suma importancia ya que sabemos que eso aumenta el indicador de llantas conformes y disminuye el rechazo, al menos por ahora casi en un 50%, si lo comparamos con los cuatro primeros meses del año, lo cual nos brinda una muy buena señal de que vamos por buen camino y que el objetivo principal del proyecto se empieza alcanzar, con trabajo continuo de todos y con la aplicación de mejoras establecidas, se le está dando un mayor enfoque a todo aquello que antes estaba afectando el indicador de rechazo, y lo mejor aún se está controlando con responsables en cada área, donde se trabaja en mejorar en todas aquellas variables ya identificadas con el fin de volvernos mucho más rentables y competitivos, al ensamblar nuestros productos, y satisfacer las necesidades del cliente final.

COSTOS	MATERIALES	HORAS	MANO DE OBRA	SUBTOTALES
Mejoramiento de base de luces guías (paquete descentrado)		12	€ 5 525,00	€ 66 300,00
Chequeos radiales preventivos (mantenimiento)		12	€ 4 530,00	€ 54 360,00
Genbas en armadoras y reportes de fallas		10	€ 4 760,00	€ 47 600,00
Ajuste de bandejas sellante		10	€ 3 900,00	€ 39 000,00
Mejoramiento de sensores de alimentación sellante		10	€ 4 100,00	€ 41 000,00
Ajuste y cambios de cuchillas de sellante	€ 858 000,00	8	€ 4 530,00	€ 36 240,00
Reparación de sensores de anchos (KBR1/KBR4)	€ 3 380 000,00	12	€ 6 500,00	€ 78 000,00
Ajuste de bandeja de paredes		12	€ 4 650,00	€ 55 800,00
Chequeos de materiales y revisión de espesores		12	€ 5 530,00	€ 66 360,00
Certificación de paredes		12	€ 6 830,00	€ 81 960,00
Pruebas físicas y técnicas	€ 702 000,00	60	€ 6 830,00	€ 409 800,00
Ejecución de pruebas en Armado		10	€ 4 790,00	€ 47 900,00
Crear un estandar nuevo colocación pared y estichado		12	€ 5 530,00	€ 66 360,00
Ajuste y mejoramiento estructura (sensor anchos)		8	€ 4 530,00	€ 36 240,00
Estandarización de spot de anchos		10	€ 5 530,00	€ 55 300,00
Ajuste de cuchillas de corte y luces guía		10	€ 5 530,00	€ 55 300,00
Ajuste de brazos cargadores (Vulcanizado)		12	€ 4 530,00	€ 54 360,00
Revisión de las bandas y PCI (vulcanización)		10	€ 6 530,00	€ 65 300,00
Chequeos y revisión de parametros del PCI		10	€ 3 980,00	€ 39 800,00
Ajuste de sensores y valvulas en la Kokusai		10	€ 7 820,00	€ 78 200,00
Creación de carretas para llanta verde (colocación)	€ 1 820 000,00	10	€ 4 950,00	€ 49 500,00
Ajuste y mejoramiento de la base de lubricacion de la ceja		5	€ 4 530,00	€ 22 650,00
Chequeo radiales programados en area de vulcanización		12	€ 5 530,00	€ 66 360,00
TOTALES:	€ 6 760 000,00			€ 1 613 690,00
TOTAL:	€ 8 373 690,00			

Tabla 6 Análisis económico requerido para la mejora

Fuente: Diseño propio, 2022

COSTOS ASOCIADOS AL RETRABAJO		MATERIALES	HORAS	MANO DE OBRA	SUBTOTALES
RETRABAJO KOKUSAI	Repaso llantas por la kokusai		36	€ 3 225,00	€ 116 100,00
	5s en el area y capacitación cuadrillas	€ 343 040,00	6	€ 4 760,00	€ 28 560,00
	Cemento C4289	€ 185 736,00			
	Pintura RQ196	€ 125 568,00			
	Solvente	€ 90 252,00			
	Lubricante de ceja J0269	€ 103 332,00			
	Colocación nuevo recipiente para lubricante J0269	€ 137 340,00	2	€ 4 750,00	€ 9 500,00
	software digital que informe que hay 10 llantas rechazadas por medida	€ 2 222 500,00	10	€ 5 250,00	€ 52 500,00
	Costo asociado a retrabajar una llanta no conforme	€ 2 112,00			
		€ 3 209 880,00	TOTAL:		€ 3 416 540,00

Tabla 7 Análisis económico por retrabajo Kokusai

Fuente: Diseño propio, 2022

Por otra parte, al atacar las variables claves del proceso que afectan el balanceo se logró demostrar que estaban generando un porcentaje alto de llantas a retrabajar, pero ahora con el seguimiento y control de la mayoría de esas variables en los últimos meses, se puede cuantificar beneficios muy importantes para la compañía donde no solo se logró aumentar la cantidad de llantas balanceadas, al pasar de 4% del rechazo a un 2.38%, lo cual significa que se pudo disminuir el rechazo en más de un 45%, sino que a su vez se logra un efecto paralelo, ya que aumenta las llantas conformes si comparamos un periodo de cuatro meses con el otro, lo cual viene a ser de gran utilidad ya que la inversión inicial aproximada es de ₡ 11 274 432,15 colones.

Si consideramos todos aquellos cambios en las mejoras necesarias a realizar no solo en el área de armado, sino que a su vez se requiere inversión de todo tipo en la propia balanceadora Kokusai, con la intención de poder reducir también, el consumo de insumos para poder retrabajar las llantas rechazadas, (ver tabla #21), a la fecha con los cambios ya realizados se pudo calcular la siguiente tabla, donde podemos ver cuánto se redujo en unidades el rechazo, así como la diferencia de llantas conformes en términos económicos, si comparamos el primer cuatrimestre del año actual, con el segundo hasta el mes de agosto, donde podemos conocer el costo asociado a retrabajar una (llanta), con un valor promedio de ₡ 2112 colones, al calcular ese monto por las llantas que se logró reducir, más el aumento de llantas conformes, estaríamos diciendo que en un periodo no mayor a los 4 meses hay un retorno de la inversión inicial, utilizada en corregir todo aquello que nos pueda generar ganancias a futuro.

Beneficios	Cantidad de llantas que no se retrabajarón en 4 meses	Costo retrabajar llanta	Subtotales
Reducción de llantas para retrabajo Kokusai	5766	₡ 2 112,00	₡ 12 177 792,00
Aumento de llantas conformes en comparacion primeros 4 meses año	1759	₡ 2 112,00	₡ 3 715 008,00
		Total:	₡ 15 892 800,00

Tabla 8 Calculo de la mejora

Fuente: Diseño propio, 2022.

Análisis de la relación del costo/beneficio del proyecto:

Inversion:	₡ 11 790 230,00		
tasa de desc	7%		
FLUJO DE CAJA			
PERIODO (MES)	INVERSIÓN	INGRESOS	EGRESOS
4	₡ 11 790 230,00	₡ -	₡ -
5		₡ 4 059 264,00	₡ 869 351,00
6		₡ 5 682 364,00	₡ 985 634,00
7		₡ 2 436 164,00	₡ 933 563,00
8		₡ 3 715 008,00	₡ 569 842,00
VNA INGRESOS:	₡ 15 892 800,00		
VNA EGRESOS:	₡ 3 358 390,00		
VNA EG+INVERSION	₡ 15 148 620,00		
COST. BENEF	₡ 1,05		

Tabla 9 Análisis de costo/Beneficio

Fuente: Diseño propio, 20

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES:

- Tal y como hemos podido comprobar mediante los estudios y análisis anteriores del proyecto en curso se pudo cuantificar la totalidad de llantas rechazadas mensualmente en los primeros cuatro meses del año y a su vez también se pudo detectar aquellas variables de mayor importancia que afectan el balanceo, con el fin de calcular el costo incurrido de realizar todo el retrabajo realizado para este año en curso.
- Tras el análisis realizado, podemos deducir que se logra mejorar el proceso de elaboración de llantas ya que se consigue reducir la cantidad de rechazo por balanceo no conforme, las pruebas realizadas permiten confirmar una mejora en el Cpk, (0.49 - 0.59), de las medidas con mayor oportunidad según sus valores de balanceo, las cuales fueron analizadas para las pruebas realizadas, consiguiendo de esta forma cumplir con el objetivo principal del proyecto.
- Es importante aclarar que se logra determinar las principales causas raíz y los 6 KPIVs seleccionados, los cuales contribuyen con el incremento de llantas balanceadas de manera conforme, durante el proceso de armado de las llantas, mediante las diferentes pruebas aplicadas en el desarrollo de proyecto se inició con un total de 35 posibles causas raíz que son las causantes de la falta de llantas con una mejor distribución de materiales producto del ensamblado.
- También se pudo aplicar diferentes técnicas de Seis Sigma para poder descartar de forma objetiva mediante la evolución de los resultados cada una de las pruebas, se fue reduciendo la lista de 14 posibles causas hasta llegar a un total de 6 KPIVs,

que posteriormente fueron evaluados estadísticamente, donde al intervenir un poco las recomendaciones y los Kaizen sugeridos, tomando los meses de mayo a agosto, el porcentaje de rechazo Kokusai fue de un 2.8%, luego de las contramedidas aplicadas, se redujo a un 2.3 %, mejorando así el balanceo dinámico, también se confecciono un diagrama de Gantt para establecer las tareas que comprenderían las mejoras y sus respectivos responsables, para dar poder controlar el proceso los siguientes meses y seguir evitando el rechazo por balanceo no conforme.

- Se analizan las variables críticas y se realizan pruebas de hipótesis para demostrar que estas eran significativas para esto se plantearon varias pruebas y con esto se logró demostrar que 3 de ellas son relevantes, se establecen mejoras a nivel mecánico (armadoras) y de PLC (Kokusai), para mejorar las condiciones generales en las dos áreas y de esta forma lograr que mejoren su rendimiento.
- Gracias a todo lo anterior, se realizaron reuniones con todo el personal involucrado en las distintas áreas con oportunidad como lo fue en armado, vulcanizado e Inspección final para garantizar que las mejoras propuestas y realizadas perduren en el tiempo, el fin concientizar a todos que se puede trabajar mejor, si realizamos de manera consciente nuestras actividades.
- Recalcar finalmente, la importancia del principal recuerdo de la compañía, (su gente ya que muchas cosas funcionan cuando hay compromiso de parte de todos, y en esta ocasión no fue la excepción para lograr alcanzar objetivos con poco capital de inversión, pero si con mucho compromiso de parte de todos).

6.2 RECOMENDACIONES:

- Realizar una inversión económica en el área de armado e inspección final como recomendación para mejorar y evitar variables ya detectadas, por mencionar algunos ejemplos, reparación de sensores, elaboración de carretas con el fin de evitar deformidad de la llanta verde, software de alerta para la Kokusai, para mejorar las condiciones de funcionamiento en ambas áreas y de esta manera tener una mejora sostenida en los resultados a través del tiempo.
- Se debe de realizar un proyecto adicional para establecer alguna guía u estándar de consumo de los materiales necesarios, cuando se debe re TRABAJAR una llanta rechazada por balanceo, ya que algunos operadores en ocasiones no aplican los insumos de igual manera, si comparamos un reparador con otro, existen algunas diferencias al momento de re TRABAJAR la llanta, lo cual al final genera un costo adicional sino se tiene control del consumo y la aplicación de los recursos.
- Se debe de tener un mejor control en cuanto al aumento del rechazo por la balanceadora ya que, si se reacciona a tiempo, podemos corregir aquello que quizás pensamos que está en condiciones óptimas, pero a la postre afecta el balanceo de una forma u otra, la idea es no esperar a que haya en el piso un inventario alto de llantas rechazadas, para tratar de corregir posibles variables ya detectadas, lo cual generaría menor re trabajo y un aumento en el balanceo según tiquete de producción.
- Incluir la metodología 5's, en la máquina Kokusai y en las propias armadoras de llantas, para trabajar de una mejor manera y que todos los colaboradores tengan mayor concientización del trabajo que realizan, ya que si todos tenemos claro el

buen manejo de la metodología 5s, podemos ofrecer un mejor resultado de nuestras acciones, sobre todo al momento de clasificar, ordenar, limpiar, buscar estandarizar u mejorar constantemente en nuestros puestos de trabajo, de esta forma el proceso será más ordenado y más eficaz, con el fin de mantener un orden y un mejor flujo del proceso ya sea cuando se ensambla o bien, cuando se realizan pruebas de balanceo.

- Velar por el buen funcionamiento del sistema de lubricación de cejas, ya que en ocasiones nos dimos cuenta de que algunas llantas fueron rechazadas de manera muy seguida, y al realizar Genba por la máquina, pudimos notar que estaban ingresando desajustadas al adaptador del aro, producto de faltante de lubricación, entraban desajustadas, por lo cual, al momento de ser infladas y balanceadas, no se obtenían los valores esperados.
- Acatar y respetar siempre los spots de armado, para evitar uniones fuera de especificación u uniones montadas, que son variables de mayor detención, al momento de cortar una llanta, nos damos cuenta de que el rechazo fue por alguna de las condiciones antes mencionadas.
- Capacitar una vez al año, al personal de armado y al de inspección final en temas de recordatorios, manejo del proceso, flujo de información, manejo y control de las máquinas que operan todos los días y evidencias recopiladas en eventos de retenciones de producto sospechoso (no conforme), y reclamos de parte del cliente final, en temas de un mal ensamblado y un mal balanceo, el fin de que podamos generar conciencia en la forma de trabajar y cambiar todo aquello que nos pueda afectar.

Referencias Bibliografías:

Acuña Acuña, J. (2013). Control estadístico de la calidad Un enfoque integral y estadístico 3 a ed. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica

Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. 3ª ed. México: The McGraw Hill

Gutiérrez, H. (2014). Calidad y productividad. (4a. ed.) McGraw-Hill InterAmerican. Tomado de <http://ebooks7-24.com/?il=751>

Manufactura Inteligente. (2015). Obtenido de Manufactura Inteligente: <http://www.manufacturainteligente.com/cft/>

Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P (2010). Metodología de la Investigación, 5ta ed. México: Mc Graw Hill.

Imai, M. (2014). Gemba Kaizen. (2a. ed.) McGraw-Hill Interamericana. Tomado de <http://ebooks7-24.com/?il=7607>







Bibliografía electrónica

<https://www.google.com/maps/place/Bridgestone+Costa+Rica>







<http://www.google.com/> Metodología SMART, qué es, para que sirve y ejemplos - Isopixel One

<http://www.google.com/> Estudios R&R de Medición – MSA | Centro de Ingeniería de la Calidad (cicalidad.com)

ANEXOS # 1

# de ítem	Ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada
1	Parámetros	Setear los grados de giro para aplicar la tela según especificación de la llanta.	
2	Tomar cuchillo	El operador debe tomar el cuchillo que se encuentra al lado izquierdo del tambor para realizar el corte de tela.	
3	Corte de tela	Se debe cortar la tela en el 5to hilo según imagen, para que quede una unión de 3mm con el gancho del cuchillo.	
4	Unir tela	Se debe unir la tela por todo el largo asegurando los 3mm en la unión	
5	Estichar unión de tela	Se debe estichar con una pasada la unión para sacar el aire de la misma	
6	Dar ciclo	Se presiona el botón de ciclo para el siguiente paso	

ANEXO # 2

1	Unir pared derecha y colocar código de barras	Se debe unir la pared derecha a tope	
2	Unir pared izquierda	Se debe unir la pared izquierda a tope	
3	Tomar esticher	Se toma el esticher que se encuentra al lado izquierdo del tambor	
4	Estichar pared derecha	Se debe estichar la unión 2 veces para evitar que se abra	
5	Estichar pared izquierda	Se debe estichar la unión 2 veces para evitar que se abra	
6	Guardar esticher y dar ciclo	Colocar esticher en el lugar correspondiente y dar ciclo para el siguiente paso	





# de ítem	Ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada
1	Seleccionar Capa Estabilizadora	Calidad: Escoger la carrucha correspondiente a la I o II Capa estabilizadora según corresponda. Revisar el código del material ubicado en la trazabilidad versus el código del material ubicado en la especificación que tiene la medida.	
2	Seleccionar carro de capa	Calidad: Conforme a la capa que va a montar seleccionar el carro a utilizar, ya que hay para I o II Capa estabilizadora Seguridad: Aflojar el freno de la espiga del carro de capa para que pueda girar al dar vuelta a la manilla	
3	Montar carrucha	Producción: Montar la carrucha de I o II Capa estabilizadora en la guía de base	
4	Acercar carro de capa	Producción: Acercar el carro de capa a la base. Colocar la espiga del carro en línea al orificio central de carrucha. Empujar el carro de capa hacia adentro.	

Ilustración 25 Estándar de colocación de materiales

Fuente: Bridgestone de Costa Rica 2022

Genba 5S



Nombre: Alvaro Ruiz

Fecha: 9/9/2022

Máquina Kokusai

Cumple: 1

No cumple: 0

Ítem	Descripción	Condición	Comentario
EHS	Acto/condición insegura Equipo de emergencia obstruido/dañado Aspectos ambientales		
Panel en general	Identificado, limpio y sin daño estructural, que no se encuentren abiertos.		
Área de rodillo lubricador y zona de inflado de llanta	Sin exceso de lubricante o polvo de pulido		
Fugas	En caso de que existan fugas verificar que exista el reporte a mantenimiento (Pedir al		
Conveyer carga manual	Botoneras identificadas, sin objetos personales en las estructuras		
Pasillos	Pasillos entre maquinas limpios y despejados		
Área del operador	Debe estar limpia, ordenada e identificada.		
WT	Debe tener la firma del operador en turno.		

Observaciones:

Tabla 27: hoja de control de monitoreos Kokusai

Fuente: Bridgestone de Costa Rica 2022

Antes de la mejora



Después de la mejora



Ilustración 27 Carretas de llantas verde mejoradas

Fuente: Bridgestone de Costa Rica 2022

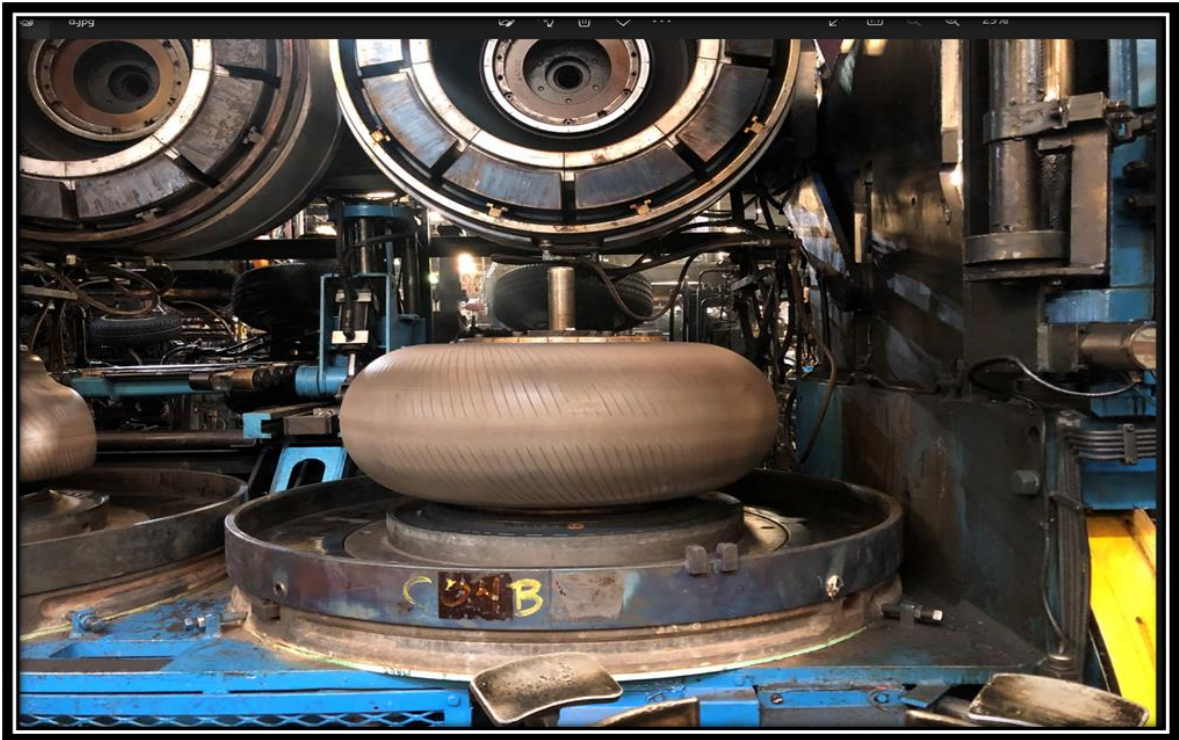


Ilustración 28 Chequeos y alineamientos en la vulcanizadora

Fuente: Bridgestone de Costa Rica 2022

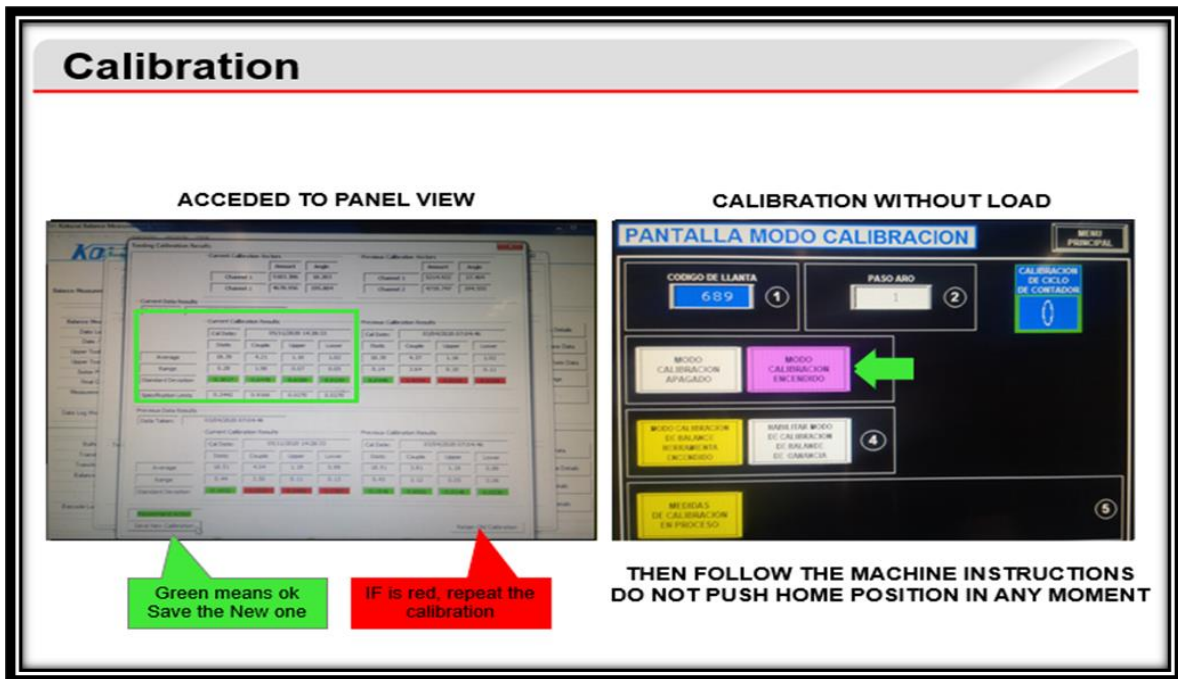
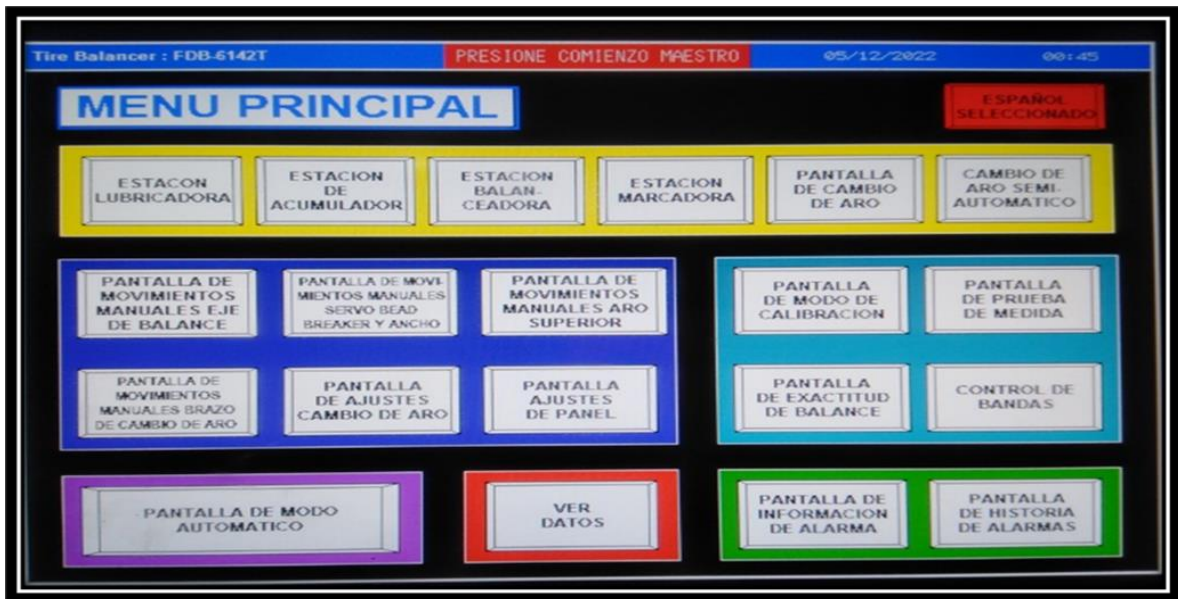


Ilustración 29 Menu principal y guía de calibración Kokusai

Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

Bitácoras de las tutorías

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	18/2/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
07:00pm	08:30pm	

TEMAS TRATADOS :

Anteproyecto capitulo # 1 / repaso de temas generales (acerca del proyecto)

ACUERDOS:

Capitulo # 1 completo y lectura del capitulo # 2 / avanzar

AVANCES

Capitulo # 1

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN	FECHA	11/3/2022	HORA	07:30pm	LUGAR	Heredia
-----------------------	--------------	-----------	-------------	---------	--------------	---------

Firma Estudiante:	Alvaro Ruiz Oviedo
Firma Tutor:	Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA) Digitally signed by MELISSA SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA) Date: 2022.10.11 21:35:43 -06'00'

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	11/3/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO
07:30PM

HORA DE CIERRE
08:30PM

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS :

Revisión del capítulo # 1 y Capítulo # 2

ACUERDOS:

Capítulo # 2 completo y avance del Capítulo # 3 / repasar minitab

AVANCES

Revisión del Capítulo # 2

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN	FECHA	1/4/2022	HORA	06:00pm	LUGAR	Heredia
----------------	-------	----------	------	---------	-------	---------

Firma Estudiante:
Firma Tutor:

Alvaro Ruiz Oviedo
Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA
SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:36:20 -06'00'

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	1/4/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
06:00pm	07:30pm	

TEMAS TRATADOS :

Revisión y un repaso general de los Capítulos # 1, #2, #3

ACUERDOS:

Agregar temas en Capítulo # 2 y Capítulo # 3, ir agregando información con la metodología

AVANCES

Revisión de los Capítulos # 2 y Capítulos # 3

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN	FECHA	22/4/2022	HORA	08:00pm	LUGAR	Heredia
----------------	-------	-----------	------	---------	-------	---------

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Alvaro Ruiz Oviedo
Melissa Grant Chaves

MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA
SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:36:47 -06'00'



Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	22/4/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO
08:00pm

HORA DE CIERRE
09:00pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS :

Revisión y repaso del Capítulo # 3. corrección de algunos términos e información general

ACUERDOS:

Ajustar bien la información debajo de los Gráficos y algunos cuadros

AVANCES

Revisión del capítulo # 3 y Avance del Capítulo # 4

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN	FECHA	13/5/2022	HORA	07:00pm	LUGAR	Heredia
-----------------------	-------	-----------	------	---------	-------	---------

Firma Estudiante:

Alvaro Ruiz Oviedo

Firma Tutor:

Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA
SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:37:16 -06'00'

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	13/5/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
07:00pm	08:00pm	

TEMAS TRATADOS :

Revisión del Capitulo # 3 y las correcciones solicitadas, mas Avance del Capitulo # 4

ACUERDOS:

Tratar de ir avanzando capitulo # 4 y revisión general del capitulo # 4 /lectura

AVANCES

Capitulo# 4, analisis de la información e repaso y interpretación de términos

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA 3/6/2022 HORA 07:00pm LUGAR Heredia

Firma Estudiante:

Alvaro Ruiz Oviedo

Firma Tutor:

Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA
SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:40:01 -0600

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	3/6/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
07:00pm	08:15pm	

TEMAS TRATADOS :

Avance del Capitulo# 4, correcciones de la información y seguimiento del capitulo, corregir portadas y algunos titulos

ACUERDOS:

Seguimiento de análisis, ordenar y realizar un historico de la información

AVANCES

Capitulo# 4, avanzar todo lo posible arrancar parte del capitulo # 5

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN | FECHA | 24/6/2022 | HORA | 07:30pm | LUGAR | Heredia

Firma Estudiante:

Alvaro Ruiz Oviedo

Firma Tutor:

Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA
SUSANA GRANT CHAVES
(FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:38:16 -06'00'

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	24/6/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
07:30pm	08:30pm	

TEMAS TRATADOS :

Montar algunos cuadros de diagrama de grant, para ir pensando como controlar lo que propongo hacer, avance del capitulo # 5

ACUERDOS:

Corregir algunos puntos del capitulo# 4, valorar análisis del capitulo# 5.

AVANCES

Avance de información de gráficos pendientes de revisión general de lo hasta hoy realizado

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA 15/7/2022 HORA 06:00pm LUGAR Heredia

Firma Estudiante: Alvaro Ruiz Oviedo
Firma Tutor: Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA
SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:38:53 -06'00'

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	15/7/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
06:00pm	07:00pm	

TEMAS TRATADOS :

Aclaración y analisis del capitulo# 4 y #5, ideas generales y valoración de la informacion general

ACUERDOS:

Revisión de algunos gráficos, mejorar indice, ir pensando en la forma de justificar la implementación del costo / beneficio.

AVANCES

Seguimiento de soluciones e implementación de control acabo de la propuesta y el gantt a utilizar

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN	FECHA	19/8/2022	HORA	07:30pm	LUGAR	Heredia
----------------	-------	-----------	------	---------	-------	---------

Firma Estudiante:

Alvaro Ruiz Oviedo

Firma Tutor:

Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA
GRANT CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA
SUSANA GRANT CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:40:01 -06'00'

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	19/8/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
07:30pm	08:30pm	

TEMAS TRATADOS :

Seguimiento de propuestas de mejora y posibles soluciones, enfocarse en los grantt pendientes , implementaciones y soluciones

ACUERDOS:

Análisis de grantt / implementacion de mas posibles soluciones/ recalcular los costos beneficios, buscar rentabilidad proyecto

AVANCES

términar todo aquello pendiente , realizar conclusiones y recomendaciones, retomar corregir algunos puntos del indice

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA 19/9/2022 HORA 07:30pm LUGAR Heredia

Firma Estudiante:

Alvaro Ruiz Oviedo

Firma Tutor:

Melissa Grant Chaves

MELISSA SUSANA GRANT
CHAVES (FIRMA)

Digitally signed by MELISSA SUSANA GRANT
CHAVES (FIRMA)
Date: 2022.10.11 21:40:48 -06'00'

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	19/9/2022
LUGAR	Heredia (virtual)

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

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

HORA DE INICIO
07:30pm

HORA DE CIERRE
08:30pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS :

Análisis general del capítulo #4 algunos puntos pendientes, concluir índice de forma correcta / revisar todo de inicio a fin

ACUERDOS:

Revisar formato de toda la tesis en general y dar enumeración y ajuste

AVANCES

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA HORA LUGAR

Firma Estudiante:

Alvaro Ruiz Oviedo

Firma Tutor:

Melissa Grant Chaves



MELISSA SUSANA GRANT CHAVES
(FIRMA)

Digitally signed by MELISSA SUSANA GRANT CHAVES
DN: cn=MELISSA SUSANA GRANT CHAVES, o=UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
Date: 2022.10.11 21:41:46 -0500