

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

REDISEÑO DEL PROCESO DE
DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS
EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
DE LLANTAS EN BRIDGESTONE DE
COSTA RICA PARA EL AÑO 2025.

Proyecto de graduación para optar a la
licenciatura en Ingeniería Industrial.

Estudiante: Geovanny Castro Méndez

Tutor: Jose Eduardo Vargas Solis

Tibás, 2025.

ii. DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Geovanny Castro Méndez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 3 0448 0681 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido 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 Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Rediseño del proceso de desarrollo de los nuevos productos en el departamento de ingeniería de llantas en Bridgestone de Costa Rica para el año 2025

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 12 días del mes de Septiembre del año dos mil 25.



Firma del estudiante

Cédula 3 0448 0681

iii. CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

14 de diciembre 2025

Señores
Servicios Estudiantiles
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Geovanny Castro Mendez, cédula de identidad número 3-0448-0681, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "REDISEÑO DEL PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LLANTAS EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL AÑO 2025", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en la carrera de Ingeniería Industrial.

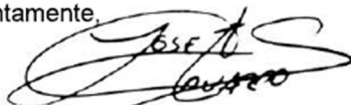
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, resultados económicos; 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%	15%
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 TEORICO	20%	20%
	TOTAL		95%

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

Atentamente,



Ing. José Eduardo Vargas Solís.
 Cédula identidad 1 – 1559 - 0116

iv. CARTA DEL LECTOR

CARTA DE LECTOR

San José, 03 de febrero de 2026

Universidad Hispanoamericana

Sede Heredia

Facultad de Ingeniería Industrial

Estimado señor

El estudiante **Geovanny Castro Méndez** cédula de identidad **304480681** me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado ***“DISEÑO DEL PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LLANTAS EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL AÑO 2025”***, 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. OSCAR ALBERTO CHAVARRIA CALDERON
Firma: (FIRMA)

Firmado digitalmente por OSCAR ALBERTO CHAVARRIA CALDERON (FIRMA) Fecha: 2026.02.03 09:52:25 -06'00'

Nombre: Óscar Alberto Chavarría Calderón

Cédula: 109650295

v. DEDICATORIA

A mis padres, Ovidio y Lorena, por siempre enseñarme a ser una mejor persona y estar siempre ahí para lo que se necesite.

A mi esposa Beatriz y mi hijo Tomás por ser mis compañeros de vida y enseñarme todos los días cómo ser un mejor esposo y padre.

A mis hermanas y sobrinas que tanto amo.

vi. TABLA DE CONTENIDOS

Tabla de contenido

ii. DECLARACIÓN JURADA.....	2
iii. CARTA DEL TUTOR	3
iv. CARTA DEL LECTOR	4
v. DEDICATORIA.....	5
vi. TABLA DE CONTENIDOS.....	6
vii. ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	15
viii. RESUMEN EJECUTIVO	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	17
1.1 Descripción general del proyecto.....	18
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto	19
1.2.1 Descripción general de la organización.....	19
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución	21
1.2.3 Misión y Visión	26
1.2.4 Estructura Organizativa.....	27
1.2.5 Actividad	29
1.2.6 Productos y Servicios.....	32
1.3 Planteamiento del problema	34
1.3.1 Definición y medición del problema.....	34
1.3.2 Justificación del proyecto	39
1.4 Objetivos del proyecto	41
1.4.1 Objetivo general.....	41
1.4.2 Objetivos específicos	41
1.5 Alcances y limitaciones.....	42
1.5.1 Alcances	42
1.5.2 Limitaciones	43
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	44
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	45
2.1.1 Introducción del concepto del proyecto.....	45
2.1.2 Fundamentos de la Ingeniería de Procesos	45

2.1.3 Reingeniería de Procesos	46
2.1.4 Metodología DMADV de Six Sigma	47
2.1.5 Comparación entre DMADV y DMAIC	47
2.1.6 Desarrollo de nuevos productos	49
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	49
2.2.1 DMADV	49
2.2.2 Herramientas utilizadas	51
2.2.2.1 SIPOC	51
2.2.2.2 Análisis de partes interesadas	52
2.2.2.3 Voz del cliente	52
2.2.2.4 Matriz CTQ	53
2.2.2.5 Diagrama de afinidad	53
2.2.2.6 Modelo Kano	53
2.2.2.7 Ishikawa	54
2.2.2.8 Benchmarking	54
2.2.2.9 Diagrama de flujo	54
2.2.2.10 Histogramas	55
2.2.2.11 Diagrama de Pareto	55
2.2.2.12 Indicadores claves del proceso.....	55
2.2.2.13 FMEA	56
2.2.2.14 5 por qué?	56
2.2.2.15 Análisis de brechas	57
2.2.2.16 Mapa de proceso futuro.....	57
2.2.2.17 Diagrama Gantt	57
2.2.2.18 Control de cambios.....	58
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	58
2.3.1 Impacto diseño de nuevos productos	59
2.3.2 Impacto eficiencia del trabajo	60
2.3.3 Impacto calidad de producto.....	61
2.3.4 Impacto desperdicio de producto.....	61
2.3.5 Impacto satisfacción del cliente	62
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	63
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	71

3.1 Metodología para la definición del problema	72
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto	74
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	76
3.4 Metodología para la implementación del proyecto	78
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	80
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ	83
4.1 Definir.....	84
4.1.1 SIPOC	85
4.1.1.1 Diagrama de flujo	89
4.1.2 Análisis de partes interesadas.....	92
4.1.3 Voz del cliente	94
4.1.4 Diagrama de Afinidad	98
4.1.5 Modelo Kano	100
4.1.6 Benchmarking	105
4.2 Medir	110
4.2.1 Indicadores y Pareto.....	111
4.3 Analizar	121
4.3.1 Análisis de brechas	122
4.3.2 Análisis Pareto	126
4.3.3 Ishikawa	127
4.3.4 FMEA.....	128
4.3.4.1 Escala RPN.....	132
4.3.5 Los 5 Por Qué?	133
4.3.6 Conclusiones de la situación actual.....	135
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	141
5.1 Agrupación por afinidad de oportunidades de mejora.....	142
5.2 Propuesta de mejora 1: Control y Seguimiento.....	146
5.2.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta#1.	150
5.2.1.1 Mejora #1-Aumentar 2 revisiones más al proceso de calificación, 1 al inicio y otra al final.	150
5.2.1.2 Mejora #2-Agregar un proceso adicional de control luego de su liberación a producción.	155

5.2.1.3 Mejora #3-Agregar un análisis de factibilidad al proceso de desarrollo antes de iniciar la calificación.....	159
5.2.1.4 Mejora #4-Plan de actividades de mejora en el Tune Up.....	162
5.2.1.5 Mejora #5-Actualizar la práctica estándar local.....	163
5.3 Propuesta de mejora 2: Diseño de nuevo producto.	163
5.3.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta #2.	165
5.3.1.1 Mejora #2-Definir una herramienta para diseñar el rodado de una manera más precisa.	166
5.3.1.2 Mejora #3-Definir una herramienta para diseñar la pared de una manera más precisa.	168
5.3.1.3 Mejora #4-Actualización de la práctica estándar local según la BQ007 que es la práctica estándar corporativa.	170
5.3.1.4 Mejora #5-Definir una herramienta para diseñar el filler de una manera más precisa.	173
5.3.1.5 Mejora #6- Establecer una herramienta para definir el ancho de los anillos de vulcanizado de una manera más precisa.	176
5.4 Propuesta de mejora 3: Armado de pruebas.	180
5.4.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta #3.	182
5.4.1.1 Mejora #1- Definir diagrama de flujo para armado y vulcanizado de pruebas.	182
5.4.1.2 Mejora #2- Crear un procedimiento local para la creación de especificación.	185
5.4.1.3 Mejora #3- Utilizar la técnica del papel cuadriculado.	186
5.4.1.4 Mejora #4- Estandarizar un chequeo de llanta verde.....	187
5.5 Propuesta de mejora 4: Uniformidad.	189
5.5.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta #4.	191
5.5.1.1 Mejora #1- Definir los spots de materiales estándar desde el proceso de calificación.	191
5.5.1.2 Mejora #2- Incluir de manera profunda la información de los resultados de uniformidad en el proceso de calificación.	194
5.6 Propuesta de mejora 5: Proceso de vulcanizado.....	195
5.6.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta #5.	197
5.6.1.1 Mejora #1- Crear un procedimiento de seguimiento para la mejora de los tiempos de espera para vulcanizar pruebas.	197
5.6.1.2 Mejora #2- Hoja de chequeo en llantas vulcanizadas de pruebas.	200
5.7 Resultados de indicadores.	202
5.7.1 OTOS.....	202

5.7.2 Índice de cantidad de pruebas x liberación.....	203
5.7.3 Porcentaje de desperdicio “scrap”.....	204
5.7.4 Yield de uniformidad.....	205
5.8 Entrenamiento.....	206
5.9 Control documental.....	207
5.10 FMEA Final.....	209
5.11 Análisis de brechas segunda evaluación.....	210
5.12 Encuesta satisfacción del cliente.....	212
5.13 Beneficios.....	216
5.13.1 Economía.....	217
5.13.2 Ecología.....	218
5.13.3 Empoderamiento.....	219
5.13.4 Eficiencia.....	219
5.12.4 Facilidad.....	220
5.14 Impacto económico.....	220
5.14.1 ROI.....	221
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	222
6.1 Conclusiones.....	223
6.2 Recomendaciones.....	225
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....	226
CAPÍTULO VIII: APÉNDICE	231
8.1 Apéndice#1 Formato análisis de brechas completo.....	232
8.2 Apéndice#2 Tiempo de espera vulcanización.....	235
8.3 Apéndice#3 Encuesta satisfacción.....	235
8.4 Apéndice#4 A3 Proyecto.....	236
8.5 Apéndice#5 Muestra rango espera vulcanización.....	237
8.6 Apéndice#6 Datos regresión rodado y pared.....	238
8.7 Apéndice#7 Datos horas y personal por actividad.....	239
8.8 Apéndice#8 Formato de factibilidad.....	240
CAPÍTULO IX: ANEXOS	241
9.1 Anexo#1 FTA Uniformidad.....	242
9.2 Anexo#1 FTA Separaciones.....	243

Índice de Tablas

Tabla 1 Estructura detallada de etapa definir	73
Tabla 2 Estructura detallada de etapa medir	75
Tabla 3 Estructura detallada de etapa analizar	77
Tabla 4 Estructura detallada de etapa diseñar	79
Tabla 5 Estructura detallada de etapa verificar	81
Tabla 6 Voz del cliente.....	96
Tabla 7 Clasificación de valores en modelo KANO	102
Tabla 8 Modelo KANO aplicado.....	103
Tabla 9 Tabla comparativa Benchmarking	106
Tabla 10 Fórmula y tabla de índice de cantidad de pruebas x liberación	114
Tabla 11 Cuadro comparativo análisis de brechas.....	123
Tabla 12 Tabla de puntos a mejorar del análisis de brechas.....	126
Tabla 13 FMEA defectos de desperdicio en nuevos diseños	131
Tabla 14 Escalas RPN.....	133
Tabla 15 Diagrama Afinidad Oportunidades de Mejora.....	145
Tabla 16 Escala de análisis de factibilidad según Beneficio/Esfuerzo.....	147
Tabla 17 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#1	149
Tabla 18 Ejemplo de centro de control con proyectos 2024	157
Tabla 19 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#2	164
Tabla 20 Tabla de configuración de ceja.....	179
Tabla 21 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#3	181
Tabla 22 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#4	190
Tabla 23 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#5	196
Tabla 24 Cuadro comparativo análisis de brechas.....	211
Tabla 25 Encuesta	213
Tabla 26 Costo por prueba	218
Tabla 27 Análisis Económico	221

Índice de Figuras

Figura 1 Planta Bridgestone de Costa Rica	20
Figura 2 Harvey Firestone y Shojiro Ishibashi.....	21
Figura 3 Neumáticos Firestone en tractor y de automóviles.....	22
Figura 4 Neumáticos Bridgestone con Nylon y medalla del premio Deming.....	23
Figura 5 Las 500 millas de Indianápolis y carrera de la fórmula 1	24
Figura 6 Bridgestone de Costa Rica desde el aire	26
Figura 7 La esencia Bridgestone	27
Figura 8 Organigrama Dirección de Manufactura.....	28
Figura 9 Diagrama de tortuga de Ingeniería de llantas.....	29
Figura 10 Proceso de manufactura de llantas	30
Figura 11 Componentes de una llanta	31
Figura 12 Carclub Firestone Costa Rica	33
Figura 13 Cantidad de calificaciones por año	35
Figura 14 Indicador OTOS	36
Figura 15 Indicador Yield de uniformidad nuevos productos liberados 2024, individual ...	37
Figura 16 Porcentaje de “scrap” de los productos nuevos en 2024, individual	38
Figura 17 Índice de cantidad de pruebas x liberación	39
Figura 18 Diagrama SIPOC Departamento Ingeniería de llantas	86
Figura 19 Diagrama de alto nivel del proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone Costa Rica	90
Figura 20 Análisis de partes interesadas	93
Figura 21 Diagrama de afinidad.....	99
Figura 22 Diagrama distribución chequeo buenas prácticas	108
Figura 23 Ejemplo archivo de autoevaluación del proceso de desarrollo, etapa uno	110
Figura 24 Fórmula y tabla de OTOS en 2024	112
Figura 25 Gráfico de indicador OTOS en 2024	112
Figura 26 Gráfico causas de retraso de desarrollos.....	113
Figura 27 Gráfico índice de cantidad de pruebas x liberación 2024	115
Figura 28 Pareto causas de fallas en pruebas de laboratorio 2024.....	116
Figura 29 Tiempo de espera para vulcanizar llantas de prueba	117
Figura 30 Porcentaje de “scrap” de los productos nuevos en 2024, individual	118
Figura 31 Pareto top 10 defectos “scrap” nuevos desarrollos 2024.....	119
Figura 32 Yield uniformidad nuevos desarrollos 2024	120
Figura 33 Peores rendimientos en yield de uniformidad para los desarrollos 2024	121
Figura 34 Gráfico comparativo análisis de brechas.....	124
Figura 35 Análisis de brechas, puntos de chequeo.....	125
Figura 36 Pareto ajustes por fallas en pruebas de huella.....	127
Figura 37 Ishikawa ajustes de espesores de rodado	128
Figura 38 Ejemplo árbol de decisión defectos separaciones en la pared	130
Figura 39 5 por qué? Demoras en vulcanización	134
Figura 40 GANTT de soluciones propuesta #1	150

Figura 41 Diagrama de flujo M1P1.....	151
Figura 42 Ejemplo formato de revisión entre especificaciones.....	153
Figura 43 Ejemplo formato presentación de revisión #1.....	153
Figura 44 Diagrama de flujo M2P1.....	156
Figura 45 Ejemplo de formatos creados en control inicial	158
Figura 46 Diagrama de flujo M3P1.....	160
Figura 47 Formato revisión de factibilidad.....	161
Figura 48 Sección de acciones de mejora en Tune Up.....	162
Figura 49 GANTT de soluciones propuesta #2	166
Figura 50 Regresión lineal espesores de rodado	167
Figura 51 Formato diseño de rodado	168
Figura 52 Zonas de la pared	169
Figura 53 Regresión lineal espesores de rodado	169
Figura 54 Formato diseño de paredes	170
Figura 55 Formato desviación de pruebas piloto.....	172
Figura 56 Resumen reducción de pruebas mejora.....	173
Figura 57 Filler o relleno	174
Figura 58 Herramienta diseño de filler	176
Figura 59 Ceja de la llanta y anillos de vulcanizado	177
Figura 60 Defecto ampolla en ceja.....	178
Figura 61 Herramienta diseño ancho de anillos de vulcanización	180
Figura 62 GANTT de soluciones propuesta #3	182
Figura 63 Diagrama de flujo armado y vulcanizado de prueba.....	184
Figura 64 Ejemplo documento procedimiento de creación de especificación	185
Figura 65 Ejemplo papel cuadriculado	186
Figura 66 Ejemplo formato revisión de llanta verde	188
Figura 67 GANTT de soluciones propuesta #4	191
Figura 68 Movimientos radiales en automóvil	192
Figura 69 Formato revisión de spots de materiales.....	193
Figura 70 Ejemplo inclusión de gráficos uniformidad	194
Figura 71 GANTT de soluciones propuesta #5	197
Figura 72 Diagrama de flujo control de pruebas.....	198
Figura 73 Ejemplo plan mensual de pruebas	199
Figura 74 Indicador espera para vulcanizar pruebas	199
Figura 75 Ejemplo chequeo de llanta vulcanizada	201
Figura 76 Resultado indicador OTOS	203
Figura 77 Resultado índice de cantidad de pruebas por liberación	204
Figura 78 Resultado indicador de desperdicio nuevos productos 2025.....	205
Figura 79 Resultado yield de uniformidad nuevos productos 2025	206
Figura 80 Matriz de entrenamiento	207
Figura 81 SFM, control documental	208
Figura 82 Documentos del proyecto	209
Figura 83 FMEA Final.....	210
Figura 84 Gráfico radar análisis de brechas 2.....	211

Figura 85 Análisis de brechas 2, puntos de chequeo	212
Figura 86 Encuesta pregunta 1	213
Figura 87 Encuesta pregunta 2	214
Figura 88 Encuesta pregunta 3	214
Figura 89 Encuesta pregunta 4	215
Figura 90 Encuesta pregunta 5	215
Figura 91 E8	217

vii. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

CTQ	Critical to Quality
DMADV	Definir, medir, Analizar, Diseñar y Verificar
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
ISO	International Organization for Standardization
OTOS	On time / On Schedule
RH1	Radial Harmonic 1
ROI	Return on Investment
RPP	Radial Peak-to-Peak
RPN	Risk Priority Number
SFD	Smart Flow for Docs
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
TUO	Tire Uniformity Grading Machine
VOC	Voice of the client

viii. RESUMEN EJECUTIVO

Castro Méndez, G. (2025). Rediseño del proceso de desarrollo de nuevos productos en el departamento de ingeniería de llantas en Bridgestone de Costa Rica para el año 2025. Proyecto de graduación para optar a la licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Hispanoamericana. Trabajo dirigido por el profesor asesor José Eduardo Vargas Solís.

El proyecto se enfoca en realizar un análisis profundo y exhaustivo del proceso actual de desarrollo de nuevos productos para encontrar las oportunidades de mejora actuales y sus causas, para con esto realizar un rediseño y adaptarlo a las necesidades actuales del negocio, de sus usuarios y de los clientes.

La necesidad sale a la luz cuando en el 2024 se recibe la noticia de que para el año 2026 se tendrá un aumento sustancial de las calificaciones para el grupo de trabajo actual y que además en ese año se logró el valor más bajo en los últimos 5 años de cumplimiento del indicador de entregas a tiempo.

Además de esto, otros indicadores importantes del proceso como eficiencia, desperdicio y uniformidad no se están logrando tampoco se objetivo. Los directores al ver este comportamiento y lo que viene en el futuro, se generan preocupación y acciones de mejora, como este proyecto.

Con metodología DMADV, se identifican las debilidades del proceso actual y los requerimientos destacados de los clientes y usuarios. Con eso listo, se plantean y evalúan las mejores soluciones y se aplican, en total, 19 acciones de mejora.

Al final se logra realizar el rediseño del proceso basado en la voz de las partes interesadas y la mejora continua, se logra el cumplimiento del 100% en el indicador principal del proceso, el OTOS.

También se logra mejora del 9% en uniformidad, 30% en el desperdicio, reducir la cantidad de pruebas por desarrollo, reducir 7,2 toneladas de CO2 y una ganancia económica de más de \$20000 dólares ya luego de la inversión.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Descripción general del proyecto

En los mercados tan exigentes de hoy en día, es muy importante que las empresas estén constantemente estudiando sus usuarios y lo que necesitan de sus productos, lo que provoca que en las líneas de producción de manufactura estén saliendo y entrando diferentes productos que se adapten al cliente final.

Una parte importante para poder lograr lo anterior, es el departamento de desarrollo de estos nuevos productos, ya que el tiempo y la calidad con la que estos productos ingresen a la línea de producción es fundamental para obtener el éxito.

Así como los productos deben estar en constante actualización, los procesos de desarrollo de estos también. Con procesos desactualizados no se logrará tener la rapidez necesaria ni evitar impactos negativos en la línea de producción al ingresarlos para su manufactura.

Debido a lo anterior, el presente proyecto pretende realizar una reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos, que luego serán introducidos en la línea de producción, en la planta manufacturera de Costa Rica de la empresa Bridgestone.

Actualmente no se están alcanzando los objetivos de la manera esperada para una empresa global como esta. Además, el proceso detallado actualmente en las prácticas estándar establecidas y guardadas en el sistema de gestión documental no expresa realmente el cien por ciento de las actividades realizadas por los ingenieros pertenecientes al departamento de desarrollo de nuevos productos.

Con este proyecto se logrará actualizar el proceso de desarrollo de nuevos productos con el objetivo de crear y estandarizar actividades que generen valor y se adapten a las necesidades actuales de la empresa, cumpliendo los indicadores establecidos de tiempos de entrega y calidad, provocando que los productos de nuevo ingreso generen un impacto positivo en la manufactura.

Se utilizará el método de trabajo DMADV en lugar del más conocido DMAIC, ya que el primero se adapta mejor al proyecto actual, ya que este es ideal para el diseño de nuevos procesos con alto nivel de calidad, un enfoque de “Six Sigma”. Definir, medir, analizar, diseñar y verificar serán las etapas por las que pasará este proyecto, utilizando todas las herramientas necesarias dentro de cada una de la manera más eficaz para sacar provecho a esta metodología.

La línea donde se mueve este proyecto es en la de operaciones industriales, ya que en esta se encuentran todos aquellos que promueven la optimización de procesos, mejorando la productividad y eficiencia de sus productos o servicios para alcanzar las metas deseadas.

1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto

Bridgestone, que es la empresa donde se realizará este proyecto, hoy en día es un referente mundial no solo en productos del caucho, sino en temas de movilidad de la sociedad. Pero, este grandioso presente y futuro de la movilidad tiene un pasado legendario. Bridgestone tiene una rica historia de innovación, servicio y calidad que ha mejorado la sociedad y moldeado la forma en que se mueven las personas y los bienes por el mundo.

1.2.1 Descripción general de la organización

Este proyecto tomará lugar en Bridgestone Costa Rica, cuya planta tiene ubicación en La Rivera de Belén de Heredia. Actualmente la planta tiene una capacidad de 11200 llantas diarias y alrededor de 900 colaboradores.

Se producen llantas desde aro 13 a 20 pulgadas, para automóviles, carga liviana y agrícola. Se trabaja las 24 horas del día, 7 días a la semana en tres turnos de 8 horas. El 80% de sus 900 trabajadores son personal de planta y el restante personal administrativo, la edad promedio es de 37 años y la experiencia promedio de sus colaboradores ronda los 11 años.

Existe también una distribución amplia generacional entre los colaboradores, en su gran mayoría son Gen Y, pero hay desde Baby Boomers hasta Gen Z, lo que le brinda una diversidad de pensamiento amplio que genera valor agregado en la toma de decisiones y ambiente laboral sano.

Bridgestone cuenta con bastantes certificaciones que comprueban los más altos estándares de calidad en sus productos y seguridad en su funcionamiento, por ejemplo, se tienen certificaciones en ISO 9001:2015, 14001:2015, 17025:2017, entre otras. Todas estas certificaciones ayudan a la empresa a estar en constante mejora continua.

Figura 1 Planta Bridgestone de Costa Rica.



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

En el año 1900 Harvey Firestone fundó Firestone Tire & Rubber Company en Akron, Ohio, y fue donde inició toda una historia de éxito con la introducción de llantas con alambre guía de caucho sólido como unos de los primeros productos.

Durante los primeros años rápidamente empezó a crecer y destacar dentro de la industria, como por ejemplo haciendo la entrega de dos mil juegos de llantas a Ford Motor Company, que para esa fecha era el pedido individual más grande de llantas realizado por la industria automotriz. También, se creó la planta de neumáticos más grande, se superó el millón de dólares de ganancia por primera vez y se ganaron las 500 millas de Indianápolis con un auto equipado con neumáticos Firestone.

Al otro lado del mundo, en 1930, Shojiro Ishibashi usando el capital de sus negocios familiares, decidió fabricar llantas, que era una industria que no existía en Japón en ese momento y fundó Bridgestone. El nombre proviene de la traducción de su apellido en inglés: Ishibashi significa “puente de piedra” (Bridge-Stone), que casualmente era parecido a Firestone, compañía referente en ese momento.

Figura 2 Harvey Firestone y Shojiro Ishibashi



Fuente: www.bridgestoneamericas.com

Cada una de estas empresas continúa creciendo en la industria, Firestone empieza a realizar innovaciones en sus productos como los neumáticos tipo globo, utilizar caucho sintético para anticiparse a la falta de caucho natural como materia prima

debido a las guerras en África y Europa, producción de neumáticos de alto desempeño con perfiles bajos que fueron muy bien recibidos por los fabricantes de autos de lujo.

También un movimiento muy importante fue introducirse en llantas para equipo utilizado en las granjas; esto fue una estrategia para poder esquivar el impacto negativo de la depresión de los años 30 en la industria del automóvil. Esto permitió que las ventas subieran nuevamente y la empresa se mantuviera firme con 121 millones de dólares en ventas en 1935.

Con todas estas innovaciones y estrategias, ya para el año 1965 Firestone obtiene un récord de ventas anuales, 145 mil millones de dólares, esto en 23 países diferentes. En ese momento la empresa fabricaba y comercializaba 3600 tipos y tamaños de llantas, así como otros 2000 productos en los campos del caucho, metales, plásticos y otros.

Figura 3 Neumáticos Firestone en tractor y de automóviles.



Fuente: www.bridgestoneamericas.com

Bridgestone tampoco se quedaba atrás, a pesar de todos los desafíos que tuvo en Japón debido a la Segunda Guerra Mundial, la empresa se levantó y resurgió aún más fuerte. Fueron la primera empresa en Japón en comenzar a vender llantas de

hilo de rayón y se inició un proyecto de cinco años para modernizar sus plantas y productos, esto por allá de 1951, lo que llevó a la empresa a superar ventas por 10 millones de yenes en 1953.

Bridgestone sigue creciendo, pero ahora no solo en Japón, adquiere y construye plantas en Oceanía, Asia y América. Su excelente gestión de calidad e innovación en productos, como la tecnología del super “filler”, lo lleva a ganar el prestigioso premio Deming, que es un reconocimiento global a la excelencia en gestión de la calidad total (TQM).

En este mismo año que Bridgestone gana el premio Deming, su presidente Shojiro Ishibashi escribió el lema corporativo que, hasta el día de hoy, guía a todos los colaboradores a nivel mundial: “Servir a la sociedad con calidad superior”. Esto les indica a todos sus colaboradores que todo lo que se hace día con día debe ser con la más alta calidad y ser responsable con la sociedad.

Figura 4 Neumáticos Bridgestone con Nylon y medalla del premio Deming.



Fuente: www.bridgestoneamericas.com

Bridgestone creció tanto a nivel global que en el año de 1988 adquirió The Firestone Tire & Rubber Company, que transformaría a Bridgestone en una de las empresas

de llantas y caucho más grandes del mundo. Esto le dio a la compañía una gran cantidad de sitios de producción alrededor del mundo, pero más que todo en América y Europa.

Después de esta fusión, se siguieron abriendo plantas alrededor del mundo, centros técnicos para continuar con la innovación característica de las dos empresas y también adquiriendo otros socios estratégicos como Bandag en el 2007, que ayuda a la estrategia de movilidad en flotas de transporte de productos.

Gracias también a todo este éxito, permite la participación de la marca en carreras como la Indi 500, Fórmula 1, Jockey, etc. Dando más participación de mercado a sus productos y mejor posición en la mente de los consumidores.

Figura 5 Las 500 millas de Indianápolis y carrera de la Fórmula 1



Fuente: www.bridgestoneamericas.com

En el año 2025, Bridgestone sigue siendo uno de los líderes mundiales en la industria del caucho. La empresa opera en 150 países, con fábricas en América, Europa, Oceanía y Asia, teniendo participación en llantas para automóvil, camiones y maquinaria industrial.

Cuenta con aproximadamente 180 plantas de manufactura alrededor del mundo y alrededor de 140 mil colaboradores. Sus principales productos y servicios son: neumáticos y servicios de movilidad como servicios en carretera o neumáticos inteligentes. También cuenta con producción de productos industriales, deportivos y para la construcción.

Bridgestone Costa Rica inició operaciones en 1967 bajo el nombre de Firestone de Costa Rica. En sus inicios la empresa apenas contaba con 200 colaboradores y producía 425 llantas al día y ya para principios de los años 70 se fabricaban 1200.

En 1985 SUMMA S.A adquiere la compañía y la nombra Industrias Akron de Costa Rica, con la compra llega inversión y se logra subir la producción a 2200 llantas por día. Así se mantendría hasta 1996, cuando Bridgestone compra la empresa y cambia el nombre a Firestone de Costa Rica y luego a Bridgestone/Firestone de Costa Rica.

En el año 2008 cambia el nombre que lleva hasta la actualidad, Bridgestone de Costa Rica, y para el 2015 se crea la unidad de negocio Bridgestone Latinoamérica Norte y se juntan las operaciones de México, Costa Rica, Caribe, Colombia y Ecuador, esto para generar una estructura más robusta en el área.

Para este año 2025 la planta tiene una capacidad de 11200 llantas diarias con alrededor de 900 empleados. Produciendo llantas desde aro 13 a aro 20 y para automóviles, carga ligera y agrícola. Y con un plan de inversión para seguir incrementando su capacidad de producción y tecnología en los próximos años.

Figura 6 Bridgestone de Costa Rica desde el aire



Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

1.2.3 Misión y Visión

La misión es “Servir a la sociedad con calidad superior”. Este principio establecido por su fundador Shijiro Ishibashi, sigue guiando a la empresa en su desarrollo tecnológico y compromiso con la comunidad. También, en su visión destaca la relación con la sociedad; su visión es “Lo que es bueno para la sociedad es bueno para los negocios”. Bridgestone busca fomentar una movilidad más segura, limpia y accesible, promoviendo la neutralidad de carbono y soluciones accesibles.

Figura 7 La esencia Bridgestone



Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

1.2.4 Estructura Organizativa

Se realizará este proyecto en la dirección de manufactura, que cuenta con 8 gerencias; específicamente se desarrollará en la gerencia de servicios técnicos. Donde a su vez esta gerencia técnica se divide en dos áreas, ingeniería para la uniformidad de la llanta e ingeniería de llantas. Ya en la gerencia de servicios técnicos, es en ingeniería de llantas donde se hará esta tesis.

Figura 8 Organigrama Dirección de Manufactura



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

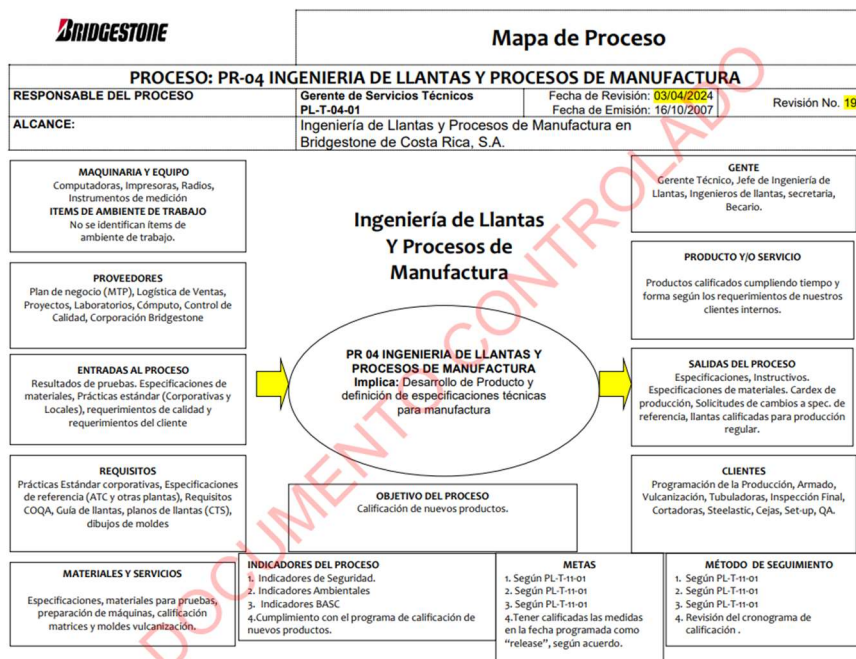
Ingeniería de llantas cuenta con 4 ingenieros y una jefatura, su función principal es el desarrollo de nuevos productos para la línea de producción de la planta Costa Rica. También tienen otras funciones como mejora de productos ya en producción y liderar proyectos de mejora de la calidad mayoritariamente, pero también puede ser en costos o productividad.

El proceso de desarrollo de nuevos productos actualmente tiene a nivel macro, tres etapas, las cuales son: Creación de especificación, Pruebas y Liberación. Dentro de cada una de estas etapas existen actividades que permiten ejecutar y finalizar cada una de ellas.

En el proceso de creación de especificación, los ingenieros desarrollan la construcción teórica del producto y todas sus variables de los materiales como anchos, espesores, largos, etc. En la etapa de pruebas, se deben realizar pruebas piloto del diseño teórico y llevarlas a probar en el laboratorio de pruebas físicas hasta que apruebe todo lo necesario, y, por último, pero no menos importante, se

da la etapa de liberación, donde básicamente se documentan los diseños, resultados de pruebas y se da la comunicación de liberación a producción.

Figura 9 Diagrama de tortuga de ingeniería de llantas

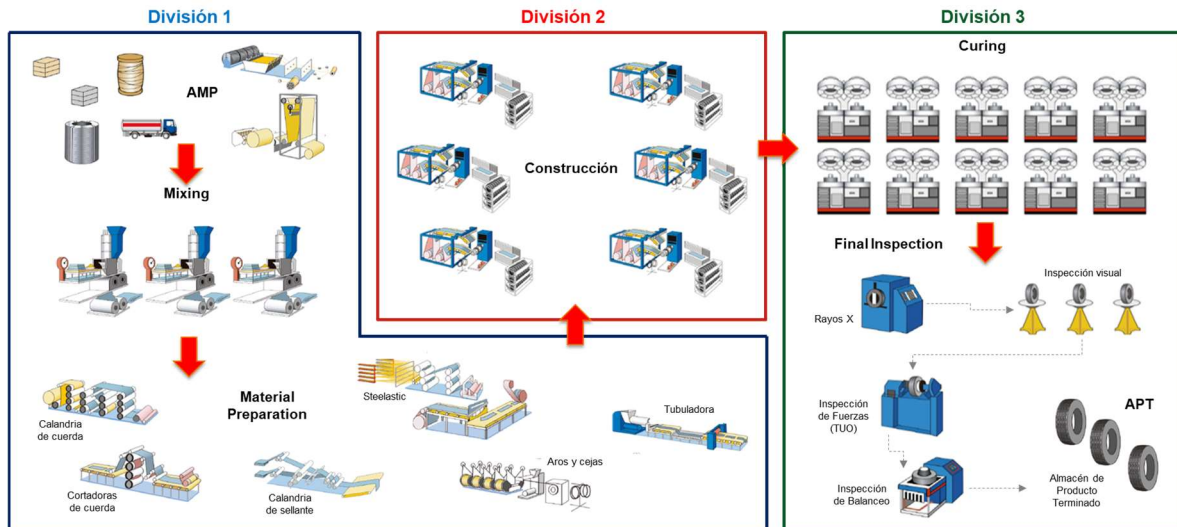


Fuente: Bridgestone de Costa Rica

1.2.5 Actividad

El proceso de producción de llantas es un proceso extenso y complejo, donde en Costa Rica lo tenemos en 3 divisiones y cada una tiene varios subprocesos o áreas donde se crean las diferentes partes que luego serán ensambladas para formar la llanta final. Esto se puede ver en la siguiente figura.

Figura 10 Proceso de manufactura de llantas



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

En la división 1 están todas las áreas de preparación de materiales. El objetivo principal de esta división es la producción de cada uno de los componentes que alimentan la división 2 y forman la llanta. Todas son indispensables para lograr el producto final.

Las áreas en división 1 son: Mezclado, Extrusión, Calandrado y Cortado, Aros y Aceros. Mezclado, que es el primer proceso, es el encargado de la creación de los diferentes compuestos de hule que lleva la llanta en sus diferentes partes. Aparte de hule natural y sintético, también se incorpora negro de humo, sílice, aceites, antioxidantes y azufre.

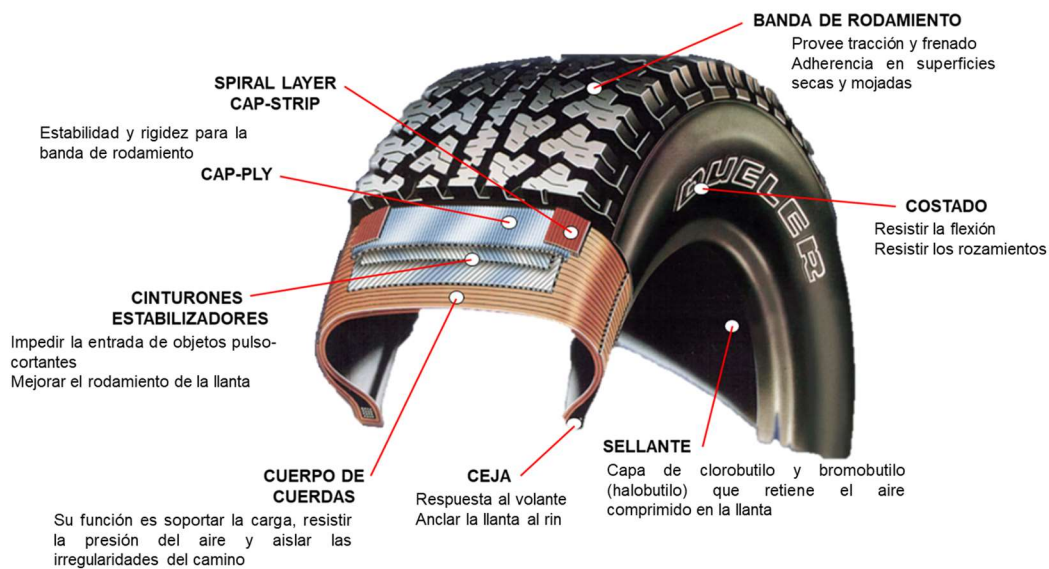
En extrusión se crean las bandas de rodamiento, laterales y talón. Estas capas están compuestas solamente de hule que cambia según su necesidad y que son fundamentales para el desempeño de la llanta. Las bandas de rodamiento son las que tienen contacto con la carretera, por lo que su composición es vital para funciones básicas esperadas de una llanta como agarre y durabilidad. Las laterales protegen la parte interna de la llanta y absorben los impactos.

En Calandrado y Cortado tenemos capas compuestas de poliéster y hule, que son las encargadas de no dejar escapar el aire dentro de la llanta en su uso y también de dar refuerzo estructural, distribución de carga y durabilidad y resistencia.

En el área de aros se realiza la parte que se ajusta al rín donde se ensambla la llanta para funcionar en el vehículo, por lo que esta parte es fundamental para la seguridad en carretera. Además, sirve también de sellado del aire en la parte interna, ya que es la parte en contacto con el rin.

Por último, tenemos el área de acero, por acá se fabrican los cinturones de acero y hule, encargados de la estabilidad de la llanta en carretera, resistencia a impactos, estructura y durabilidad.

Figura 11 Componentes de una llanta



Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

1.2.6 Productos y Servicios

Todos los productos y servicios Bridgestone se caracterizan por su calidad, seguridad e innovación tecnológica. Gracias a su gran historia y legado, sus clientes pueden estar seguros de que están adquiriendo lo mejor del mercado en sus categorías.

Entre sus principales productos destacan claramente los neumáticos, donde tienen participación en vehículos livianos, camiones, autobuses, motocicletas, agrícolas y fuera de carretera. Todos estos productos cuentan con garantías extensas por defectos de fabricación que aseguran su rendimiento, confort y seguridad.

También, dentro de sus productos tiene participación en la aeronáutica, apoyando algunos proyectos gubernamentales, productos de caucho industrial usados en construcción, manufactura y minería, además también en el sector deportivo sobre todo en el golf, siendo patrocinador de algunos jugadores amateurs y profesionales y produciendo diferentes accesorios.

Además de productos, Bridgestone ofrece servicios integrales orientados al cliente final y a empresas de necesidades especializadas que se complementan con el objetivo de la manufactura de sus productos.

La marca Bandag pertenece al corporativo Bridgestone, siendo líder en el reencauche de llantas de camiones y dando una segunda y tercera vida a sus productos originales Bridgestone, haciéndolos mucho más rentables para las flotillas de camiones.

Ya hace bastantes años, Bridgestone entendió que el mercado de la movilidad está cambiando y no solo se debe centrar en la fabricación de neumáticos, por lo que actualmente se está ofreciendo distintas aplicaciones para flotas donde permite controlarlas y gestionarlas de una mejor manera y en tiempo real. Estos servicios se ofrecen al lado de la compra de sus neumáticos, por lo que es un valor agregado sumamente importante para las empresas con flotillas de camiones.

Por último, pero no menos importante, también se ofrecen muchos centros de distribución y servicio que buscan estar cerca del cliente y posicionar los productos en un servicio fuerte al cliente final. En Costa Rica se tiene presencia con uno de estos centros, el mismo ubicado en Belén a un costado de la planta.

En Costa Rica, aparte del centro de servicios, se tiene la planta de manufactura donde se producen solamente neumáticos y también se cuenta con un centro de servicios financieros que brinda soporte a toda la operación de Latinoamérica, desde México hasta Argentina.

Figura 12 Carclub Firestone Costa Rica



Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición y medición del problema

La actualización de sus productos o la introducción de productos nuevos en su línea de producción es de vital importancia para la supervivencia del negocio. Esto aplica a todas las industrias, incluyendo la industria de las llantas en su planta en Costa Rica.

Por lo anterior mencionado, todos los procesos y subprocesos dentro de la organización que se encargan de esta actualización o introducción de productos son igual de importantes, por lo que es fundamental que se cumpla con la eficiencia necesaria para tener un impacto positivo en indicadores tan importantes como el de costos y calidad.

Para los años del 2025 al 2027 en la planta de Bridgestone se viene una gran introducción grande de productos a su línea de producción, por lo que, en su revisión y planeación estratégica general, se detalla que se debe trabajar en el proceso de calificación de nuevos productos para poder cumplir con las exigencias de estos años venideros y lo más importante, tener los productos nuevos a tiempo para poder ser producidos y vendidos cuando el cliente los necesita.

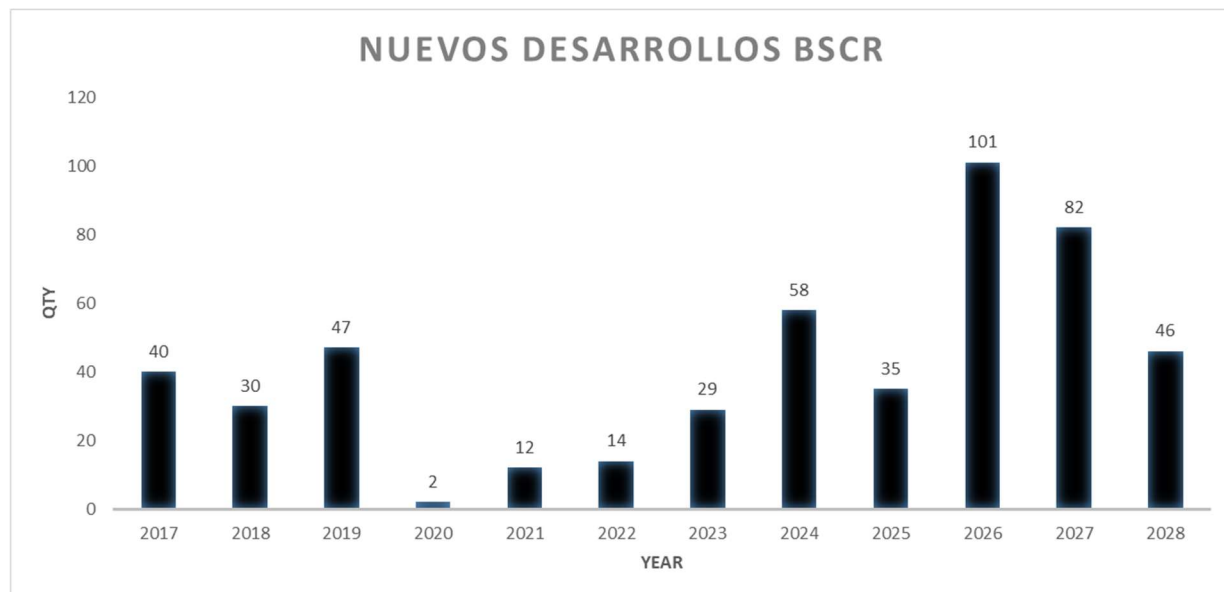
Esta solicitud de evaluación actual del proceso se da al revisar el cumplimiento de los indicadores de este proceso en el año 2024. Indicadores importantes como el tiempo de entrega o porcentaje de desecho al ingresar al proceso no se cumplió con lo esperado y otros como la cantidad de pruebas de testeado por producto se piden por la dirección que se podría analizar su mejora, esto para tener un impacto positivo a nivel de costos.

El año 2024 fue retador para la calificación de nuevos productos, ya que fue el año con mayor cantidad de calificaciones desde hace ya más de 15 años, por lo que también funciona bien como evaluación del proceso actual y su comportamiento

ante las exigencias del mercado actual y los años venideros, por esto es importante tomar acciones.

Entre el año 2017 y 2023, el promedio por año de calificaciones de nuevos productos es de 36 desarrollos por año, en este promedio no se toman en cuenta los años 2020, 2021 y 2022 debido al impacto en la operación de la pandemia. Para el año 2024, como se mencionó anteriormente, fue un año con una gran cantidad de calificaciones; este año se desarrollaron 58 nuevos productos. Esto significó un aumento del 61% en cantidad de calificaciones por año según el promedio de los últimos periodos.

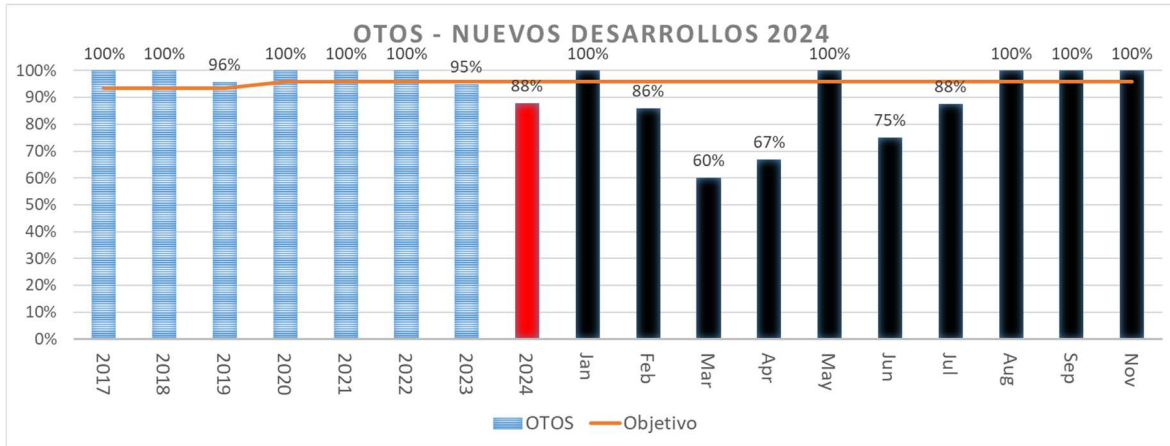
Figura 13 Cantidad de calificaciones por año.



Fuente: Elaboración propia.

El indicador principal del proceso es el “OTOS”, llamado así por sus siglas en inglés “On time/On Shedule”, que significa la entrega del nuevo producto al cliente, en este caso producción, a tiempo y según lo calendarizado. El objetivo de este indicador para el 2024 era cerrar en un 95% de cumplimiento, pero para ese año se cerró en un 88%, como se comentó anteriormente, ahora mostrado con números, no se obtuvo el valor deseado y esto provocó atrasos en la entrada de estos nuevos productos al proceso de manufactura.

Figura 14 Indicador OTOS.

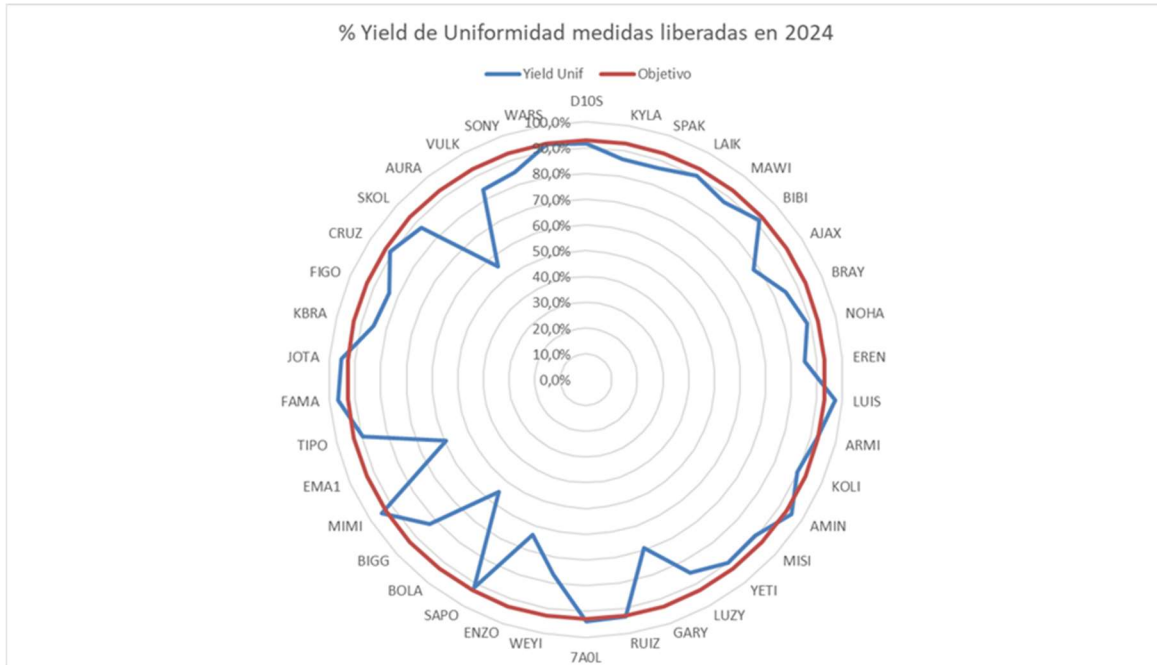


Fuente: Elaboración propia.

Además del indicador principal, visto anteriormente y llamado “OTOS”, se llevan también 3 indicadores más que buscan mantener un control sobre el proceso de calificación de nuevos productos y medir su eficiencia. Estos 3 indicadores son “Yield” de uniformidad de llanta en productos nuevos, porcentaje de “scrap” de los productos nuevos en producción y el índice entre la cantidad de pruebas y la cantidad de productos liberados.

El “Yield” de uniformidad de llanta es un indicador de calidad que permite medir la cantidad de llantas que no deben recibir un retrabajo para poder cumplir con los estándares requeridos, en este caso en temas de uniformidad de la llanta. Por ejemplo, si de 10 llantas se debe pulir 1, el “Yield” en este caso sería del 90%. Para el 2024 este indicador cerró fuera de objetivo, se debía cerrar con un resultado igual o mayor al 93% y fue de 85.82%, generando más reprocesos de los esperados en el proceso productivo a la entrada de este.

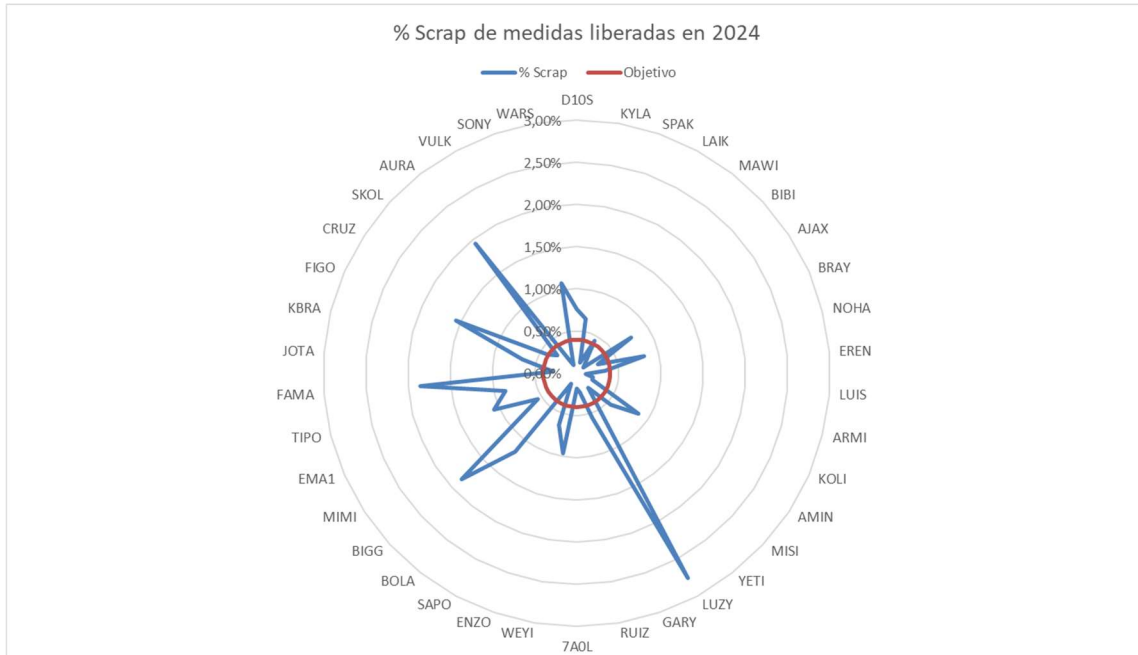
Figura 15 Indicador Yield de uniformidad nuevos productos liberados 2024, individual.



Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de “scrap” de los productos nuevos, que también es un indicador de calidad, permite medir la cantidad porcentual de llantas que se deben desechar por tener algún defecto en el producto que no les permita cumplir su desempeño en carretera o por aspectos visuales. Por ejemplo, si de 100 llantas se desechan 2, el porcentaje de desecho es del 2%. Acá tampoco se logró alcanzar la meta en el 2024, se cerró con un 0,69% y el objetivo era cerrar igual o por debajo del 0,40%, impactando negativamente la cantidad de desecho en el proceso productivo a su entrada.

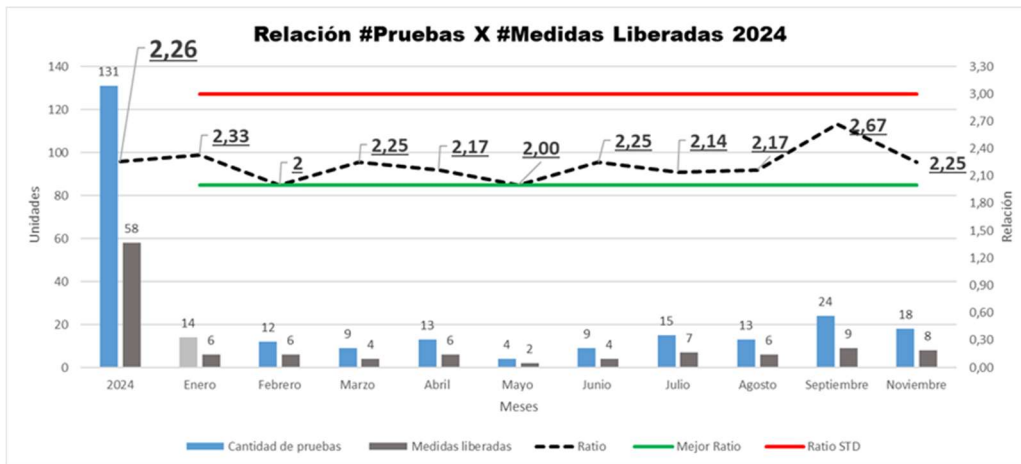
Figura 16 Porcentaje de “scrap” de los productos nuevos en 2024, individual.



Fuente: Elaboración propia.

El último indicador de los tres comentados anteriormente es el índice de cantidad de pruebas realizadas antes de liberar un producto nuevo, midiendo directamente la eficiencia con la que se utilizan los recursos como mano de obra, materiales, tiempo de máquina, etc. A menos pruebas para obtener el resultado requerido, genera un mejor uso de los recursos y por ende un menor costo. Si bien este indicador no cerró por fuera de lo esperado en el 2024, para este 2025 por la cantidad de productos nuevos, se pide mejorar en un 5% de lo logrado en el 2024. Como referencia, el año anterior se esperaba un índice de 2,5 y se obtuvo un 2,26.

Figura 17 Índice de cantidad de pruebas x liberación.



Fuente: Elaboración propia.

Debido a la exigencia de que tendrá el proceso de calificación de nuevos productos en la planta Bridgestone de Costa Rica por la gran cantidad de calificaciones, es de suma importancia el correcto cumplimiento de todos estos indicadores que impactan directamente en los resultados del negocio. Tomando en cuenta los últimos resultados, cobra suma importancia la evaluación del proceso para encontrar las causas y trabajarlas, y con esto disparando este proyecto de mejora.

1.3.2 Justificación del proyecto

La agilidad y eficiencia en el desarrollo e introducción de nuevos productos en los procesos productivos se han convertido en no solo un diferenciador sino también en un mandatorio en un mercado tan competitivo como es el actual, donde de esto depende gran parte de la adaptación para la supervivencia y el cambio rápido necesario para estar en línea con lo que el cliente requiere. La capacidad de responder rápido a las demandas del mercado reduciendo las etapas de desarrollo, disminuyendo costos y que a su vez estos ingresen al proceso productivo de la mejor manera sin causar desperdicios es vital.

La planta de Bridgestone Costa Rica actualmente necesita cambiar su proceso de calificación de productos para adaptarse a las recientes exigencias del mercado de llantas. El no cumplimiento de su principal indicador de tiempo de entrega de sus nuevos productos y además que los mismos no están ingresando al proceso productivo de la mejor manera, como se puede ver en sus otros dos indicadores de calidad mencionados anteriormente, queda en evidencia que se debe realizar un análisis para ajustar, como se vio en la revisión anual gerencial realizada por los altos mandos.

Además, también se presta especial atención a la cantidad de pruebas necesarias para llegar al producto final, ya que, al incrementarse la cantidad de productos nuevos por año, también se incrementan las pruebas que a su vez aumentan costos, por el uso de recursos para poder realizarlas. Todo esfuerzo que pueda permitir reducir la cantidad de pruebas, pero manteniendo como mínimo la misma calidad de sus productos finales, impactará de manera positiva la parte financiera de la organización.

La ausencia de un proceso de calificación de nuevos productos actualizado y estandarizado, rápida comunicación y la falta de herramientas robustas y oportunas que permitan a todos sus participantes realizar sus actividades de la mejor manera, obstaculizan el cumplimiento de sus indicadores y el tener un desempeño sobresaliente. Dicho esto, resulta evidente la necesidad de implementar una reingeniería en el proceso actual que permita eliminar actividades redundantes, agregar actividades que generen valor y fortalecer la comunicación, control y aprendizaje.

Al aplicar la reingeniería en este proceso, como una herramienta que permita hacer una revisión radical de lo actual, se espera lograr la entrega de los productos al cliente interno a tiempo, la reducción de la cantidad de pruebas requeridas por producto nuevo y disminuir el impacto negativo por retrabajos que se puedan tener al liberar el nuevo producto al proceso de manufactura. Esto impacta directamente en el costo y la productividad de la planta.

Además de los beneficios antes mencionados, este proyecto permitirá también generar conocimiento técnico de llantas en los ingenieros involucrados en el proceso de calificación y reforzar la cultura de la mejora continua, como esto ayuda a cualquier empresa a mejorar sus procesos y como siempre se debe tener una visión de lo que necesita el cliente y como se debe estar en una constante actualización. La idea es que este proyecto también puede ser utilizado para copiar y aplicar en otras plantas de Bridgestone.

Como conclusión, el proyecto no solo se justifica por la resolución de los problemas actuales en la calificación de nuevos productos, sino que también ayuda a la necesidad estratégica de renovar los procesos de los departamentos de servicios en una empresa global donde la exigencia es alta y que permite mantenerla en competencia, con adecuada participación en los mercados, calidad alta en sus productos y con la satisfacción esperada por sus clientes.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Realizar una reingeniería del proceso de calificación de nuevos productos en la planta de Bridgestone de Costa Rica durante el año 2025, utilizando la metodología DMADV, logrando al menos el 95% requerido en el indicador de “OTOS” que asegura la entrega de los nuevos productos a tiempo según lo requerido.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Definir claramente las oportunidades de mejora y las necesidades del cliente del proceso actual de calificación de nuevos productos.
2. Determinar datos cuantitativos y cualitativos del proceso actual identificando los niveles del desempeño de los indicadores principales.

3. Analizar las diferentes ineficiencias o errores dentro del proceso actual con diferentes herramientas encontrando causas raíz y priorizando factores críticos que deben ser abordados más adelante en el rediseño.
4. Diseñar un nuevo proceso de calificación alcanzando los desempeños esperados en sus principales indicadores y cumpliendo con lo requerido por usuarios y clientes internos.
5. Verificar los resultados obtenidos en el proceso nuevo contra los del proceso anterior determinando su efectividad.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

Este proyecto tiene como propósito principal estudiar el proceso actual de calificación de nuevos productos para diseñar y proponer mejoras que permitan actualizarse y adaptarse a los retos actuales de Bridgestone de Costa Rica y será desarrollado en el año 2025.

El alcance de este proyecto incluye desde que un nuevo proyecto de desarrollo es confirmado para la planta de Costa Rica y hasta que el producto es entregado al cliente interno inmediato que es producción. No se toman en cuenta actividades anteriores como las discusiones de cuáles proyectos entran en el plan de calificación de Costa Rica o actividades después de la entrega al proceso productivo como el desempeño de estos en carretera.

Este proyecto está centrado en el área de Ingeniería de Llantas, sus actividades y responsabilidades, sin intervenir en procesos antes o después de este, como por ejemplo logística, marketing, ventas o ingeniería de campo.

1.5.2 Limitaciones

Gracias al espacio y la apertura de la empresa, este proyecto cuenta con pocas limitaciones o que las mismas afectan grandemente la aplicación o resultados de este, pero sí se debe tomar en cuenta las siguientes aclaraciones:

- Dependencia de tecnologías actuales: Las mejoras o cambios aplicados en este proyecto se basan en la tecnología o recursos que la empresa cuenta con en el momento del proyecto. Por lo que en el futuro se podrían necesitar otros proyectos enfocados en la renovación de herramientas para mantener su funcionamiento y aprovechar las nuevas bondades.
- Factor humano: Por petición de la empresa, el proyecto debe limitarse a la cantidad de ingenieros actuales en el departamento de ingeniería de llantas. No existe la posibilidad de contrataciones adicionales.
- Información confidencial: Algunas características técnicas o especificaciones de productos podrían ser omitidas por ser información confidencial de Bridgestone de Costa Rica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

2.1.1 Introducción del concepto del proyecto

Como se ha mencionado antes en este documento, hoy en día las organizaciones enfrentan desafíos relacionados con la innovación, calidad de sus productos, costos, eficiencia operativa y la velocidad con la que se pueden adaptar al mercado y a sus clientes. Este proyecto lo que propone es una reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos en el departamento de ingeniería de llantas mediante la aplicación de la metodología DMAVD de Six Sigma, con la intención de actualizar para alcanzar mejoras en tiempos de entrega y calidad.

Se tomarán en cuenta conceptos clave de la ingeniería industrial como la gestión de procesos, análisis de datos y gestión de la calidad, para alcanzar los objetivos planteados. En este contexto, la reingeniería de procesos emerge como una metodología que permite rediseñar radicalmente procesos existentes, con el objetivo de alcanzar mejoras significativas en calidad, costos y tiempos (Hammer & Champy, 1993).

2.1.2 Fundamentos de la Ingeniería de Procesos

La ingeniería de procesos es una disciplina central en la ingeniería industrial que se ocupa del diseño, operación, control y optimización de los procesos industriales. Su propósito principal es lograr que las operaciones sean más eficientes, seguras y rentables. Harrington (1991) define un proceso como un conjunto de actividades interrelacionadas que transforman entradas (insumos) en salidas (productos o servicios) con valor agregado. Esta definición resalta el enfoque sistémico que caracteriza a los procesos productivos modernos.

El uso de herramientas como el mapeo de procesos (SIPOC), diagramas de flujo, análisis de valor agregado (VSM) y la identificación de actividades críticas son

fundamentales para identificar cuellos de botella, desperdicios (muda) y oportunidades de mejora (Slack, Brandon-Jones & Johnston, 2016). Estas prácticas permiten tomar decisiones informadas sobre la reconfiguración o rediseño de procesos existentes o la creación de nuevos flujos operativos.

En contextos industriales complejos como la manufactura de llantas, la ingeniería de procesos no solo abarca operaciones físicas, sino también procesos de desarrollo, diseño, calidad y logística. Por ello, una visión integral es esencial para garantizar el rendimiento competitivo y la sostenibilidad organizacional.

2.1.3 Reingeniería de Procesos

La reingeniería de procesos se define como el rediseño radical de procesos clave para obtener mejoras significativas en productividad, eficiencia y servicio (Hammer & Champy, 1993). A diferencia de la mejora continua, se toma más en serio el cuestionamiento total del proceso, de inicio a fin, no solo en partes de este donde se encuentren oportunidades de mejora, proponiendo en la mayoría de las oportunidades un cambio estructural de diseño y ejecución.

Por lo cual, se buscará analizar todo el proceso para eliminar lo innecesario, optimizar lo indispensable y agregar lo necesario para mejorar y fortalecer el diseño del nuevo proceso. “La reingeniería significa olvidar cómo se hacían las cosas antes y comenzar de nuevo”. (Hammer & Champy, 1993).

En la industria manufacturera, la reingeniería de procesos ha sido utilizada para rediseñar líneas de producción, procesos logísticos y sistemas de diseño de producto, con resultados que incluyen reducciones significativas en el lead time, en los errores de producción y en el tiempo de comercialización. Sin embargo, su implementación requiere un fuerte liderazgo, una clara visión estratégica y la gestión del cambio cultural dentro de la organización.

Al final lo que se busca es llegar al diseño de un proceso lo más eficiente posible, con los recursos actuales y asegurando una probabilidad más alta de alcanzar todos los objetivos deseados. Permitiendo a la empresa poder sostener su negocio en el tiempo.

Aplicar esto en el proceso de desarrollo de nuevos productos en una fábrica de llantas permite eliminar pasos redundantes, integrar funciones de diseño y calidad, y mejorar la respuesta al cliente en mercados dinámicos como el automotriz

2.1.4 Metodología DMADV de Six Sigma

Se utiliza la metodología DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar) perteneciente a la disciplina Six Sigma, orientada al diseño o rediseño de proceso o productos que requieren altos niveles de calidad desde su concepción. (George et al., 2005).

El uso de Six Sigma y, en particular, la metodología DMADV se alinea con los principios de ingeniería industrial, ya que permite estructurar la mejora a través del análisis estadístico, la comprensión de la voz del cliente y el diseño de procesos robustos desde el inicio. Esta metodología resulta adecuada cuando los procesos existentes no cumplen con los requisitos actuales, como es el caso del proceso en estudio en este proyecto.

La integración de herramientas como gráficos de control, diagramas de flujo, FMEA, paretos, etc. Refuerzan el sustento técnico del proyecto.

2.1.5 Comparación entre DMADV y DMAIC

Dentro del enfoque de mejora continua propuesto por Six Sigma, existen dos metodologías ampliamente utilizadas: DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y

Controlar) y DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar). Aunque ambas comparten una estructura secuencial y están orientadas a la mejora de la calidad, su aplicación responde a objetivos distintos y a contextos específicos dentro de los procesos organizacionales.

La metodología DMAIC se emplea principalmente cuando se busca mejorar un proceso existente, es decir, cuando ya se cuenta con un flujo operativo establecido que presenta deficiencias, variabilidad o problemas de desempeño. Su propósito es identificar las causas raíz de los defectos, implementar soluciones correctivas y establecer controles que aseguren la sostenibilidad de las mejoras. Es ideal para proyectos de optimización, reducción de desperdicios, mejora de tiempos de ciclo o incremento de la eficiencia operativa (Minitab Blog Editor, 2021).

Por otro lado, DMADV se utiliza cuando se requiere diseñar un proceso nuevo o rediseñar radicalmente uno existente que no cumple con los objetivos estratégicos o con los requerimientos del cliente. Esta metodología se enfoca en la creación de soluciones desde cero, asegurando que el diseño final cumpla con los parámetros críticos de calidad (CTQ) y minimice el riesgo de fallos desde su concepción. DMADV es especialmente útil en proyectos de desarrollo de nuevos productos (DNP), donde el proceso actual no puede ser ajustado de forma incremental para alcanzar los resultados deseados (AskAnyDifference, 2023; Historia de la Empresa, 2023).

En el contexto del desarrollo de nuevos productos, cuando el proceso actual no alcanza los objetivos estratégicos ni satisface los requerimientos técnicos o comerciales, la metodología DMADV resulta más apropiada, ya que permite estructurar el diseño desde sus fundamentos, incorporando herramientas como QFD (Quality Function Deployment), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) y simulaciones virtuales para validar el desempeño antes de la implementación física.

2.1.6 Desarrollo de nuevos productos

El desarrollo de nuevos productos es una función estratégica en la industria moderna. Consiste en transformar ideas en productos viables y comercializables mediante un proceso estructurado. En industrias como la automotriz y la manufactura de llantas, el DNP está directamente vinculado con la competitividad, ya que permite responder a demandas cambiantes del mercado (Ulrich & Eppinger, 2012).

El modelo “Etapas/Puertas”, propuesto por Cooper (2001), divide el proceso en etapas intercaladas con puertas de decisión. Cada etapa implica actividades específicas como estudios de viabilidad, diseño conceptual, análisis financiero, pruebas de prototipo y validación. Las puertas son puntos donde la dirección revisa el avance y decide si continuar, ajustar o cancelar el proyecto.

En la manufactura de llantas, el proceso de desarrollo de productos implica etapas críticas como selección de materiales compuestos, simulación del comportamiento de rodadura, diseño de patrones de banda, pruebas en laboratorio y ensayos en carretera. Cada fase debe cumplir requisitos técnicos rigurosos para garantizar seguridad, durabilidad y cumplimiento de normas (Michelin, 2017).

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1 DMADV

A continuación, podremos ver un resumen de las etapas de la metodología DMADV:

Etapas del modelo DMADV:

- Definir: Se establecen el alcance del proyecto, las necesidades del cliente y los objetivos estratégicos.

- Medir: Se recopilan datos relevantes del proceso actual, identificando métricas para la calidad del proceso.
- Analizar: Se estudia la causa raíz de los problemas y se evalúan alternativas.
- Diseño: Se diseña el nuevo proceso, alineado a los requisitos del cliente y los objetivos planteados.
- Verificar: Se valida el diseño mediante pruebas, simulaciones o la misma implementación controlada para medir y garantizar su efectividad.

La gestión del proyecto de reingeniería propuesta se estructura conforme a las fases tradicionales de dirección de proyectos: planeación, desarrollo técnico, implementación, control y evaluación, pero adaptadas al marco metodológico de DMADV, el cual ofrece una guía sistemática y orientada al diseño de procesos robustos y alineados con la calidad requerida desde su concepción (Pyzdek & Keller, 2014).

En la etapa de planeación, se realiza la fase de definir de DMADV. En esta fase se establecen los objetivos del proyecto de rediseño, se identifican las necesidades y expectativas de los clientes internos, y se delimitan los entregables y restricciones del proceso. Herramientas como la Voz del Cliente (VOC) y SIPOC permiten capturar con precisión los atributos del proceso que deben ser transformados para cumplir con las nuevas exigencias de desarrollo de producto (Evans & Lindsay, 2017).

La fase de desarrollo técnico del proyecto corresponde con las etapas Medir y Analizar. En Medir, se recolectan datos clave que permiten comprender las capacidades actuales del proceso y establecer métricas de desempeño, en caso de que no existan. Posteriormente, al analizar, se realiza un análisis exhaustivo de los factores críticos que afectan la calidad y eficiencia del proceso de desarrollo, utilizando herramientas como análisis de causa y efecto, FMEA y análisis estadísticos. Esta etapa es fundamental para tomar decisiones sobre el diseño futuro del proceso.

La implementación se aborda desde la fase de diseño, donde se propone y estructura el nuevo proceso, integrando soluciones técnicas y efectivas. Se emplean herramientas como el diagrama de flujo o matrices de decisión, todo orientado a generar propuestas viables y eficientes que respondan a los requerimientos definidos (Ulrich & Eppinger, 2016).

En la fase de control, la metodología DMADV contempla la etapa verificar, dedicada a validar el desempeño del nuevo proceso con seguimiento de indicadores y control estadístico de procesos (SPC). Esta validación permite asegurar que el rediseño cumple con los estándares esperados y que es sostenible en el tiempo (Pyzdek & Keller, 2014).

2.2.2 Herramientas utilizadas

En el desarrollo del presente trabajo, se han empleado diversas herramientas metodológicas que permiten abordar de manera sistemática el problema planteado. La selección de estas herramientas responde a criterios de pertinencia, aplicabilidad y respaldo teórico, con el objetivo de garantizar la rigurosidad del análisis y la validez de los resultados obtenidos. Cada herramienta ha sido elegida en función de su capacidad para aportar información relevante, facilitar la toma de decisiones y optimizar los procesos involucrados en el estudio.

A continuación, se presenta una descripción detallada de las principales herramientas utilizadas, acompañada de sus fundamentos teóricos y referencias bibliográficas, con el fin de contextualizar su uso dentro del marco conceptual.

2.2.2.1 SIPOC

El diagrama SIPOC es una herramienta utilizada para representar de forma macro los elementos clave de un proceso. Su nombre proviene de las siglas en inglés de

Proveedores (Suppliers), Entradas (Inputs), Proceso (Process), Salidas (Outputs) y Clientes (Customers). Esta herramienta permite visualizar el flujo general de un proceso antes de realizar un análisis detallado, facilitando la identificación de los actores involucrados y los insumos necesarios para generar valor. Según George (2002), el SIPOC es fundamental en la fase de definición de proyectos Six Sigma, ya que proporciona una visión estructurada que ayuda a delimitar el alcance del proceso y a comprender las relaciones entre sus componentes.

2.2.2.2 Análisis de partes interesadas

El análisis de partes interesadas es una técnica que permite identificar, clasificar y comprender a los individuos, grupos u organizaciones que pueden influir o verse afectados por un proyecto. Freeman (1984) introdujo el enfoque de gestión estratégica basado en los stakeholders, destacando que el éxito de cualquier iniciativa depende en gran medida de la capacidad para gestionar las expectativas y el poder de influencia de estos actores. Esta herramienta es esencial para diseñar estrategias de comunicación, anticipar resistencias y fomentar la participación activa de los involucrados.

2.2.2.3 Voz del cliente

La Voz del Cliente (VoC) es una metodología que busca captar las necesidades, deseos y expectativas del cliente mediante técnicas como encuestas, entrevistas y grupos focales. Griffin y Hauser (1993) señalan que la VoC es el punto de partida para el desarrollo de productos y servicios centrados en el usuario, ya que permite traducir los requerimientos subjetivos del cliente en especificaciones técnicas concretas. Esta herramienta es clave para garantizar que las soluciones propuestas respondan efectivamente a las demandas del mercado.

2.2.2.4 Matriz CTQ

La matriz CTQ (Critical to Quality) permite identificar las características críticas que deben cumplir los productos o procesos para satisfacer los requerimientos del cliente. Pande, Neuman y Cavanagh (2000) explican que esta herramienta es esencial en proyectos Six Sigma, ya que traduce la voz del cliente en parámetros medibles que guían el diseño y control de calidad. La matriz CTQ facilita la priorización de variables clave y asegura que los esfuerzos de mejora estén alineados con las expectativas del usuario final.

2.2.2.5 Diagrama de afinidad

El diagrama de afinidad es una herramienta que permite organizar grandes cantidades de información, ideas o datos en grupos temáticos, facilitando la identificación de patrones y relaciones. Brassard y Ritter (1994) destacan que esta técnica es especialmente útil en sesiones de lluvia de ideas, donde se busca estructurar el pensamiento colectivo y generar consenso. El diagrama de afinidad promueve la colaboración y la creatividad, siendo una herramienta valiosa en la resolución de problemas complejos.

2.2.2.6 Modelo Kano

El modelo Kano clasifica las características de un producto o servicio según su impacto en la satisfacción del cliente. Kano et al. (1984) proponen tres categorías: atributos básicos (cuya ausencia genera insatisfacción), atributos de desempeño (cuya mejora incrementa la satisfacción) y atributos encantadores (que sorprenden positivamente al cliente). Esta herramienta permite priorizar mejoras con base en el valor percibido por el usuario, optimizando el diseño de productos y servicios.

2.2.2.7 Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o espina de pescado, es una herramienta de gestión de calidad que organiza de manera gráfica las posibles causas de un problema. Ishikawa (1968) propuso que las causas se agruparan en categorías como personas, métodos, materiales, maquinaria, entorno y medición, lo que facilita la identificación de la causa raíz. Esta herramienta permite analizar problemas de forma estructurada, fomentando el trabajo en equipo y la mejora continua en procesos productivos y de servicios.

2.2.2.8 Benchmarking

El benchmarking es una técnica de mejora continua que consiste en comparar procesos, productos o servicios con los de organizaciones líderes para identificar prácticas superiores. Camp (1989) define el benchmarking como la búsqueda sistemática de las mejores prácticas que conducen a un desempeño superior. Esta herramienta permite establecer metas realistas, fomentar la innovación y cerrar brechas de rendimiento mediante el aprendizaje externo.

2.2.2.9 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una herramienta gráfica que representa la secuencia lógica de actividades dentro de un proceso. Utiliza símbolos estandarizados para mostrar operaciones, decisiones, entradas y salidas, lo que facilita la comprensión, análisis y mejora de procesos. Harrington (1991) señala que los diagramas de flujo son fundamentales para identificar redundancias, cuellos de botella y oportunidades de optimización, ya que permiten visualizar el proceso completo de manera clara y estructurada.

2.2.2.10 Histogramas

El histograma es una herramienta estadística que permite visualizar la distribución de datos agrupados en intervalos, mostrando la frecuencia con la que ocurren ciertos valores. Montgomery (2012) destaca que los histogramas son esenciales en el control de calidad, ya que ayudan a identificar patrones, variabilidad y posibles desviaciones en los procesos. Esta herramienta es útil para analizar el comportamiento de variables continuas y tomar decisiones basadas en evidencia cuantitativa.

2.2.2.11 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se basa en el principio 80/20, el cual establece que el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas. Esta herramienta permite priorizar acciones correctivas enfocándose en los factores de mayor impacto. Juran (1988) afirma que el análisis Pareto es una técnica poderosa para la toma de decisiones, ya que facilita la identificación de los problemas más significativos y promueve el uso eficiente de los recursos disponibles.

2.2.2.12 Indicadores claves del proceso

Los indicadores clave de desempeño (KPIs, por sus siglas en inglés) son métricas utilizadas para evaluar el rendimiento de procesos, proyectos o estrategias. Parmenter (2015) señala que los KPIs deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales (SMART), y que su correcta definición permite alinear los objetivos operativos con los estratégicos. Esta herramienta es fundamental para monitorear el progreso, tomar decisiones informadas y fomentar la mejora continua.

2.2.2.13 FMEA

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF o FMEA, por sus siglas en inglés) es una técnica preventiva que identifica posibles fallos en un producto o proceso, sus causas y consecuencias, y propone acciones para mitigar el riesgo. Stamatis (2003) explica que el AMEF permite priorizar los riesgos mediante el cálculo del índice de prioridad de riesgo (RPN), lo que facilita la toma de decisiones enfocadas en la confiabilidad y seguridad. Esta herramienta es ampliamente utilizada en industrias como la automotriz, aeroespacial y manufacturera.

2.2.2.14 5 por qué?

La herramienta de los 5 Por Qué es una técnica de análisis utilizada para identificar la causa raíz de un problema mediante una secuencia iterativa de preguntas. Su simplicidad y efectividad la convierten en un recurso valioso dentro de metodologías de mejora continua como Lean y Six Sigma. Al preguntar “¿por qué?” de forma repetitiva —generalmente cinco veces— se logra profundizar en las causas subyacentes de una situación no deseada, evitando soluciones superficiales y permitiendo intervenciones más precisas y sostenibles.

Ohno (1988), pionero del sistema de producción de Toyota, popularizó esta herramienta como parte del enfoque de resolución de problemas en entornos industriales. Su aplicación permite a las organizaciones detectar fallas estructurales, comprender interdependencias dentro de los procesos y diseñar acciones correctivas alineadas con los objetivos estratégicos. En el contexto de la reingeniería de procesos, los 5 Por Qué facilitan la comprensión de los factores que limitan el desempeño actual, contribuyendo a la toma de decisiones informada y al diseño de soluciones efectivas.

2.2.2.15 Análisis de brechas

El análisis de brechas compara el estado actual de un proceso, sistema u organización con el estado deseado, identificando las diferencias que deben ser abordadas para alcanzar los objetivos. Rummler y Brache (1995) señalan que esta herramienta permite detectar deficiencias, establecer prioridades y diseñar planes de acción efectivos. El análisis de brechas es clave en la planificación estratégica y en la implementación de mejoras organizacionales.

2.2.2.16 Mapa de proceso futuro

El mapa de proceso futuro es una representación visual de cómo debería funcionar un proceso optimizado, eliminando desperdicios y mejorando el flujo de valor. Rother y Shook (2003) explican que esta herramienta es parte del enfoque Lean y permite visualizar el estado ideal del proceso, facilitando la identificación de acciones necesarias para alcanzar dicho estado. El mapa de proceso futuro es esencial para establecer metas de mejora y fomentar la eficiencia operativa.

2.2.2.17 Diagrama Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta de planificación que muestra las actividades de un proyecto en una línea de tiempo, indicando su duración, secuencia y dependencias. Kerzner (2017) señala que esta herramienta facilita la gestión de tareas, recursos y cronogramas, permitiendo a los equipos de trabajo monitorear el avance del proyecto y ajustar los planes según sea necesario. El diagrama de Gantt es ampliamente utilizado en la gestión de proyectos por su claridad y utilidad práctica.

2.2.2.18 Control de cambios

El control de cambios es un proceso formal que gestiona las modificaciones en proyectos, procesos o productos, asegurando que se evalúen, aprueben y documenten adecuadamente. Según el Project Management Institute (2017), el control de cambios es esencial para mantener la integridad del proyecto, evitar desviaciones no autorizadas y garantizar que todas las partes interesadas estén informadas. Esta herramienta promueve la transparencia y la trazabilidad en la gestión de proyectos.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

El abordaje metodológico del presente proyecto, basado en la reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica mediante la metodología DMADV, se sustenta en enfoques teóricos que permiten justificar las decisiones técnicas y estratégicas aplicadas en cada fase del proyecto. El uso de herramientas avanzadas de ingeniería industrial no solo permite rediseñar el proceso de forma eficiente, sino que también genera impactos medibles en diferentes horizontes temporales, tanto cualitativos como cuantitativos.

En el corto plazo, el principal efecto esperado es el cumplimiento de tiempos de entrega en el desarrollo de nuevos productos. Gracias al rediseño estructurado del proceso, se minimizan reprocesos y se agilizan, lo cual tiene efectos directos en la productividad y en los costos operativos (Pyzdek & Keller, 2014).

A mediano plazo, se prevé una mejora sostenida en la calidad de los productos lanzados, mediante el uso sistemático de herramientas como el análisis de modo y efecto de falla (FMEA). Estas prácticas permiten fortalecer los estándares de producto frente a exigencias del mercado y cambios frecuentes, consolidando una cultura de calidad total (Evans & Lindsay, 2017).

En el largo plazo, el proyecto impacta la estrategia organizacional mediante la alineación entre los procesos de desarrollo y los objetivos corporativos. El trabajo constante en este tipo de revisión de procesos permite integrar indicadores de desempeño del nuevo proceso en las dimensiones clave del negocio como la financiera al ser más eficientes en el desarrollo de nuevos productos, en el cliente al satisfacer la necesidad de los nuevos productos en tiempo y forma y aprendizaje organizacional al estandarizar un nuevo proceso que permite que sus ingenieros tengan mejores herramientas o conocimientos para realizar un mejor diseño de producto (Kaplan & Norton, 2004). De esta forma, el rediseño no solo se sostiene en mejoras operativas, sino que se traduce en ventaja competitiva para la empresa.

2.3.1 Impacto diseño de nuevos productos

La innovación en el diseño de nuevos productos constituye uno de los pilares fundamentales para la competitividad empresarial en entornos dinámicos y globalizados. En este sentido, comprender el impacto del proyecto en el diseño de nuevos productos implica reconocer cómo las metodologías, procesos y aprendizajes derivados fortalecen la creatividad, reducen los tiempos de desarrollo y aumentan la probabilidad de éxito.

El concepto de innovación ha sido ampliamente estudiado en la literatura. Schumpeter (1934) introdujo la noción de “destrucción creativa”, señalando que el progreso económico depende de la capacidad de las empresas para renovar constantemente sus productos y procesos. En este marco, el diseño de nuevos productos se convierte en un motor de transformación organizacional.

Asimismo, Cooper (1990) propone el modelo Stage-Gate, que estructura el desarrollo de productos en fases con puntos de control, permitiendo evaluar riesgos y asegurar la calidad del resultado final. Este enfoque es relevante para el proyecto,

ya que la implementación de procesos sistemáticos de evaluación contribuye a que los nuevos diseños sean más eficientes y alineados con las expectativas del cliente.

Tidd y Bessant (2018) destacan que la gestión de la innovación requiere integrar factores tecnológicos, de mercado y organizacionales. En este sentido, el proyecto no solo impacta en el producto final, sino también en la cultura interna de la empresa, promoviendo un entorno colaborativo y orientado a la mejora continua.

El impacto del proyecto en el diseño de nuevos productos se traduce en una mayor capacidad de innovación, eficiencia y adaptación al mercado. Al integrar metodologías reconocidas, fomentar la creatividad y aprovechar tecnologías emergentes, la organización fortalece su competitividad y asegura que los nuevos productos respondan de manera efectiva a las demandas de los clientes.

2.3.2 Impacto eficiencia del trabajo

La eficiencia laboral se entiende como la capacidad de realizar tareas con el menor consumo posible de recursos, manteniendo o mejorando la calidad de los resultados (Drucker, 1999). En este sentido, el proyecto impacta en la eficiencia del trabajo al introducir procesos más claros, herramientas y prácticas que reducen tiempos improductivos y eliminan redundancias.

Uno de los enfoques más relevantes es el de la gestión científica del trabajo propuesta por Taylor (1911), quien planteó la necesidad de estandarizar procesos para aumentar la productividad. Aunque su visión ha sido criticada por su excesivo énfasis en la mecanización, sus principios siguen siendo aplicables en la búsqueda de eficiencia.

Por otro lado, metodologías contemporáneas como Lean Management y Kaizen destacan la importancia de la mejora continua y la eliminación de desperdicios (Ohno, 1988). Estas prácticas permiten que los proyectos generen un impacto

positivo en la eficiencia del trabajo al identificar actividades que no agregan valor y al fomentar la participación de los empleados en la optimización de procesos.

2.3.3 Impacto calidad de producto

El concepto de calidad ha evolucionado a lo largo del tiempo. Juran (1992) definió la calidad como “adecuación al uso”, destacando que un producto debe cumplir con las expectativas del cliente en cuanto a desempeño y confiabilidad. Por su parte, Crosby (1979) planteó que la calidad consiste en “cumplir con los requisitos”, enfatizando la importancia de la prevención de errores en lugar de su corrección.

Deming (1986) subrayó que la calidad debe ser responsabilidad de toda la organización, no solo del área de producción. En este sentido, el proyecto contribuye a integrar la calidad desde el proceso de diseño.

El impacto del proyecto en la calidad de los productos diseñados se refleja en la reducción de defectos, la estandarización de procesos y la satisfacción del cliente desde un principio. Al aplicar metodologías reconocidas y fomentar una cultura de mejora continua, la organización asegura que sus productos diseñados cumplan con los más altos estándares de desempeño y confiabilidad.

2.3.4 Impacto desperdicio de producto

El scrap, entendido como la generación de productos defectuosos que no cumplen con los estándares de calidad y deben ser desechados, constituye una de las principales fuentes de desperdicio en los procesos productivos. Este fenómeno afecta directamente la eficiencia, incrementa los costos de operación y reduce la competitividad de la organización. El proyecto en análisis tiene un impacto significativo en la reducción del scrap, al implementar metodologías de control de calidad, optimización de procesos y cultura de mejora continua.

El scrap se produce cuando los productos presentan defectos que impiden su comercialización o utilización. Según Juran (1992), los defectos representan una “falla en la adecuación al uso”, lo que genera pérdidas económicas y afecta la satisfacción del cliente. En este sentido, el impacto del proyecto se centra en disminuir la tasa de scrap mediante la identificación de causas raíz y la aplicación de herramientas de control.

Asimismo, el Sistema de Producción Toyota (Ohno, 1988) enfatiza la importancia de eliminar desperdicios, incluyendo el scrap, como parte de la filosofía Lean. La reducción de defectos no solo disminuye los costos asociados a materiales y mano de obra, sino que también mejora la eficiencia global del sistema productivo.

El impacto del proyecto en el desperdicio de los procesos, específicamente en el scrap por defectos en producción, se traduce en una mayor eficiencia, reducción de costos y sostenibilidad.

2.3.5 Impacto satisfacción del cliente

La satisfacción del cliente constituye uno de los indicadores más relevantes para evaluar el éxito de una organización. No se limita únicamente a la calidad del servicio brindado, sino que también depende de la confiabilidad, desempeño y pertinencia de los productos ofrecidos. En este sentido, la reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos tiene un impacto directo en la satisfacción del cliente, ya que permite diseñar soluciones más ajustadas a sus necesidades, reducir defectos y scrap en producción, y garantizar tiempos de entrega más ágiles.

La satisfacción del cliente se define como el grado en que las expectativas del consumidor son cumplidas o superadas por los productos y servicios recibidos (Oliver, 1997). En el marco de la reingeniería, este concepto se fortalece al replantear radicalmente los procesos de desarrollo de nuevos productos, logrando mejoras sustanciales en calidad, costos y tiempos (Hammer & Champy, 1993).

Un ejemplo concreto es la aplicación de metodologías ágiles en el desarrollo de productos, que permiten iterar prototipos y validar con clientes en fases tempranas. Esto asegura que el producto final esté alineado con las expectativas del consumidor, incrementando su satisfacción (Rigby, Sutherland & Takeuchi, 2016).

El impacto de la reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos en la satisfacción del cliente se refleja en una mayor confianza, fidelización y percepción positiva de la marca. Al reducir defectos, optimizar tiempos y garantizar productos más confiables, la organización logra superar las expectativas del consumidor y consolidar su competitividad en el mercado. En consecuencia, la satisfacción del cliente se convierte en un resultado directo de la reingeniería, fortaleciendo la sostenibilidad y el éxito empresarial a largo plazo.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

En el contexto actual de transformación digital, globalización y exigencias crecientes en cuanto a calidad, eficiencia y adaptabilidad, las organizaciones enfrentan el reto constante de optimizar sus procesos internos y productos para mantenerse competitivas. En este escenario, las metodologías de mejora continua y rediseño radical de procesos han adquirido un papel protagónico en la gestión empresarial moderna. Entre ellas, destacan la Reingeniería de Procesos y los enfoques estructurados de Lean Six Sigma, como DMADV, que han demostrado ser herramientas eficaces para lograr mejoras sustanciales en el rendimiento organizacional.

La Reingeniería de Procesos se enfoca en el rediseño profundo y radical de los procesos existentes, con el objetivo de alcanzar mejoras significativas en indicadores clave como tiempo de ciclo, costos operativos, calidad del producto o servicio y satisfacción del cliente. A diferencia de los enfoques tradicionales de mejora incremental, este propone una ruptura con los esquemas establecidos,

cuestionando las prácticas actuales y replanteando desde cero la forma en que se ejecutan las actividades dentro de la organización.

Por su parte, DMADV —acrónimo de Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar— es una metodología perteneciente al enfoque Lean Six Sigma, orientada al diseño de nuevos procesos, productos o servicios que respondan de manera precisa a los requerimientos del cliente y a los objetivos estratégicos de la empresa. Su aplicación permite estructurar proyectos de mejora con base en datos, análisis estadístico y validación de resultados, lo que contribuye a reducir la variabilidad, eliminar desperdicios y garantizar la sostenibilidad de los cambios implementados.

Los antecedentes que se presentan a continuación tienen como propósito ilustrar cómo estas metodologías han sido aplicadas en diversos sectores industriales y empresariales, generando impactos positivos en la eficiencia operativa, la integración interdepartamental y la capacidad de innovación. A través del análisis de casos documentados por distintos autores, se busca construir una base teórica sólida que respalde la elección metodológica del presente estudio, así como identificar patrones, buenas prácticas y lecciones aprendidas que puedan ser replicadas o adaptadas en contextos similares.

Además, el estudio de antecedentes permite comprender la evolución conceptual y práctica de estas metodologías, así como su interacción con otras herramientas de gestión. Esta revisión no solo aporta rigor académico, sino que también enriquece la perspectiva crítica del autor al momento de formular su propuesta de mejora.

Ramírez, Torres y Peña (2018) desarrollaron un proyecto de mejora continua en una empresa del sector de autopartes, caracterizada por operar en un entorno altamente competitivo, con exigencias crecientes en cuanto a innovación, calidad y velocidad de respuesta al mercado, como la empresa de este proyecto. Para abordar los desafíos relacionados con el desarrollo de nuevos productos, los autores implementaron una estrategia dual que combinó la Reingeniería de Procesos con la metodología DMADV, perteneciente al enfoque Lean Six Sigma.

La elección de reingeniería de procesos respondió a la necesidad de realizar un rediseño radical de los procesos existentes, más allá de simples ajustes incrementales. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los flujos de trabajo, identificando actividades que no agregaban valor, redundancias operativas, demoras en la toma de decisiones y una escasa sincronización entre los departamentos de ingeniería, calidad, compras y producción. Este diagnóstico permitió establecer una base sólida para la transformación estructural del proceso de desarrollo de productos.

Por otro lado, DMADV —que se compone de las fases Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar— fue utilizado como marco metodológico para garantizar que el nuevo proceso estuviera alineado con los requerimientos del cliente y los objetivos estratégicos de la organización. En la fase de definición, se establecieron los parámetros críticos de calidad (CTQ) y se identificaron las expectativas del cliente interno y externo. Durante la medición y el análisis, se recopilaron datos históricos sobre tiempos de ciclo, tasas de retrabajo y niveles de satisfacción, lo que permitió detectar las causas raíz de los problemas existentes.

La fase de diseño implicó la creación de un nuevo modelo de proceso, apoyado en herramientas como diagramas SIPOC, mapas de flujo de valor (VSM) y simulaciones de escenarios. Finalmente, en la etapa de verificación, se implementaron indicadores clave de desempeño (KPIs) para monitorear la eficacia del nuevo proceso, incluyendo métricas como lead time, tasa de cumplimiento de entregas y número de iteraciones técnicas por proyecto.

Los resultados fueron contundentes: la empresa logró reducir en un 30% el tiempo total de desarrollo de productos, lo que se tradujo en una mayor capacidad de respuesta ante las demandas del mercado, una mejora en la coordinación interdepartamental y una disminución significativa en los costos asociados al retrabajo y a los retrasos. Además, se observó un incremento en la satisfacción del cliente interno, gracias a la mayor claridad en los roles, responsabilidades y entregables de cada etapa del proceso.

Este estudio de caso evidencia cómo la integración de enfoques estructurados como BPR y DMADV puede generar impactos transformadores en organizaciones industriales, especialmente aquellas que enfrentan presiones constantes por innovar y optimizar sus operaciones. La experiencia de Ramírez, Torres y Peña (2018) constituye una referencia valiosa para profesionales y académicos interesados en la gestión de procesos, la ingeniería industrial y la mejora continua.

Silva y Gómez (2020) llevaron a cabo un proyecto de mejora en una empresa costarricense dedicada a la fabricación de llantas, con el objetivo de optimizar el diseño de moldes utilizados en el proceso de vulcanización. La empresa enfrentaba una alta tasa de retrabajo en la etapa de moldeo, generada por discrepancias entre los diseños CAD y los requerimientos técnicos del área de ingeniería de manufactura. Esta situación provocaba demoras en la producción, desperdicio de materiales y reprocesos que afectaban la eficiencia operativa.

Para abordar esta problemática, se aplicó la metodología DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar), propia del enfoque Six Sigma, orientada al diseño de procesos nuevos o significativamente mejorados. El proyecto se estructuró en cinco fases:

- Definir: Se estableció como objetivo principal reducir el retrabajo en moldes y mejorar la alineación técnica entre los departamentos de diseño e ingeniería. Se identificaron los requerimientos críticos para la calidad (CTQ), como tolerancias dimensionales, distribución térmica y compatibilidad con maquinaria existente.
- Medir: Se recopilaron datos históricos sobre defectos en moldes, tiempos de retrabajo y discrepancias entre planos y especificaciones técnicas. Se determinó que el retrabajo representaba el 18% del tiempo total de producción en la etapa de moldeo.
- Analizar: Se realizó un análisis de causa raíz que reveló fallas en la comunicación interdepartamental, ausencia de validación cruzada en los planos técnicos y errores recurrentes en la selección de materiales para moldes. También se identificó la falta de simulaciones térmicas previas al diseño físico.

- Diseñar: Se desarrolló un nuevo flujo de trabajo colaborativo entre diseño e ingeniería, que incluyó revisiones conjuntas de planos, simulaciones térmicas en software especializado y validación digital de geometrías. Se implementó un sistema de control de versiones y una plantilla estandarizada para especificaciones técnicas.
- Verificar: Se aplicó el nuevo proceso en el diseño de tres moldes piloto. Los resultados fueron contundentes: Reducción del retrabajo en un 40%, mejora del 35% en la eficiencia de ensamblaje y alineación técnica del 95% entre los planos de diseño y los requerimientos de ingeniería.

Este caso demuestra cómo la aplicación estructurada de DMADV puede generar mejoras significativas en procesos de diseño técnico, especialmente en industrias donde la precisión y la coordinación interdisciplinaria son clave. Además, ofrece un antecedente relevante para proyectos de manufactura de llantas en contextos similares, como el costarricense, donde la optimización de moldes impacta directamente en la calidad del producto final y en la eficiencia operativa.

En el año 2018, Sánchez-Ramírez desarrolló un proyecto de graduación titulado “Establecimiento de mejoras en la gestión de la producción para reducir los retrasos en la entrega de pedidos de las familias de impresión en negro y color”, como parte del programa de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El estudio se llevó a cabo en la empresa Servicio de Impresos Fenix S.A, especializada en impresión comercial y hotelera, con más de dos décadas de experiencia en el mercado costarricense.

La investigación surgió como respuesta a una problemática operativa significativa: el 28,31% de los pedidos presentaban retrasos en su entrega, lo que generaba un costo de oportunidad mensual cercano a ₡6 millones. Esta situación afectaba directamente la satisfacción del cliente, la eficiencia interna y la competitividad de la empresa en el sector gráfico.

Para abordar esta situación, la autora realizó un diagnóstico exhaustivo del proceso productivo, identificando cuatro variables críticas que influían en el control de producción: el tipo de máquina utilizada, el tiempo de entrega comprometido, el tipo

de acabado requerido y el costo total del pedido. Estas variables fueron seleccionadas por su impacto directo en la programación, ejecución y priorización de los trabajos dentro del área de producción.

La tesis realizada por Sánchez-Ramírez (2018) se alinea metodológicamente con el enfoque DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar), utilizado en proyectos de mejora dentro de la estrategia Six Sigma. Este modelo es particularmente útil en escenarios donde es necesario diseñar soluciones desde cero, en lugar de modificar procesos existentes. La autora abordó el problema de los retrasos en la entrega de pedidos en la empresa Servicio de Impresos Fénix S.A., mediante un proceso estructurado que permitió generar herramientas innovadoras para la gestión de la producción.

En la fase de Definir, se delimitó el problema operativo y se establecieron los objetivos del estudio. En la etapa de Medir, se recopilaron datos relevantes sobre tiempos de entrega, tipos de impresión, acabados y costos. Durante la fase de Analizar, se identificaron los factores críticos que impactaban la eficiencia productiva. Con esta base, se pasó a la fase de Diseñar, en la cual se desarrolló una herramienta tecnológica en Visual Studio® para priorizar pedidos, así como una mejora en la organización física del área de trabajo. Finalmente, en la etapa de Verificar, se implementaron las soluciones en condiciones reales y se evaluó su desempeño económico, confirmando la viabilidad de las propuestas.

Con base en este análisis y, en resumen, se plantearon dos propuestas de mejora orientadas a optimizar la gestión operativa:

- Desarrollo de una herramienta de priorización de pedidos: Utilizando el entorno de programación Visual Studio®, se creó una aplicación que permite ingresar los datos de los pedidos según las variables clave. El sistema calcula automáticamente la prioridad de cada pedido, facilitando la toma de decisiones en la programación de la producción. Esta herramienta permitió procesar seis pedidos adicionales por semana, lo que representó un ingreso adicional mensual de ₡4.6 millones.

- Reorganización física del área de producción: Se implementó la compra de estantería metálica para clasificar los sobres de trabajo, lo que permitió reducir los tiempos muertos asociados a la búsqueda de materiales y mejorar la trazabilidad de los pedidos. Esta mejora física contribuyó a una mayor fluidez en el proceso productivo y a una mejor gestión del espacio.

Ambas propuestas fueron sometidas a una evaluación económica, demostrando ser viables y rentables, con un retorno de inversión en menos de un mes. Además, se evidenció una mejora sustancial en la eficiencia operativa, la puntualidad en las entregas y la capacidad de respuesta ante la demanda.

El uso del enfoque DMADV permitió a la autora diseñar soluciones adaptadas a las necesidades específicas del entorno empresarial, lo que resultó en mejoras sustanciales en la eficiencia operativa y tiempos de entrega.

Este estudio constituye un antecedente relevante para investigaciones orientadas a la mejora continua en entornos industriales utilizando la metodología DMADV, ya que demuestra cómo cada una de las etapas de esta metodología y la integración de herramientas tecnológicas simples y acciones de reorganización física pueden generar impactos significativos en la gestión de producción. Asimismo, resalta la importancia de analizar variables operativas específicas para diseñar soluciones efectivas y adaptadas al contexto empresarial.

Los antecedentes expuestos demuestran cómo diversas organizaciones, tanto en contextos industriales como empresariales, han enfrentado problemáticas similares mediante la aplicación de metodologías estructuradas como la Reingeniería de Procesos y Design for Six Sigma (DFSS), en particular el enfoque DMADV. Estos estudios reflejan la efectividad de dichas herramientas para rediseñar procesos complejos, optimizar el desarrollo de productos y reducir tiempos, costos y retrabajos de forma significativa.

Cada caso revisado ofrece una perspectiva única sobre la transformación operativa, ya sea mediante soluciones tecnológicas, rediseño organizacional o innovación en etapas de diseño y validación. La evidencia presentada fortalece el marco

conceptual del presente estudio y valida la elección metodológica propuesta, al tiempo que permite identificar factores de éxito y criterios técnicos que serán considerados para el diseño del nuevo proceso en el contexto específico de la manufactura de llantas.

Por lo tanto, esta revisión de antecedentes no solo aporta una base teórica robusta, sino que también confirma la viabilidad, pertinencia y aplicabilidad del modelo propuesto en este trabajo, brindando referentes concretos que inspiran el desarrollo de soluciones adaptadas al entorno.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Metodología para la definición del problema

La fase “Definir” constituye el punto de partida fundamental dentro del enfoque DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar), perteneciente a la metodología Six Sigma. En el presente proyecto de tesis, centrado en la reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos en la planta manufacturera de llantas Bridgestone en Costa Rica, esta etapa tiene como propósito delimitar con claridad el problema central, establecer sus implicaciones estratégicas para la organización y sustentar metodológicamente su relevancia.

Durante esta fase se identifica la oportunidad de mejora a través de un análisis crítico del estado actual del proceso, considerando tanto elementos operativos como percepciones cualitativas de los actores involucrados. Asimismo, se establece el marco metodológico que guiará el proyecto, fundamentado en la selección consciente de DMADV como método de mejora orientado al rediseño de procesos, en contraste con otras metodologías enfocadas en la optimización de sistemas existentes.

La fase “Definir” permite crear alineamiento organizacional en torno a los objetivos del proyecto, integrar la voz del cliente interno (ingeniería, calidad, producción) y determinar indicadores clave que servirán como referencia para evaluar el éxito del rediseño propuesto. Su correcta ejecución garantiza una base sólida sobre la cual se estructura el resto de las etapas del ciclo DMADV.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son:

- SIPOC: Analizar los diagramas de flujo actuales de alto nivel para contextualizar y delimitar el proceso en el que se está trabajando.
- Diagrama de flujo: Observar el proceso actual de desarrollo de llantas para entender su funcionamiento y encontrar oportunidades de mejora.

- Análisis de partes interesadas: Para identificar, categorizar y comprender las partes interesadas, influyentes o afectadas en el proyecto. Se realiza una identificación de las partes y se representa en una matriz de importancia.
- Voz del cliente (VOC): Entender lo que el cliente interno necesita y espera del proceso. Entrevistas personales a los clientes.
- Matriz CTQ: Traducir las necesidades de los clientes en requisitos con métricas. Establecer tabla de relación.
- Diagrama de afinidad: para organizar la voz del cliente y entenderla de una manera más estructurada. Basado en la herramienta VOC.
- Matriz Kano: Priorizar lo más importante para agregar en el nuevo diseño de proceso.
- Benchmarking: Explorar en otras plantas de Bridgestone en busca de buenas prácticas en el proceso de desarrollo de productos e incorporarlas al nuevo diseño.

Tabla 1 Estructura detallada de etapa definir

Objetivo específico	Actividad	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
<i>Definir claramente las oportunidades de mejora y las necesidades del cliente del proceso actual de calificación de nuevos productos.</i>	<i>Mapear el proceso actual. Reuniones de grupos. Encuestas. Agrupaciones por afinidad. Aplicar modelados de características. Taller de trabajo.</i>	<i>SIPOC Diagrama de flujo Análisis de partes interesadas VOC Matriz CTQ Diagrama de afinidad Modelo Kano Benchmarking</i>	<i>Analizar las principales actividades del proceso actual. Identificar las partes interesadas. Conocer la voz del cliente para agruparla por categoría, asignar métrica y</i>	<i>Semana 1 y 2 del mes de enero.</i>	<i>Líder del proyecto</i>

*establecer
prioridad.
Explorar otras
plantas de
Bridgestone.
Identificar
las mejores
prácticas.*

Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa de Definición, se establecieron con claridad el problema central, los objetivos del proyecto, los requerimientos del cliente y los criterios de éxito. Esta fase permitió delimitar el alcance del estudio y alinear las expectativas con las necesidades reales del proceso o producto en análisis. Al comprender profundamente el contexto y las prioridades, se sentaron las bases para una toma de decisiones informada y estratégica en las siguientes fases del proyecto. Con esta estructura definida, se avanza hacia la etapa de Medición.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

La segunda etapa de la metodología DMADV, denominada Medir, tiene como objetivo principal la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos que permitan caracterizar el desempeño actual del proceso de desarrollo de nuevos productos en la planta de manufactura de llantas. Esta fase es fundamental para establecer una línea base que sirva como punto de comparación frente a los resultados esperados del nuevo diseño propuesto.

En esta etapa se identifican los parámetros críticos para la calidad, es decir, aquellos atributos del proceso que tienen un impacto directo en la satisfacción del cliente interno y en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización. Estos parámetros pueden incluir, entre otros, el tiempo total de desarrollo, el número

de iteraciones requeridas para aprobar un diseño, la frecuencia de reprocesos, el nivel de cumplimiento técnico y los costos asociados al desarrollo.

La recopilación de datos se realizará a partir de fuentes primarias y secundarias, incluyendo registros históricos del proceso, entrevistas con personal clave, observación directa en planta y análisis documental. Para garantizar la validez y confiabilidad de la información, se aplicarán herramientas estadísticas y de calidad que permitan organizar, visualizar y comprender los datos de forma estructurada.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son:

Histogramas: Revisar el comportamiento actual de los indicadores del proceso de calificación de llantas y de sus productos.

Gráficos Pareto: Encontrar las tendencias y puntos importantes del proceso para enfocar los análisis y esfuerzos en ellos.

Indicadores clave de desempeño (KPIs): para establecer métricas comparables antes y después de la intervención.

Tabla 2 Estructura detallada de etapa medir

Objetivo específico	Actividad	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
<i>Determinar datos cuantitativos y cualitativos del proceso actual identificando los niveles de desempeño de los</i>	<i>Mapeo del proceso. Recolección de datos. Mapeo de indicadores claves. Graficado de datos.</i>	<i>Histograma Indicadores clave Gráfico Pareto</i>	<i>Entender el proceso actual, ver su comportamiento, indicadores clave, encontrar puntos importantes o tendencias y comprobar la veracidad de datos actuales.</i>	<i>Semana 3 y 4 de enero.</i>	<i>Líder del proyecto</i>

*indicadores
principales*

Fuente: Elaboración propia

La etapa de Medir no solo permite cuantificar el estado actual del proceso, sino también identificar las brechas existentes entre el desempeño real y el desempeño esperado. Esta información será esencial para la siguiente fase, Analizar, donde se buscarán las causas raíz de los problemas detectados y se definirán las oportunidades de mejora.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

La etapa de Análisis tiene como propósito interpretar la información obtenida durante la fase de Medición para identificar las causas raíz de los problemas que afectan el desempeño del proceso de desarrollo de nuevos productos. A través de herramientas de análisis cualitativo y cuantitativo, se busca comprender las relaciones entre variables críticas, detectar patrones de falla y priorizar las oportunidades de mejora que tendrán mayor impacto en el cumplimiento de los objetivos definidos.

Durante esta fase se aplicarán técnicas con el fin de descomponer los problemas en sus componentes fundamentales y facilitar la toma de decisiones basada en evidencia. Asimismo, se evaluará la alineación entre los requerimientos del cliente interno y las capacidades actuales del proceso, identificando brechas que deben ser abordadas en la etapa de Diseño.

El análisis profundo de los datos permitirá establecer criterios técnicos y operativos que guiarán la reingeniería del proceso, asegurando que las soluciones propuestas respondan directamente a las causas identificadas y no solo a sus síntomas. Esta etapa representa el puente entre el diagnóstico del estado actual y la construcción del nuevo modelo de trabajo.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son:

AMEF: Identificar, evaluar y priorizar los posibles modos de fallo en un proceso, con el fin de prevenir errores antes de que ocurran, mejorar la calidad, aumentar la fiabilidad y garantizar la seguridad.

5 por qué?: Es una técnica sencilla pero poderosa utilizada para identificar la causa raíz de un problema. Consiste en preguntar “¿por qué?” de forma repetitiva (generalmente cinco veces) hasta llegar al origen del inconveniente.

Análisis de brechas: Realizar un análisis entre lo ideal según lo visto y definido en etapas anteriores y lo actual, esto para poder definir cuáles deben ser las mejoras en el nuevo diseño.

Ishikawa: herramienta visual usada para identificar y organizar las posibles causas de un problema.

Tabla 3 Estructura detallada de etapa analizar

Objetivo específico	Actividad	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
<i>Analizar las diferentes ineficiencias o errores dentro del proceso actual con diferentes herramientas encontrando causas raíz y priorizando factores críticos que deben ser abordados</i>	<i>Realizar un análisis de riesgo. Recolección de datos. Crear gráficos de datos. Realizar análisis de causa raíz.</i>	<i>FMEA Análisis de brechas 5 por qué? Pareto Ishikawa</i>	<i>Identificar diferentes riegos del proyecto. Identificar las brechas contra el modelo deseado. Identificar causas raíz.</i>	<i>Del 2/2 al 25/2</i>	<i>Líder del proyecto</i>

*más
adelante en
el rediseño*

Fuente: Elaboración propia

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

La etapa de implementación constituye una fase decisiva dentro del desarrollo metodológico de esta investigación, ya que representa el punto de transición entre el análisis teórico y la aplicación práctica de las soluciones propuestas. Luego de haber identificado los modos de falla y priorizado acciones correctivas, se procede a ejecutar las estrategias definidas con el objetivo de validar su eficacia en condiciones reales. Esta fase implica la puesta en marcha de los recursos técnicos, humanos y operativos necesarios para llevar a cabo las mejoras planteadas, así como el seguimiento de indicadores clave que permitan medir el impacto de dichas acciones sobre el desempeño del sistema o proceso estudiado.

La implementación no solo busca confirmar que las soluciones cumplen con los requisitos del cliente y los objetivos del proyecto, sino también detectar posibles desviaciones, ajustar parámetros y garantizar la sostenibilidad de los resultados obtenidos. En este sentido, se convierte en una etapa dinámica, en la que la retroalimentación continua y la observación directa juegan un papel fundamental para consolidar la mejora continua. Además, permite validar la aplicabilidad de la metodología seleccionada en el contexto específico del estudio, aportando evidencia que respalde las decisiones tomadas en fases anteriores.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son:

Mapa de proceso futuro: Rediseñar el mapa de proceso actual incorporando los cambios propuestos.

Diagrama Gantt: Define actividades, responsables, tiempos y recursos para la ejecución del plan para lograr los objetivos planteados.

Control de cambios: Comunicación, capacitación, gestión de cambio y seguimiento.

Tabla 4 Estructura detallada de etapa diseñar

Objetivo específico	Actividad	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
<i>Diseñar un nuevo proceso de calificación alcanzando los desempeños esperados en sus principales indicadores y cumpliendo con lo requerido por usuarios y clientes internos</i>	<i>Diseño del mapa nuevo. Planear actividades, fechas y responsables. Manejo de sistema de control de documentos.</i>	<i>Mapa de proceso futuro Diagrama Gantt Control de cambios</i>	<i>Rediseñar un nuevo diagrama de flujo, establecer un plan de acción de las actividades necesarias y gestionar todos los cambios.</i>	<i>Del 03/03 al 28/03</i>	<i>Líder del proyecto</i>

Fuente: Elaboración propia

La etapa de implementación ha permitido materializar las propuestas desarrolladas durante el análisis, trasladando los conceptos teóricos y estratégicos a acciones concretas dentro del entorno real del proceso estudiado. A través de la ejecución de las mejoras planteadas, se ha logrado validar la eficacia de la metodología aplicada, evidenciando su capacidad para generar resultados alineados con los objetivos del proyecto y las expectativas del cliente.

Este proceso ha demostrado la importancia de una planificación rigurosa, una asignación adecuada de recursos y un seguimiento constante de los indicadores clave, elementos que han sido fundamentales para garantizar la efectividad y sostenibilidad de los cambios introducidos. Asimismo, la implementación ha ofrecido

una oportunidad valiosa para ajustar y perfeccionar las soluciones en función de los resultados observados, fortaleciendo el enfoque de mejora continua que guía esta investigación.

Con la culminación de esta etapa, se establece una base sólida para la evaluación final del proyecto, permitiendo medir el impacto de las acciones ejecutadas y extraer conclusiones relevantes que aporten tanto al conocimiento académico como a la práctica profesional en el área de estudio.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

La etapa de Verificación representa el cierre técnico del ciclo DMADV, en el cual se valida que el diseño desarrollado cumple con los requisitos del cliente, los objetivos del proyecto y los estándares de calidad establecidos. Esta fase tiene como propósito confirmar, mediante mediciones, que el proceso diseñado funciona correctamente en condiciones reales y que su desempeño es consistente y confiable.

Durante esta etapa se aplican herramientas de validación de indicadores críticos para la calidad y retroalimentación de usuarios o partes interesadas. Además, se establece un plan de transición hacia la implementación definitiva, incluyendo controles operativos, documentación técnica y estrategias de sostenibilidad del diseño.

La verificación no solo garantiza la funcionalidad del diseño, sino que también permite detectar desviaciones, ajustar parámetros y asegurar que el resultado final esté alineado con las expectativas del cliente y los objetivos estratégicos del proyecto. Esta fase es esencial para consolidar la mejora propuesta y asegurar su viabilidad a largo plazo.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son:

Indicadores KPIs: Seguimiento a la mejora de los indicadores claves para evaluar la efectividad del nuevo diseño.

AMEF: Evaluar el nuevo proceso para comparar luego de los cambios con el proceso anterior.

Evaluación de la satisfacción del cliente: Tener el criterio de los clientes y usuarios del nuevo diseño de proceso.

Auditorías internas: Auditorías periódicas para asegurar que se mantengan las buenas prácticas del nuevo diseño del proceso.

Actualización documental: Documentar todos los cambios e implicaciones del nuevo proceso para que se mantenga en el tiempo.

Tabla 5 Estructura detallada de etapa verificar

Objetivo específico	Actividad	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
<i>Verificar los resultados obtenidos en el proceso nuevo contra los del proceso anterior determinando su efectividad</i>	<i>Revisar el resultado de los nuevos indicadores. Correr nuevamente el análisis de riesgos. Realizar una encuesta a los clientes. Analizar nuevamente el análisis de brechas y control documental.</i>	<i>Indicadores KPI. AMEF Evaluación satisfacción del cliente Auditorías Internas Actualización documental.</i>	<i>Seguimiento al cambio a mejor de los indicadores clave del proceso, evaluación de los modos de falla del nuevo proceso, conocer la opinión de partes interesadas y actualización documental y auditorías para</i>	<i>Del 15/4 al 30/4</i>	<i>Líder del proyecto</i>

*mantener las
mejoras en el
tiempo.*

Fuente: Elaboración propia

Con la culminación de la etapa de Verificación, se consolida el diseño propuesto como una solución robusta, validada y alineada con los requerimientos del cliente y los objetivos estratégicos del proyecto. Las pruebas realizadas, junto con los mecanismos de control implementados, permiten asegurar que el desempeño del nuevo diseño es consistente y cumple con los estándares de calidad definidos.

Esta fase no solo confirma la efectividad del diseño, sino que también establece las bases para su implementación sostenible, facilitando la transición hacia la operación regular y garantizando su integración dentro del entorno organizacional. La verificación actúa como un filtro final que asegura que cada decisión tomada en las etapas previas del DMADV se traduzca en resultados tangibles y medibles.

En este sentido, la etapa de Verificación representa no solo el cierre metodológico del ciclo DMADV, sino también el punto de partida para la mejora continua, al dejar documentados los aprendizajes, las métricas clave y las oportunidades de optimización futura.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

Este capítulo presenta el diagnóstico integral del proceso actual de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica. A través de la aplicación de las tres primeras fases de la metodología DMADV —Definir, Medir y Analizar— se busca comprender en profundidad las condiciones operativas, identificar los factores críticos para la calidad y establecer las causas raíz que limitan el desempeño del proceso.

En la etapa Definir, se delimita el alcance del proyecto, se identifican los clientes internos y externos, y se establecen los objetivos estratégicos del rediseño, alineados con las necesidades del negocio y los requerimientos del mercado. Posteriormente, en la fase Medir, se recopilan datos relevantes del proceso actual mediante herramientas como el mapeo de procesos, indicadores clave de desempeño y entrevistas con personal técnico, con el fin de cuantificar el estado base y detectar variaciones significativas. Finalmente, en la etapa Analizar, se aplican técnicas de análisis causa raíz, con el propósito de identificar las fuentes principales de ineficiencia, retrabajo y pérdida de valor dentro del proceso.

Este análisis constituye la base técnica y estratégica para el diseño de un nuevo proceso más robusto, eficiente y alineado con los principios de calidad y mejora continua, que será desarrollado en los capítulos siguientes.

4.1 Definir

La correcta definición del problema, los actores involucrados y los parámetros de éxito permiten establecer una base sólida para el análisis y rediseño del proceso, asegurando que las soluciones propuestas respondan a necesidades reales y generen valor sostenible para la organización.

4.1.1 SIPOC

Como parte de la fase Definir de la metodología DMADV, se emplea el diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) con el objetivo de obtener una visión macro del proceso actual de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone. Esta herramienta permite identificar de manera estructurada los elementos clave que intervienen en el proceso, desde los proveedores y entradas necesarias, hasta los productos generados y los clientes que los reciben.

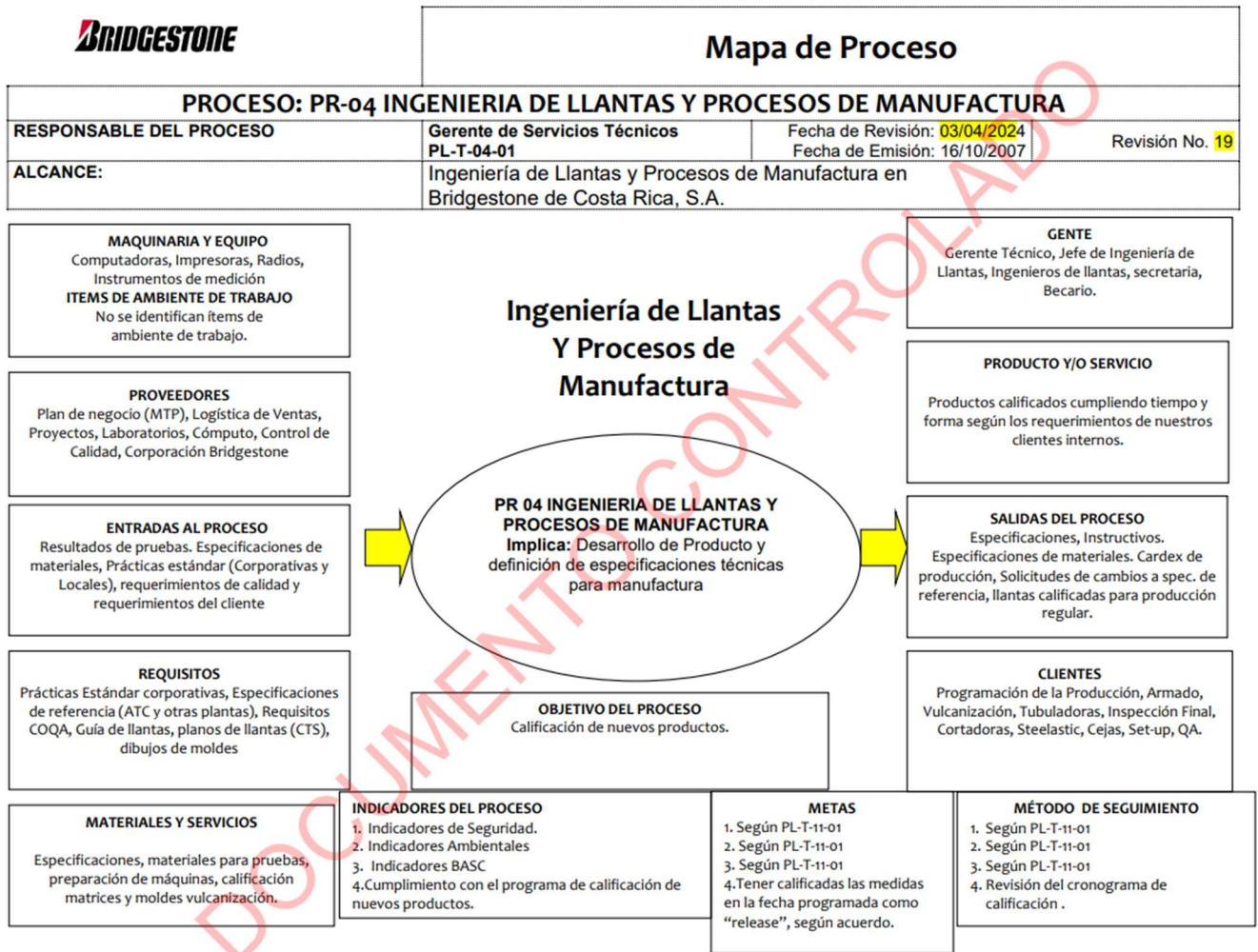
El SIPOC facilita la comprensión del flujo general del proceso, destacando las interacciones entre áreas, los recursos involucrados y los resultados esperados. Además, permite alinear los objetivos del rediseño con las necesidades reales de los clientes internos y externos, asegurando que los esfuerzos se enfoquen en los puntos de mayor impacto.

Esta representación de alto nivel sirve como base para el análisis posterior, ayudando a delimitar el alcance del proyecto, clarificar roles y responsabilidades, y establecer los requisitos críticos para la calidad que guiarán el diseño del nuevo proceso.

En la siguiente imagen se podrá observar el diagrama SIPOC o también llamado diagrama de tortuga donde podemos ver desde un punto de vista macro, las diferentes interacciones del proceso de desarrollo de nuevos productos, para lograr una mejor comprensión de este.

Se debe tomar en cuenta y como se mencionó en las limitaciones y alcance del proyecto, este deja por fuera todos los procesos antes de que el nuevo producto sea solicitado como proyecto para el departamento y también los procesos luego de que el nuevo producto ingresa a la bodega de producto terminado.

Figura 18 Diagrama SIPOC Departamento Ingeniería de llantas



Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

Con este diagrama se logra identificar de una mejor manera los actores del proceso:

Suplidores:

- Corporación Bridgestone: Definiendo todas las prácticas corporativas a seguir, entrenamientos y cumplimientos mínimos.

- Plan de negocio: Realizado cada año por el departamento de suplidores para definir la línea de productos que debe producir cada planta en los próximos 3 años, es fundamental para la planeación estratégica del departamento.
- Logística de ventas: Encargados de alinear las necesidades del cliente con los planes de producción de cada una de las plantas.
- Departamento de Proyectos: Encargados de la adaptación de la planta para poder producir los nuevos productos, en caso de ser necesario.
- Laboratorios: Realizan las pruebas necesarias en cada etapa del proceso de desarrollo de nuevos productos.
- Control de calidad: Aseguran el cumplimiento de todas las etapas necesarias del proceso de desarrollo de nuevos productos.
- Cómputo: Aseguran el funcionamiento del equipo físico de cómputo y de sistemas para poder cumplir con el desarrollo de nuevos productos.

Entradas:

- Resultados de pruebas: Los realizados en el laboratorio y que permiten asegurar el cumplimiento mínimo en cada etapa.
- Especificaciones de materiales: Definidas por el corporativo y que deben ser seguidas en el desarrollo de nuevos productos.
- Prácticas estándar: Definidas también por el corporativo donde define los cumplimientos mínimos del desarrollo de productos.
- Requerimientos de calidad: Niveles mínimos que deben ser cumplidos antes de liberar un producto.
- Requerimientos de cliente: Solicitados por los clientes internos para los nuevos desarrollos.

Proceso:

Como se puede observar en el diagrama, el proceso principal del departamento de ingeniería de llantas implica: desarrollo de producto y definición de especificaciones técnicas para manufactura.

Más adelante, cuando se defina el diagrama de flujo de la situación actual, se podrá ver el paso a paso de manera detallada.

Salidas:

- Especificaciones de materiales y proceso: Todos los componentes que están en el producto final deben tener una especificación local donde se definen todas sus variables para que los departamentos de producción puedan producirlos.
- Instructivos: En caso de que los nuevos productos introduzcan nueva tecnología de producción, el departamento de ingeniería de llantas es el encargado de definir los procesos necesarios.
- Solicitudes de cambios a la especificación de referencia: Al crear la especificación local del nuevo producto, algunas veces se deben solicitar desviaciones respecto a la especificación de referencia corporativa para que sea funcional para la planta.
- Nuevo producto: La salida más importante, es la entrega del producto final a producción para que este pueda ser producido y poder cumplir con las necesidades de los clientes.

Clientes:

- Programación de la producción: Encargados del cumplimiento de la producción solicitada por los departamentos de ventas y por lo tanto

interesados en la liberación de los nuevos productos para poder programarlos y cumplir.

- Departamentos de producción: Son los cuales el departamento de ingeniería de llantas le debe definir las debidas especificaciones de proceso y materiales para poder llevar a cabo la producción de los nuevos productos.

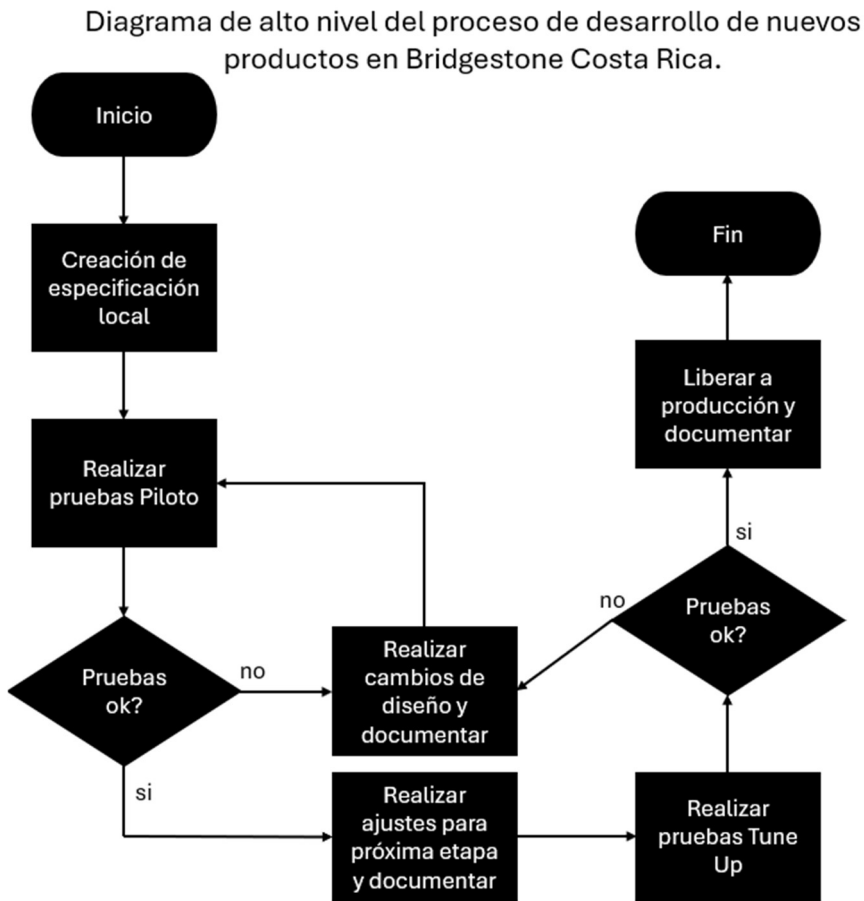
El análisis mediante el diagrama SIPOC permitió obtener una visión estructurada y de alto nivel del proceso actual de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica. Al identificar claramente los proveedores, insumos, proceso principal, salidas y clientes del proceso, se logró delimitar el alcance del proyecto de rediseño y establecer los elementos críticos que deben ser considerados en las siguientes etapas de la metodología DMADV.

Esta herramienta facilitó la comprensión de las interdependencias entre áreas funcionales y se convierte en una base sólida para la siguiente herramienta al definir las partes interesadas.

4.1.1.1 Diagrama de flujo

Se realizó un diagrama de flujo de alto nivel del proceso del desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica para entender la situación actual y tener una mejor noción de las diferentes etapas del proceso. El cual queda representado en la siguiente figura.

Figura 19 Diagrama de alto nivel del proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone Costa Rica



Fuente: Elaboración propia

Ya con la creación de este diagrama podemos tener una visión más clara y entender de una mejor manera las diferentes etapas del proceso actual y las cuales se explican más detalladamente a continuación.

Creación de especificación actual: El ingeniero de llantas recibe la especificación de referencia para empezar con la creación de la especificación local de la nueva llanta, todo esto desde la parte teórica aún. El ingeniero sigue una guía de diseño que indica el paso a paso a seguir para poder ejecutar en su totalidad este proceso y al final, el entregable es la especificación técnica de todo lo necesario para poder producir la llanta nueva en la línea de manufactura.

Realizar las pruebas piloto: Ya con las especificaciones técnicas, el siguiente paso es llevar a la práctica esas especificaciones. El ingeniero de llantas solicita el espacio en la línea de producción para obtener los materiales necesarios para poder construir un lote de llantas que componen una prueba piloto. Luego de tener este lote de llantas construidas, se almacenan para llevar a la siguiente etapa.

Pruebas: El lote de llantas de pruebas piloto se lleva al laboratorio de aseguramiento de la calidad para ejecutar un grupo de evaluaciones definidas por este departamento para revisar si se cumplen con los estándares de calidad necesarios para pasar a la siguiente etapa. Existen dos caminos según los resultados de estas pruebas.

Realizar cambios de diseño y documentar: Si las pruebas en el laboratorio no son conformes, el ingeniero de llantas debe volver a la guía de diseño y realizar los ajustes necesarios. Luego debe volver a la etapa donde se realizan las pruebas piloto. Todos estos resultados y ajustes propuestos deben quedar documentados y firmados por los líderes del departamento técnico.

Realizar ajustes para la próxima etapa y documentar: Si las pruebas de laboratorio son conformes y satisfactorias, el ingeniero debe revisar por si es necesario algún ajuste menor y documentar los resultados, esto debe ser firmado por la gerencia.

Realizar pruebas Tune Up: Las pruebas de Tune up consisten en construir nuevamente un lote de pruebas de la nueva llanta, pero un lote más grande, generalmente un mínimo de 50 llantas, en las pruebas piloto son máximo 20. La idea de esta etapa y un lote más grande es ahora no solo ver las pruebas de desempeño en el laboratorio, sino también ver temas de procesabilidad, por lo que se evalúan temas como porcentaje de desperdicio, yield de uniformidad, peso, etc.

Pruebas: Este es el segundo lote del proceso de desarrollo que se lleva al laboratorio y sirve para asegurar que la llanta cumpla con los estándares de calidad para poder ser liberada a producción. Se realizan las mismas pruebas que en la primera, pero es para asegurar doblemente el cumplimiento del nuevo producto antes de salir a producción. Luego de esta etapa se pueden tomar dos caminos en el proceso.

Realizar ajustes para la próxima etapa y documentar: Si las pruebas en esta segunda ronda no salen conformes, se debe devolver a la etapa de ajustes y documentación y también empezar por la etapa de prueba piloto de nuevo, esto para asegurar nuevamente la calidad.

Liberar a producción y documentar: Si las pruebas son conformes y satisfactorias en esta segunda ronda de pruebas, el ingeniero de llantas debe documentar resultados, ajustes y ser firmados por la gerencia. Este sería el fin del proceso de desarrollo.

Como se mencionó en los ajustes, este diagrama de flujo de alto nivel solo mapea los procesos del departamento de ingeniería de llantas; los otros procesos adyacentes, como por ejemplo programación, no entran en el proyecto.

4.1.2 Análisis de partes interesadas

La herramienta de análisis de partes interesadas es fundamental en la gestión estratégica de proyectos, ya que permite identificar, clasificar y comprender a los individuos, grupos u organizaciones que pueden influir o verse afectados por el desarrollo y los resultados del proyecto. Este análisis proporciona una base sólida para establecer estrategias de comunicación, gestión de expectativas y toma de decisiones que aseguren el compromiso y la colaboración de los actores clave.

Al reconocer los intereses, niveles de influencia y grado de involucramiento de cada parte interesada, se facilita la anticipación de posibles resistencias, la alineación de objetivos y la construcción de relaciones de confianza. Esta herramienta se convierte así en un componente esencial para garantizar la sostenibilidad, efectividad y éxito del proyecto en su entorno organizacional y social.

A apoyados en la herramienta anterior SIPOC, podemos establecer las partes interesadas y/o influyentes en el proceso y así poder incluirlas desde acá en todas las fases de este proyecto de mejora del proceso.

En la siguiente imagen, pueden ver el resultado del uso de la herramienta:

Figura 20 Análisis de partes interesadas

Nombre o grupo Parte Interesada	Impacto del proyecto en la Parte Interesada	Influencia de la Parte interesada en el éxito	Soporte de la parte Interesada en el Proyecto	Puntaje	Plan de Comunicación	Quién Comunica	Estrategia de Gestión
Ingenieros de llantas	9	9	5	23	Personal	Líder del Proyecto	Involucrar activamente
Gerente Técnico	9	5	5	19	Personal/Correo	Líder del Proyecto	Mantener satisfecho
Jefe Ingeniería de Llantas	9	9	9	27	Personal	Líder del Proyecto	Involucrar activamente
Jefe de programación	5	2	2	9	Correo	Líder del Proyecto	Mantener informado
Jefes de manufactura	5	2	2	9	Correo	Líder del Proyecto	Mantener informado
Gerente de manufactura	5	2	2	9	Correo	Líder del Proyecto	Mantener informado
Jefe de calidad	2	5	5	12	Personal/Correo	Líder del Proyecto	Mantener satisfecho
Jefe de laboratorios	2	5	5	12	Personal/Correo	Líder del Proyecto	Mantener satisfecho

Fuente: Elaboración propia

En la herramienta podemos ver tres grupos de partes interesadas:

El grupo técnico: Este grupo se compone del gerente, jefe e ingenieros del departamento técnico, el análisis nos muestra que es el grupo con más impacto del proyecto, ya que son los protagonistas del proceso de desarrollo de llantas y por ende también tienen una alta influencia en el éxito de este. El soporte que se necesita de este grupo también es bastante alto, ya que serán los que se deben adaptar al nuevo proceso y son los que más aportes pueden dar de la situación actual y la situación futura deseada. Por ende, el plan de comunicación con este

grupo es personal y frecuente, serán incluidos en todas las etapas del proyecto y su opinión y evaluación serán fundamentales.

El grupo de calidad: Este es el segundo grupo en cuanto a calificación; se compone del jefe de control de calidad y el jefe de laboratorios. Si bien en este grupo no son protagonistas, su influencia y soporte son sumamente necesarios para el éxito del proyecto, ya que son los fiscalizadores de que se cumplan los requisitos mínimos necesarios para poder liberar un nuevo producto a producción y por ende cada cambio que se haga en el proceso debe ser aprobado por este grupo. Para no tener inconvenientes o incumplimientos en fases finales del proyecto, este grupo será incluido desde fases tempranas para estar seguros de que se está cumpliendo con todos los requisitos de calidad.

El grupo de producción: Grupo compuesto por los jefes y gerente del área de producción. Este grupo se ve altamente impactado debido a que son los clientes internos y por ende si se logran o no los indicadores del proceso de desarrollo, son los principales impactados. Tal vez la influencia o soporte para el éxito del proyecto no es tan alto, pero sí se ven sumamente beneficiados con este. El plan de comunicación con este grupo es solamente informativo y sobre todo en la parte de verificación de indicadores clave.

El líder del proyecto es el encargado de la participación de estos grupos en las etapas debidas del proyecto y los canales de comunicación antes mencionados para poder ir integrando a los protagonistas y con su participación poder cumplir los objetivos planteados.

4.1.3 Voz del cliente

En un entorno empresarial cada vez más competitivo y orientado al cliente, comprender profundamente las necesidades, expectativas y percepciones del consumidor se ha convertido en un factor crítico para el éxito organizacional. En

este contexto, la herramienta Voz del Cliente (VOC, por sus siglas en inglés) emerge como una metodología estratégica que permite capturar, analizar y traducir las opiniones del cliente en requisitos concretos para el diseño y mejora de productos, servicios y procesos.

La VOC no se limita a recopilar datos; su verdadero valor radica en transformar la información cualitativa y cuantitativa en atributos medibles y accionables, conocidos como “Critical to Quality” (CTQ). Estos atributos se convierten en pilares fundamentales para la toma de decisiones en áreas como desarrollo de nuevos productos, gestión de calidad, experiencia del cliente y mejora continua.

Conociendo ya las partes interesadas, gracias a la herramienta anterior, por parte del líder del proyecto se hizo una entrevista personal a cada una de las partes para conocer la voz del cliente y tener presente qué espera cada una de ellas para el nuevo proceso, por qué motivo y si actualmente existe un indicador en el cual se le pueda dar seguimiento y el impacto en la planta.

Tabla 6 Voz del cliente

Método de recolección	Persona que recolecta la información	Tema analizado	Población	Pregunta analizada
Entrevista	Líder del proyecto	Nuevo proceso de desarrollo de llantas	Usuarios y clientes	Qué cree que debería ser incluido en el nuevo proceso de desarrollo de nuevos productos?
Puesto	Respuesta	Motivo	Medición	Existe algún indicador
Gerente Técnico	Herramientas para prevenir defectos de calidad al liberar	Mejora del desperdicio	Cantidad de unidades con defectos	% de desperdicio (unidades NC / unidades producidas)
Jefe de programación	Reducir la cantidad de pruebas	Menos tiempo de máquinas para pruebas	Cantidad de pruebas	Índice de cantidad de pruebas por llanta liberada
Jefe de programación	Mejorar la comunicación entre departamentos	Evitar errores de programación	Entrega de máquinas para pruebas	No hay
Ingeniero de Llantas	Revisiones al inicio y final de cada etapa	Mayor supervisión	Cumplimiento de revisiones	No hay
Ingeniero de Llantas	Menos falta de materiales a la hora de las pruebas	Evitar demoras	Materiales listo para la prueba	No hay
Jefe de producción	Seguimiento a las medidas luego de liberadas	Ajustes rápidos luego de liberación	Cantidad de unidades con defectos	% de desperdicio (unidades NC / unidades producidas)
Jefe de producción	Pruebas más rápidas	Menor tiempo de máquina en pruebas	Duración de pruebas en máquina	No hay
Jefe de Ingeniería de llantas	Análisis de los nuevos proyectos antes de empezar	Prevenir problemas de producción por brechas tecnológicas	Demoras en proceso de desarrollo	OTOS
Jefe de laboratorios	Reducir la cantidad de fallas en pruebas de laboratorio	Reducir la cantidad de recursos del laboratorio utilizados	Cantidad de pruebas	Índice de cantidad de pruebas por llanta liberada
Jefe de calidad	Revisar los resultados de nuevas llantas para asegurar que no entren en mejora de producto	Reducir la probabilidad de problemas de calidad	Llantas en seguimiento de mejora de producto	Cantidad de llantas nuevas en seguimiento
Jefe de calidad	Mejorar tiempo para documentar	Evitar atrasos por documentación	Demoras en proceso de desarrollo	OTOS
Ingeniero de Llantas	Ajustes tempranos en el proceso de calificación con respecto a uniformidad	Evitar impacto negativo de llantas nuevas en producción	Llantas pulidas por temas de uniformidad	Yield de uniformidad
Gerente de Manufactura	Agregar información de Balanceo	Sumar esta variable al análisis de liberación	Llantas pulidas por temas de balanceo	Yield de balanceo

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de la herramienta Voz del Cliente permitió capturar de manera estructurada las necesidades, expectativas y percepciones del cliente final respecto al proceso de desarrollo. Esta información resultó esencial para orientar el rediseño

del proceso hacia atributos que realmente generan valor, asegurando que las decisiones técnicas y estratégicas estén alineadas con los requerimientos.

Al traducir las opiniones del cliente en requisitos críticos para la calidad, se estableció una base sólida para las siguientes etapas de la metodología DMADV, facilitando el diseño de un proceso más eficiente, centrado en el usuario y capaz de responder con mayor agilidad a los cambios. En este sentido, la VOC no solo aporta claridad sobre lo que el cliente desea, sino que también fortalece el enfoque de mejora continua.

En resumen, podemos extraer que los requerimientos críticos e importantes de nuestros clientes para un nuevo proceso de desarrollo de productos son:

- Porcentaje de desperdicio del nuevo producto.
- Cantidad de pruebas.
- Cantidad de pruebas falladas.
- Supervisión en etapas de diseño.
- Mejor uniformidad.
- Revisión anticipada de nuevos productos.
- Estado de liberación de productos.
- Seguimiento luego de la liberación.
- Uso de herramientas para mejora de diseño.
- Comunicación entre los departamentos.
- Falta de materiales de prueba.
- Tiempo de pruebas en máquina.
- Tiempo para documentar.
- Información de balanceo.

4.1.4 Diagrama de Afinidad

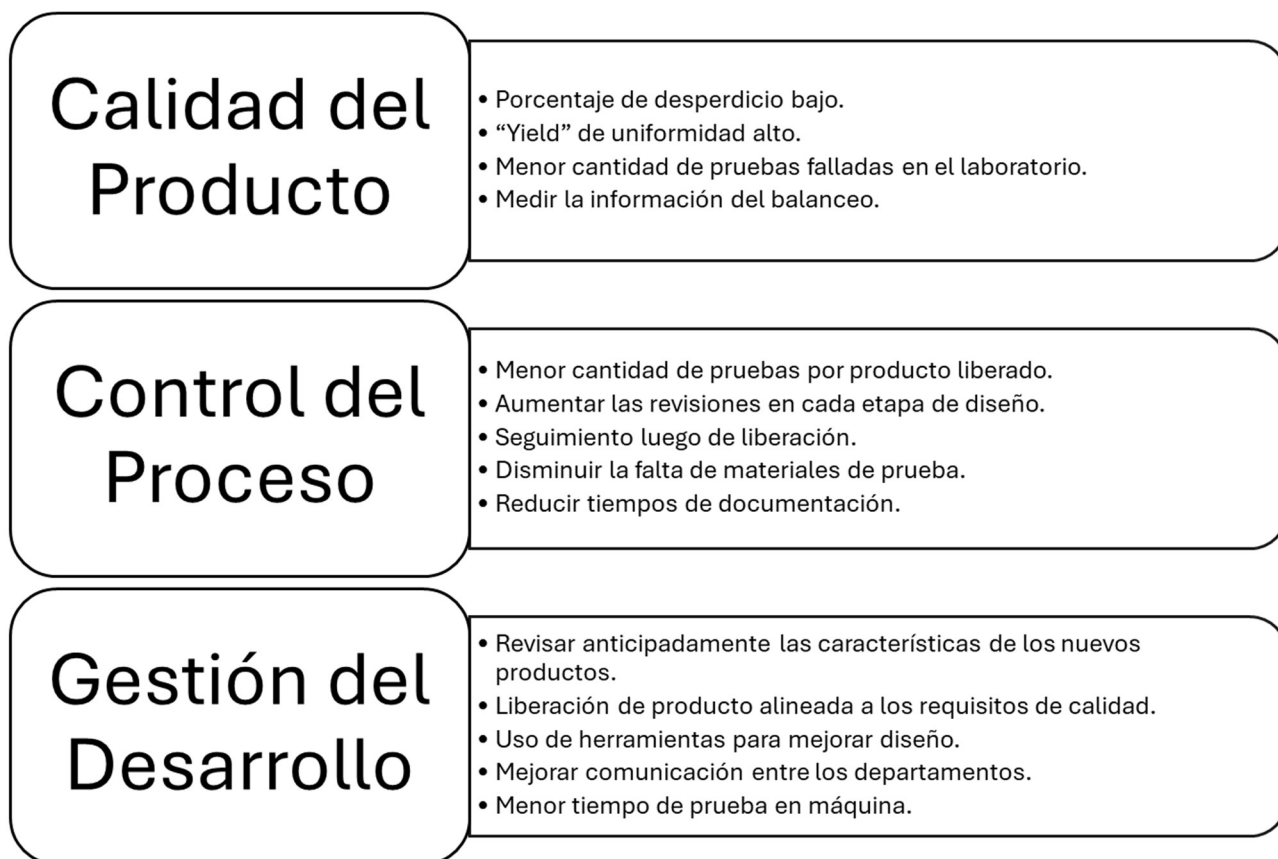
Se empleó la herramienta de diagrama de afinidad con el propósito de organizar y estructurar la información obtenida a través del análisis de la Voz del Cliente (VOC). Esta técnica, ampliamente utilizada en metodologías de mejora continua y gestión de calidad, permite agrupar ideas, observaciones y datos dispersos en categorías temáticas que revelan patrones comunes, facilitando así la comprensión profunda de los factores que afectan el desempeño de un proceso.

En el contexto de esta investigación, centrada en la reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone Costa Rica, se recopilaron diversas opiniones, necesidades y preocupaciones de los principales actores involucrados en dicho proceso. Estas voces incluyen tanto al personal técnico como a los responsables de gestión, quienes aportaron información valiosa sobre los retos actuales, las oportunidades de mejora y las expectativas frente a un rediseño del sistema.

El diagrama de afinidad permitió transformar esta información cualitativa en una representación estructurada, agrupando los elementos del VOC en tres categorías principales: calidad del producto, control del proceso y gestión del desarrollo. Esta clasificación no solo facilitó la visualización de los temas recurrentes, sino que también sirvió como base para el desarrollo de herramientas posteriores, orientadas a identificar las causas raíz de los problemas detectados.

Además, el uso del diagrama de afinidad contribuyó a alinear las percepciones de los distintos departamentos involucrados, promoviendo una visión compartida sobre los aspectos críticos del proceso y fortaleciendo el enfoque colaborativo necesario para una reingeniería exitosa. Al integrar esta herramienta dentro del marco metodológico DMADV, se garantiza que las decisiones de diseño estén fundamentadas en las necesidades reales del cliente interno, lo cual es esencial para lograr mejoras sostenibles en el desarrollo de nuevos productos.

Figura 21 Diagrama de afinidad



Fuente: *Elaboración propia*

Esta herramienta resultó fundamental para organizar las percepciones y necesidades de los distintos actores involucrados, agrupando los elementos en tres categorías clave: calidad del producto, control del proceso y gestión del desarrollo. La agrupación temática de los hallazgos del VOC no solo facilita la toma de decisiones informadas, sino que también asegura que el rediseño del proceso responda directamente a las necesidades reales del cliente interno, fortaleciendo así la efectividad de la reingeniería propuesta.

Estas categorías son tomadas en cuenta en otras herramientas donde se busca profundizar aún más y por ende obtener más información para encontrar oportunidades de mejora o posibles soluciones a temas actuales del proceso. Ya

que, en resumen, los clientes necesitan modificaciones en la calidad del producto, control del proceso y la gestión del desarrollo de los mismos.

4.1.5 Modelo Kano

En el marco del rediseño del proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone Costa Rica, resulta fundamental comprender cómo las características del proceso impactan en la percepción y satisfacción del cliente. Para ello, se emplea el modelo KANO, una herramienta estratégica que permite clasificar las necesidades del cliente en función del grado de satisfacción que generan cuando están presentes y del nivel de insatisfacción que provocan cuando están ausentes.

Desarrollado por el profesor Noriaki Kano en la década de 1980, este modelo propone una clasificación de los atributos del producto o servicio en cinco categorías: básicos, deseados, atractivos, indiferentes, cuestionables y negativos. Esta tipología permite diferenciar entre aquellas características que el cliente espera por defecto, aquellas que incrementan su satisfacción de forma proporcional y aquellas que sorprenden positivamente al no ser esperadas.

La aplicación del modelo KANO en esta investigación se basa en los resultados obtenidos del análisis de la Voz del Cliente (VOC), previamente estructurados mediante herramientas como el diagrama de afinidad. A través de la formulación de preguntas funcionales y disfuncionales, se identifican las preferencias del cliente interno y externo respecto a atributos clave del proceso, tales como la supervisión en etapas de diseño, la cantidad de pruebas realizadas, el porcentaje de desperdicio y el estado de liberación de productos.

Esta clasificación permite priorizar los elementos críticos que deben ser considerados en el diseño del nuevo proceso, asegurando que se atiendan primero las características básicas y deseadas, sin descuidar aquellas que pueden generar entusiasmo adicional. De esta forma, el modelo KANO se convierte en un

instrumento esencial para alinear el rediseño del proceso con las expectativas reales del cliente, fortaleciendo la efectividad del enfoque DMADV y contribuyendo a una mejora sostenible en la gestión de nuevos productos.

Con lo anterior ya mencionado, se toman las características captadas por las anteriores herramientas como la voz del cliente y el diagrama de afinidad, y se realiza una encuesta nuevamente con las partes interesadas, con las siguientes dos preguntas para cada característica: ¿Cómo se sentiría si la característica estuviera en el nuevo proceso de desarrollo? y ¿Cómo se sentiría si la característica no estuviera en el nuevo proceso de desarrollo?

Con la pregunta en negativo y positivo podemos entender el grado de satisfacción o insatisfacción que puede generar cada característica en el diseño y con esto poder entender la importancia que tiene cada una en las partes interesadas y por ende la priorización de que estas estén presentes en el nuevo diseño. Las respuestas de las partes interesadas se capturan con una valoración del 1 al 5 en cada una de estas dos preguntas, donde cada número tiene un significado y luego será trasladado a una matriz para poder clasificar cada característica.

En la siguiente imagen podemos ver el significado de cada calificación del 1 al 5 y cómo esta se integra en la matriz para dar sentido a cada característica.

Tabla 7 Clasificación de valores en modelo KANO

Escala	
Lo quiero	1
Lo espero	2
Indiferente	3
Tolero	4
Desagrado	5

		No está				
		Lo quiero	Lo espero	Indiferente	Tolero	Desagrado
Está	Lo quiero	Cuestionable	Atractivo	Atractivo	Atractivo	Deseado
	Lo espero	Negativo	Cuestionable	Indiferente	Indiferente	Básico
	Indiferente	Negativo	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Básico
	Tolero	Negativo	Indiferente	Indiferente	Cuestionable	Básico
	Desagrado	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Cuestionable

Fuente: Elaboración propia

Agregando más explicación al uso de la herramienta para un mayor entendimiento, por ejemplo, cuando la parte interesada da una calificación de 1 a la pregunta en positivo de que si la característica está en el proceso, le está diciendo que lo quiere, pero si le da un 5 es que le genera desagrado si esta característica está presente, por el contrario, al hacer la pregunta en negativo de que si esta característica no está en el diseño, un 1 significa que quiere que no esté y un 5 que le causaría desagrado que no esté presente.

Luego estas calificaciones en positivo y negativo se cruzan en la matriz de la figura 22 y nos dan un significado a cada característica. Son 6 y cada una de ellas, por su significado, nos guiará en lo que debemos o no incorporar al diseño. Acá se explicará cada una de estas clasificaciones:

- **Básicos:** Son los esperados por las partes interesadas, su ausencia genera una gran insatisfacción, pero su presencia no aumenta de gran manera la satisfacción.
- **Deseados:** Entre más aparezcan de estos, mayor satisfacción causa y también de manera opuesta, baja satisfacción en su ausencia, son diferenciadores y se utilizan para comparar con competidores.

- **Atractivos:** No son esperados por el cliente, por lo que su presencia genera sorpresa y gran satisfacción. Su ausencia no genera insatisfacción.
- **Indiferente:** No afectan la percepción del cliente, estén o no.
- **Negativos:** Su presencia genera insatisfacción, por lo que se debe evitar su presencia.
- **Cuestionables:** Son los que se deben revisar si en las etapas previas quedó clara la característica o su funcionamiento, debido a que su posición en la matriz genera dudas, ya que no queda claro el impacto en las partes interesadas de su presencia o ausencia.

Ya con esta explicación se puede presentar el resultado del modelo Kano aplicado a nuestras características y con la voz de las partes interesadas. Se logró analizar catorce características de las cuales tuvimos resultados entre las categorías básico, deseado, atractivo e indiferente. Como se puede observar en la siguiente imagen.

Tabla 8 Modelo KANO aplicado

Característica	Está	No está	Resultado
• Porcentaje de desperdicio bajo.	1	5	Deseado
• "Yield" de uniformidad alto.	1	4	Atractivo
• Menor cantidad de pruebas falladas en el laboratorio.	1	5	Deseado
• Medir la información del balanceo.	3	3	Indiferente
• Menor cantidad de pruebas por producto liberado.	1	5	Deseado
• Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño.	2	5	Básico
• Seguimiento luego de liberación.	1	4	Atractivo
• Disminuir la falta de materiales de prueba.	1	3	Atractivo
• Reducir tiempos de documentación.	3	3	Indiferente
• Revisar anticipadamente las características de los nuevos productos.	2	5	Básico
• Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad.	2	5	Básico
• Uso de herramientas para mejorar diseño.	2	5	Básico
• Mejorar comunicación entre los departamentos.	3	3	Indiferente
• Menor tiempo de prueba en máquina.	3	3	Indiferente

Fuente: Elaboración propia

Esta es la clasificación de las características según el modelo KANO:

- **Básicos:**
 - Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño.

- Revisar anticipadamente las características de los nuevos productos.
- Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad.
- Uso de herramientas para mejorar el diseño.

- Deseados:
 - Porcentaje de desperdicio bajo.
 - Menor cantidad de pruebas falladas en el laboratorio.
 - Menor cantidad de pruebas por producto liberado.

- Atractivo:
 - “Yield” de uniformidad alto.
 - Seguimiento luego de la liberación.
 - Disminuir la falta de materiales de prueba.

- Indiferente:
 - Medir la información del balanceo.
 - Reducir tiempos de documentación.
 - Mejorar la comunicación entre los departamentos.
 - Menor tiempo de prueba en máquina.

Con esto queda claro que se trabajará en incorporar las características dentro de la clasificación de básico, deseable y atractivo, en ese orden de prioridad. Esto para enfocarse en el cumplimiento de objetivos, intereses de partes interesadas y optimización de los recursos.

4.1.6 Benchmarking

El Benchmarking es una herramienta estratégica que permite comparar procesos, prácticas o indicadores clave con empresas experimentadas, con el fin de identificar oportunidades de mejora. En el marco de la metodología DMADV, se utiliza para definir las mejores prácticas y establecer estándares de referencia para el rediseño del proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone Costa Rica. Al ser esta empresa global, se aprovecharán las otras plantas hermanas en Latinoamérica y expertos corporativos para realizar este compartir de información.

El objetivo de la aplicación de esta herramienta en este proyecto es identificar buenas prácticas en el desarrollo de nuevos productos que puedan ser aplicadas y ayudar a cumplir los objetivos esperados con el mejor uso de los recursos disponibles. En caso nuestro, enfocados en las características que hasta ahora hemos identificado como prioritarias por las partes interesadas y cualquier otra que ayude a fortalecer el proceso.

El Benchmarking lo realizamos mediante un taller en el que participaron el líder de este proyecto, representación técnica de Bridgestone Costa Rica, Bridgestone México y el soporte del departamento de ingeniería de procesos regional para Latinoamérica que cuenta con personal de experiencia en muchas plantas de Bridgestone Américas y Europa.

Las actividades planteadas fueron primeramente realizar una comparación entre las plantas y el equipo de soporte para generar contexto y entender el proceso y actividades de cada una. Con esto poder identificar las mejores prácticas aplicadas para cada característica. Finalmente poder generar una lista de mejores prácticas a lo largo de todo el proceso de desarrollo de nuevos productos para establecer un estándar y poder ser utilizada luego como un análisis de brechas.

Se tomaron las características resultantes del método Kano y por medio de una tabla comparativa se logró realizar un benchmarking de cómo las trabajan en otras plantas de Bridgestone.

Tabla 9 Tabla comparativa Benchmarking

Característica	BSCR	BSMX	Soporte BLAM
•Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño.	Se realizan 2 revisiones, 1 al final de las pruebas piloto y otra al final de las pruebas de volumen	Se realizan 2 revisiones, 1 al final de las pruebas piloto y otra al final de las pruebas de volumen	4 revisiones, 1 al inicio del proyecto, 2 durante la calificación y 1 en producción
•Revisar anticipadamente las características de los nuevos productos.	No se realiza esta verificación	Se revisa por jefe de área	Revisión antes de iniciar proyecto
•Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad.	Se cumplen todas las revisiones obligatorias de calidad	Se cumplen todas las revisiones obligatorias de calidad	Se cumplen todas las revisiones obligatorias de calidad y se revisan tendencias
•Uso de herramientas para mejorar diseño.	Sí se utilizan herramientas	Sí se utilizan herramientas	Sí se utilizan herramientas (Muchas más que las utilizadas por las plantas)
•Porcentaje de desperdicio bajo.	Proceso de desarrollo no da tanta atención a este factor	Se utilizan algunas herramientas para la prevención	Herramientas establecidas según los defectos más probables
•Menor cantidad de pruebas falladas en el laboratorio.	Herramientas de análisis de diseño	No se lleva un indicador de cantidad de pruebas por desarrollo	Herramientas establecidas según las fallas más probables
•Menor cantidad de pruebas por producto liberado.	Estándar local de 2 pruebas por desarrollo	Siguiendo BQ007	Siguiendo BQ007
•"Yield" de uniformidad alto.	Proceso de desarrollo no da tanta atención a este factor	Ajustes durante el proceso de desarrollo.	Uso de herramientas preventivas durante el desarrollo
•Seguimiento luego de liberación.	No se tiene un proceso establecido de seguimiento luego de liberado el producto	No se tiene un proceso establecido de seguimiento luego de liberado el producto	Se da el proceso conocido como "Start Size". Que da seguimiento post liberación.
•Disminuir la falta de materiales de prueba.	Se da una coordinación entre departamentos Ing de llantas, programación y producción pero no se tiene una medición de este faltante	Se trabaja igual que en BSCR	Se trabaja igual que en BSCR

Fuente: Elaboración propia

Al realizar esta tabla, da una visión más profunda y comparativa de lo que se podría ejecutar y cómo poder incluirlo en el proyecto. Si bien este ejercicio no nos brindará todas las soluciones para incorporar las características deseadas al nuevo proceso ni para alcanzar todos los objetivos, sí nos da una guía importante de muchos de

ellos y de plantas que ya pasaron por este tipo de problemas y cómo lo solucionaron. Ese es justamente el objetivo del Benchmarking, aprender de la experiencia de los demás.

Acá podemos ver el aprendizaje de cada una de las características:

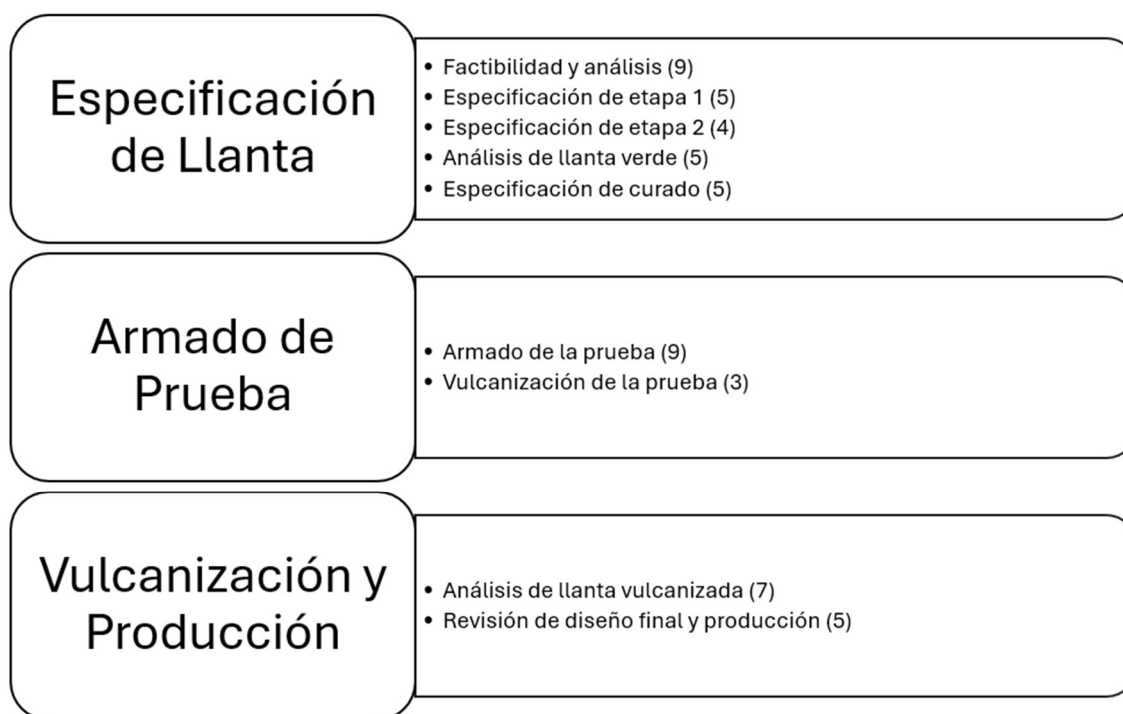
- Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño: Efectivamente se deberían agregar revisiones de diseño en otras etapas importantes del proceso.
- Revisar anticipadamente las características de los nuevos productos: Antes de dar luz verde a un nuevo proyecto, se debe realizar por las jefaturas la factibilidad de este.
- Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad: Además de cumplir con los requisitos obligatorios, se debe revisar tendencias en los resultados del laboratorio para evitar ajustes en producción.
- Uso de herramientas para mejorar el diseño: Se deben agregar más herramientas a las actuales.
- Porcentaje de desperdicio bajo: Se deben agregar herramientas y seguimiento a este factor dentro del proceso actual.
- Menor cantidad de pruebas falladas en el laboratorio: Robustecer análisis en cada etapa del proceso de diseño basado en experiencias pasadas.
- Menor cantidad de pruebas por producto liberado: Debemos actualizar la práctica estándar local de calificación de productos.
- “Yield” de uniformidad alto: Agregar seguimiento a este factor dentro del proceso y el uso de herramientas preventivas.
- Seguimiento luego de la liberación: Agregar esta actividad dentro del proceso de desarrollo.
- Disminuir la falta de materiales de prueba: Realizar un indicador de seguimiento y segregación de datos para comprender mejor el fenómeno y poder generar acciones de mejora.

La segunda actividad de este taller fue realizar un documento estándar de referencia que contenga las mejores prácticas del proceso de desarrollo de nuevos productos

que puedan salir de la experiencia de las dos plantas, pero sobre todo del equipo de soporte regional que contiene contactos y experiencias de Bridgestone global. Este mismo archivo de chequeo será utilizado como análisis de brechas en este proyecto para establecer las debidas mejoras al proceso.

Se dividió el proceso en 3 etapas fundamentales, en cada etapa tenemos subprocesos y cada uno de estos subprocesos tiene diferentes comprobaciones de prácticas que debe tener el proceso de desarrollo de nuevos productos. Esto incorpora todas las buenas prácticas salidas de este taller de Benchmarking.

Figura 22 Diagrama distribución chequeo buenas prácticas



Fuente: Elaboración propia

La primera etapa es sobre el planeamiento teórico y construcción de la primera especificación de la llanta y materiales, se contemplan análisis de factibilidad, definición de especificaciones técnicas y análisis del diseño de la llanta. En la segunda etapa ya contempla la parte práctica de la construcción del diseño de la

primera etapa y en la tercera y última etapa incluye la revisión de la llanta ya vulcanizada y revisión de resultados finales.

Como se comentó anteriormente, este archivo reúne las mejores prácticas según los participantes del taller de benchmarking y la idea es poder hacer la evaluación o análisis de brechas y poder definir mediante una calificación de cumplimiento e identificar las fortalezas y oportunidades del proceso de desarrollo evaluado y con esto generar un plan de acciones para robustecerlo. Este análisis de brechas se realizará en este proyecto y será clave para lograr la reingeniería planteada al inicio de este.

Figura 23 Ejemplo archivo de autoevaluación del proceso de desarrollo, etapa uno

1.Especificación de Llanta - Actividad de evaluación

Valor de evaluación: cumple=4, oportunidad=2, no cumple=0

Secciones	Puntos de evaluación	
1.Factibilidad y Análisis	1	Tiene una práctica estándar y diagrama de flujo de desarrollo ?
	2	Realiza un análisis previo a los proyectos nuevos para asegurar factibilidad ?
	3	Verifica requerimientos de uniformidad y balanceo ?
	4	Realiza una reunión para revisar diseño antes de primera prueba ?
	5	Tiene un procedimiento local para la creación de la especificación del desarrollo ?
	6	Revisa si el CTS y especificación de referencia tiene algún error contra el estándar ?
	7	Se sigue el procedimiento BA091 cuando se deben solicitar desviaciones a ATC cuando aplique?
	8	Realiza un paquete de datos luego de cada etapa de calificación ?
	9	Existe un responsable para la aprobación de cambios en especificaciones y queda firmado?
2.Especificación de etapa 1	1	Tiene un análisis de relación entre el IP x DW para definir el ancho de tambor o separación entre magnéticos? Por familia de llanta.
	2	Ancho y perfil de pared: Tiene un estándar para definir especificaciones de pared como ancho, espesores, terminaciones, etc. ?
	3	Perfil de filler: Tiene estándar para dibujar forma de filler (ángulo, ancho, base, etc.) ?
	4	Ceja: Tiene un estándar para definir el diámetro (diámetro, numero de capas, espesor, construcción) ?
	5	Estichado: Existe un estándar para establecer los parámetros de estichado de primera y segunda etapa?
3.Especificación de etapa 2	1	Capas estabilizadoras: Tiene un gráfico tipo R cuadrado para establecer el ancho de las capas estabilizadoras tanto en verde como en curado según el diseño y construcción?
	2	Rodado: Tiene un estándar para definir el diseño del rodado (Espesores, anchos, perfiles, etc.) ?
	3	Bladder de formado: Cómo se define el tipo de bladder de formado ?
	4	Ancho de rodado x Ancho de capa #1: Tiene un estándar de traslape mínimo entre el rodado y la capa estabilizadora #1 para cada tipo de construcción ?
4.Análisis de llanta verde	1	Expansión de llanta verde: Tienes un estándar para definir este valor según construcción ?
	2	Sistema de simulación : Utilizas el sistema de simulación en las etapas de diseño?
	3	Peso de llanta verde: Realiza una comparación entre el peso local contra ATC ? Cuanto es la tolerancia (%)?
	4	Circunferencia de llanta verde: Tienes un estándar para definir el diámetro externo de llanta verde o lo define en la primera prueba?
	5	Traslapes entre terminaciones de material: Cuanto es el mínimo de traslape entre materiales (Abrasión, Tela, Filler) ? Objetivo debe ser 10mm, en perfiles bajos 5 mm
5.Especificación de curado	1	Shaping: Tienes un estándar de shapping por medida y tipo de prensa? Shaping Blow está al 100% en producción ?
	2	Bladder de curado: Se sigue el estándar para definir el tamaño ? BOM (Radio y periferia 20 +/- 5%) NAF (18/10 +/- 4%)
	3	Ledge: Tienes un estándar para definirlo ?
	4	Tiempo de curado: Cómo y cuando define el ciclo de curado? Debe ser durante pruebas piloto o Tune Up.
	5	Después de definir los parámetros y crearlos, tienes algún análisis adicional para evaluarlos antes de ir a la primera prueba?

Fuente: Elaboración propia

4.2 Medir

La fase de Medir en la metodología DMADV representa un punto crítico en el desarrollo de una reingeniería efectiva del proceso de nuevos productos en Bridgestone Costa Rica. En esta etapa, se busca cuantificar el desempeño actual del proceso mediante la recopilación y el análisis de datos relevantes, con el fin de

establecer una línea base que permita identificar oportunidades de mejora alineadas con los requerimientos del cliente y los objetivos estratégicos de la organización.

Para lograrlo, se emplean herramientas fundamentales de ingeniería industrial que permiten visualizar, interpretar y validar la información del proceso. El diagrama de flujo facilita la comprensión estructural del proceso actual, mientras que el histograma y el gráfico de Pareto permiten analizar la distribución de datos y priorizar causas de variabilidad. Los indicadores clave de desempeño se definen para medir aspectos críticos como tiempos de ciclo, eficiencia y calidad.

Esta fase proporciona el fundamento cuantitativo necesario para avanzar hacia el análisis profundo del proceso, permitiendo que las soluciones propuestas en etapas posteriores sean efectivas, sostenibles y orientadas a resultados.

4.2.1 Indicadores y Pareto

Como se mencionó anteriormente, en el proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica, se tienen indicadores para monitorear el correcto funcionamiento y que no estaban teniendo un desempeño según lo esperado y por ende se deben medir y analizar más profundo para entender su comportamiento y la causa raíz de este. Estos son la justificación del desarrollo del actual proyecto de mejora.

OTOS es el indicador principal del proceso, el cual en el año 2024 tuvo un desempeño pobre, por debajo del objetivo. Cierra el año 2024 con 88% cuando lo esperado era un 95% como mínimo. Este indicador lo que mide es que la entrega de los nuevos productos se dé según lo planeado, por ejemplo, si para el mes de junio se debían liberar tres nuevos productos, al liberar tres, se obtiene un 100%.

Figura 24 Fórmula y tabla de OTOS en 2024.

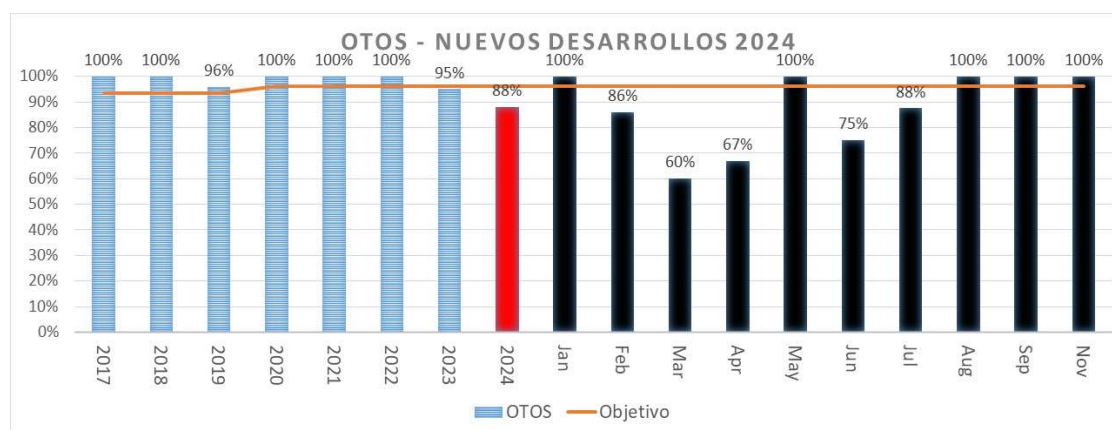
Fórmula OTOS

$$\text{OTOS: } \frac{\text{Medidas a liberar}}{\text{Medidas liberadas}} \times 100$$

	Qty Sizes	Scheduled	On Time	Released	OTOS
2024	58		51		88%
Jan	6	6	6	6	100%
Feb	7	13	6	12	86%
Mar	5	18	3	16	60%
Apr	6	24	4	22	67%
May	1	25	1	24	100%
Jun	4	29	3	28	75%
Jul	8	37	7	35	88%
Aug	6	43	6	41	100%
Sep	7	50	7	50	100%
Nov	8	58	8	58	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Gráfico de indicador OTOS en 2024.

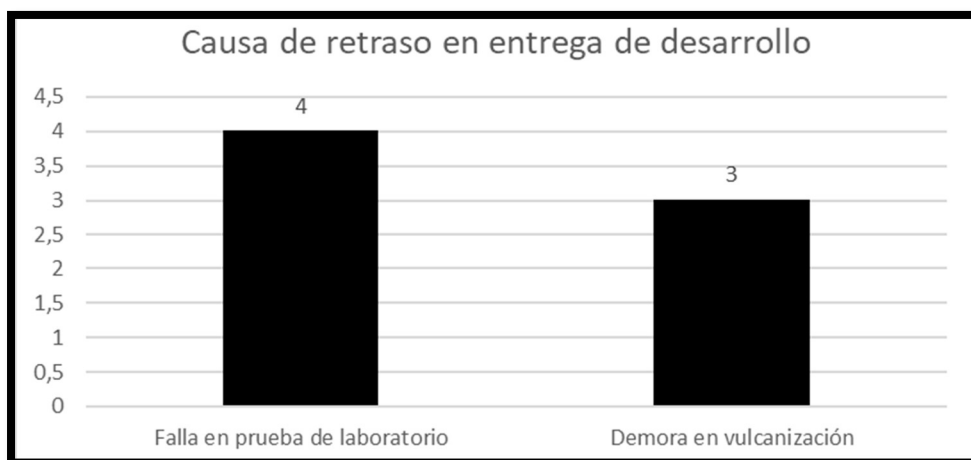


Fuente: Elaboración propia

Tanto en el gráfico como en la tabla podemos observar el comportamiento de este indicador detalladamente en qué meses y en qué cantidad de medidas no se entregó en el tiempo debido, lo que provocó el bajo desempeño, pero para realmente entender el porqué, se debe indagar más profundo en las diferentes causas que provocaron ese desempeño.

Debido a esto, se realiza un análisis de los siete desarrollos en los que no se pudo entregar a tiempo para conocer las diferentes causas raíz que afectaron en 2024. Para este análisis se revisa con el personal del departamento técnico el expediente de cada uno de los desarrollos que sufrieron atraso para categorizar y entender la causa.

Figura 26 Gráfico causas de retraso de desarrollos



Fuente: Elaboración propia

Básicamente existieron dos causas para el atraso de los siete desarrollos, la primera con cuatro incidencias es fallas en las pruebas de laboratorio que, como lo vimos en el diagrama de flujo, hacen que se tenga que volver a las etapas anteriores, agregando más etapas al proceso y demorando más tiempo de lo esperado. La segunda causa con tres incidencias son demoras en el proceso de vulcanizado, que, según lo comentado por los ingenieros del departamento técnico, es una espera que se tiene para poder ingresar las llantas de prueba al proceso de vulcanización, lo que retrasa la entrega final.

Esta primera causa de fallas en pruebas de laboratorio se asocia directamente con el otro indicador de proceso que es el índice de cantidad de pruebas que se deben realizar para poder conseguir una liberación de un nuevo producto. Mide

directamente la eficiencia del proceso de calificación, ya que a mayor cantidad de pruebas se gastan más recursos como tiempo de ingeniero, de máquina o de materiales. Pero también se tiene un equilibrio, ya que como se observó en el diagrama de flujo de alto nivel, existe un mínimo de dos pruebas por desarrollo, esto establecido por el departamento de calidad.

Por lo que podríamos decir que entre más cerca de dos se encuentre este índice, mayor eficiencia tiene el proceso de calificación en el uso de los recursos y también afecta, como lo vimos en el indicador anterior, los tiempos de entrega, que son el indicador principal.

Tabla 10 Fórmula y tabla de índice de cantidad de pruebas x liberación

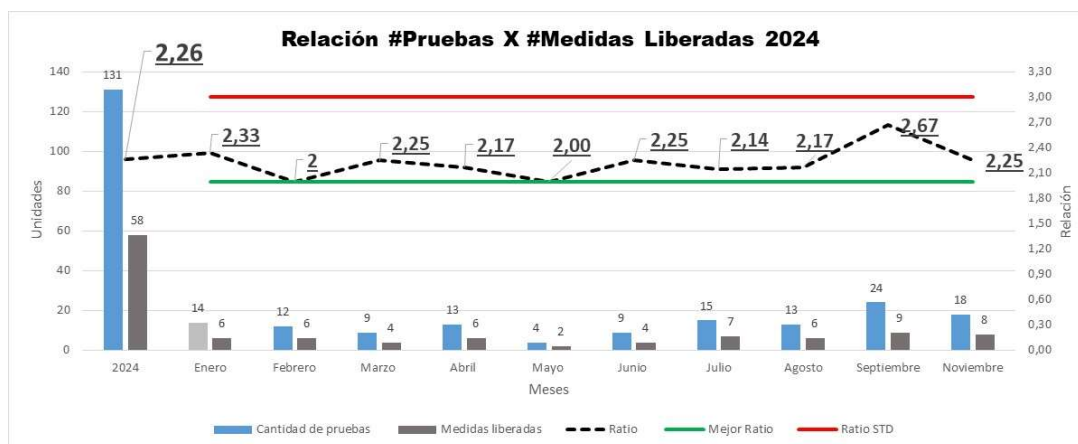
Fórmula Cantidad de pruebas x Liberación

$$\text{Índice: } \frac{\text{Cantidad de pruebas}}{\text{Liberaciones}}$$

	Cantidad de pruebas	Medidas liberadas	Ratio
2024	131	58	2,26
Enero	14	6	2,33
Febrero	12	6	2
Marzo	9	4	2,25
Abril	13	6	2,17
Mayo	4	2	2,00
Junio	9	4	2,25
Julio	15	7	2,14
Agosto	13	6	2,17
Septiembre	24	9	2,67
Noviembre	18	8	2,25

Fuente: Elaboración propia

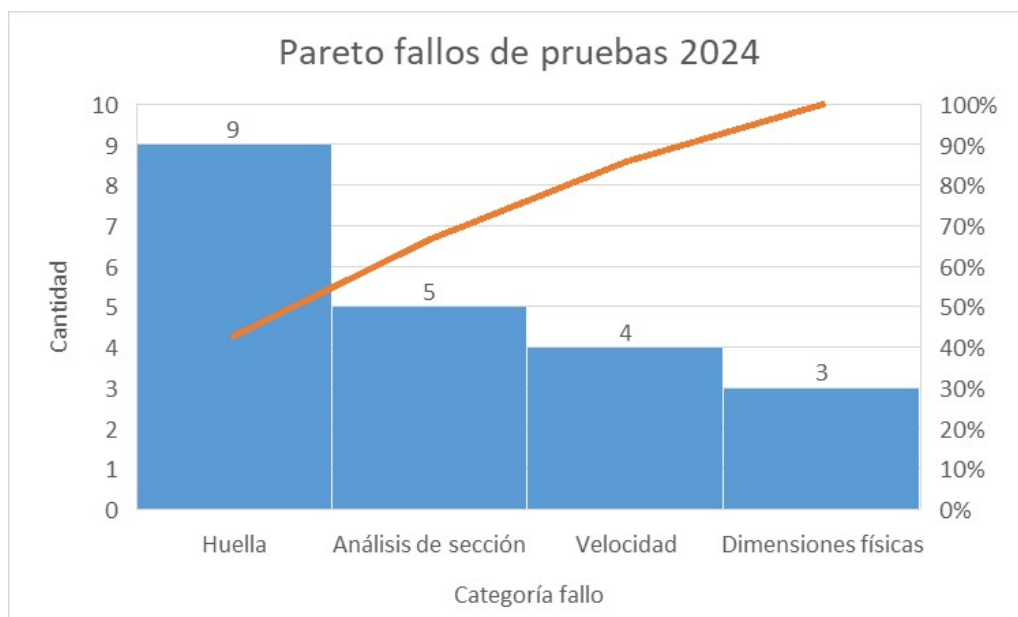
Figura 27 Gráfico índice de cantidad de pruebas x liberación 2024



Fuente: Elaboración propia

Se realiza el mismo análisis anterior con el personal del departamento de ingeniería de llantas, donde se analiza el expediente de todos los desarrollos donde se realizaron más pruebas de lo esperado para poder entender y encontrar las causas de fallo en las pruebas de laboratorio. Ya se vio que también esta fue la principal causa de atrasos para el indicador OTOS.

Figura 28 Pareto causas de fallas en pruebas de laboratorio 2024



Fuente: Elaboración propia

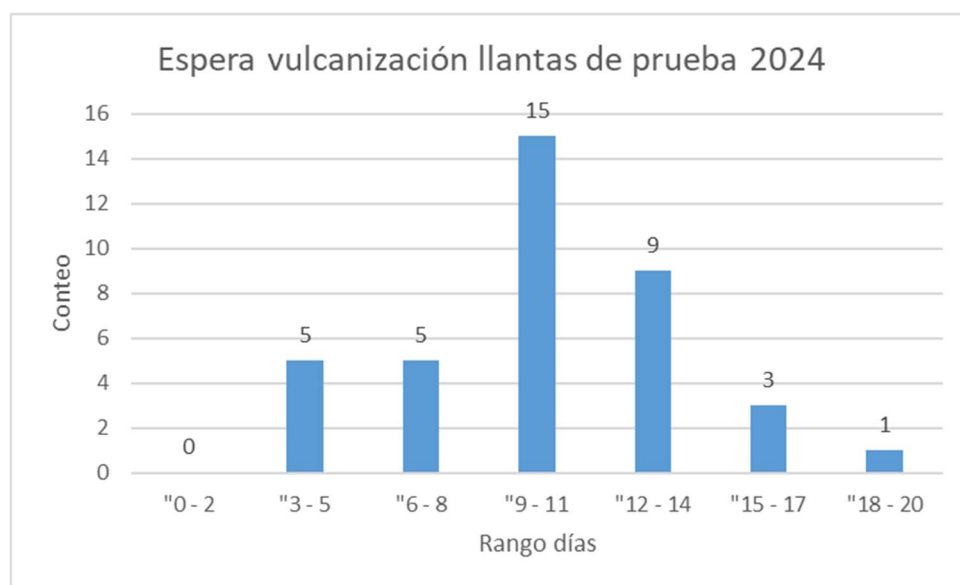
Con el anterior análisis y el Pareto generado podemos concluir que la prueba en la que mayor probabilidad de fallo hay actualmente es en la prueba de medición de huella. Esta mide la forma del contacto de la llanta en la carretera y tiene un efecto directo en el desgaste del producto en uso y el agarre, por esto es una prueba indispensable para aprobar antes de liberar el producto a producción. Atacando esta falla se trabaja en el 40% de fallo en el 2024 y por ende la probabilidad de atrasos en la entrega de productos y la eficiencia del proceso.

La segunda causa en la figura 30 es el tiempo de espera entre el proceso de armado y el proceso de vulcanizado; esto hace que el tiempo total de calificación sea más extenso. Según el proceso actual y estándar, el tiempo de espera no debe ser superior a 5 días. En el 2024, el promedio de esta espera fue de 10 días, un 100% más de lo esperado.

Evidentemente se debe trabajar en esta causa para poder lograr un mejor resultado en el indicador OTOS. No existe un indicador que controle o refleje este tiempo de

espera, por lo que para calcular el 2024 se tomó una muestra de 38 proyectos realizados en ese año y se revisó con los datos de ingeniería para tener los días entre el armado y el vulcanizado.

Figura 29 Tiempo de espera para vulcanizar llantas de prueba

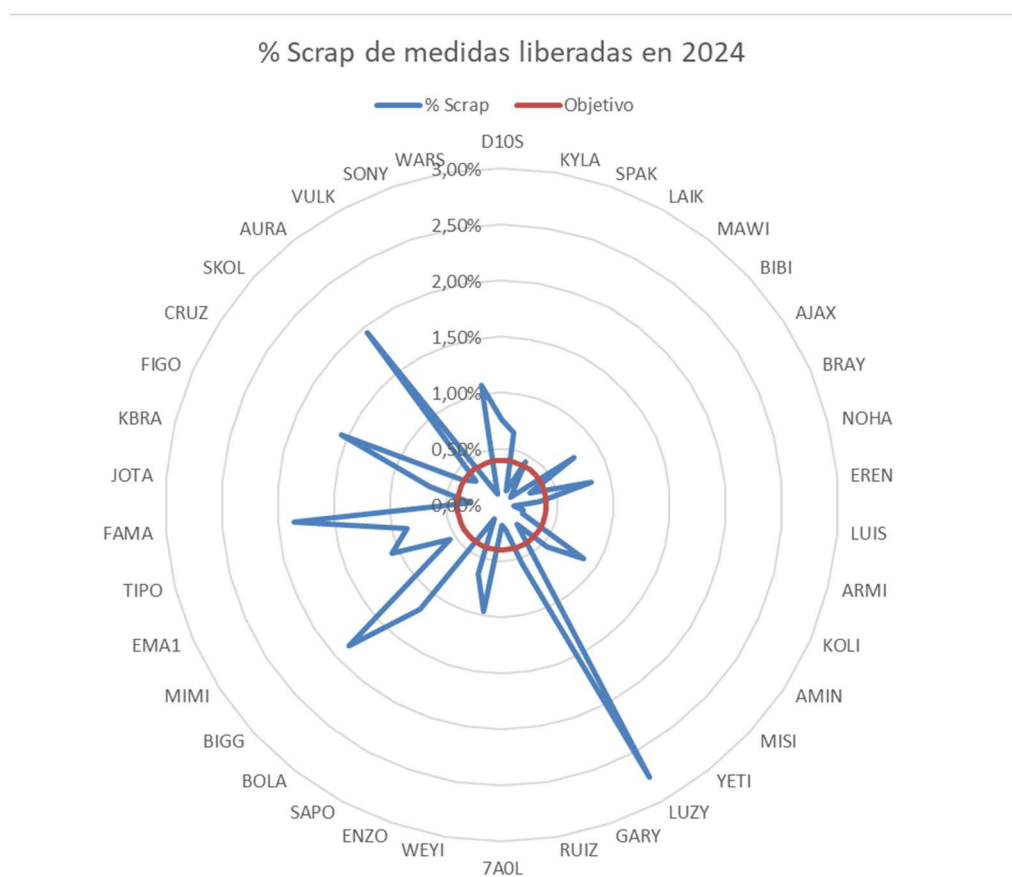


Fuente: Elaboración propia

Otro indicador importante para medir es el de desperdicio o “scrap” que es como se le llama internamente en Bridgestone de Costa Rica. Este indicador es el porcentaje de unidades que se debieron desechar por algún incumplimiento de calidad en la inspección de producto en el proceso productivo. El nuevo producto, al ser liberado a la línea de producción, lo esperado es que afecte de manera positiva el indicador de desperdicio general de la planta y no que llegue a incrementar el indicador de desperdicio de la planta, generando pérdidas de producción y retrabajos de diseño.

Este es un gráfico que nos muestra el comportamiento en este indicador de desperdicio para los desarrollos liberados en el año 2024. Como se puede observar, la mayoría de ellos no cumplen esta medición, aportando negativamente al proceso de producción de la planta.

Figura 30 Porcentaje de “scrap” de los productos nuevos en 2024, individual



Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de desperdicio de los nuevos desarrollos en producción es de 0.40%, pero como se puede observar en el gráfico anterior, la mayoría no cumple este indicador. Además de ver cuáles proyectos no cumplen, se debe medir cuáles son los principales defectos que generan esta tendencia y así poder comprender mejor las causas.

Figura 31 Pareto top 10 defectos “scrap” nuevos desarrollos 2024



Fuente: Elaboración propia.

Tomando los cinco defectos más recurrentes según el Pareto anterior, problemas de uniformidad de la llanta son el número uno con defectos como “RH1”, “RPP” y “LPP”, todos de uniformidad. Luego tenemos separación en la pared de la llanta, que básicamente es aire atrapado a la hora de construir el producto y por último tenemos el defecto de cuerda expuesta en ceja, que es cuando se logra ver la cuerda de partes internas de la llanta desde afuera del producto.

Ya con esta identificación de los peores defectos en los productos nuevos liberados a producción, se puede ver en qué partes se debe fortalecer el proceso de calificación para poder mejorar y minimizar estos comportamientos negativos en las llantas nuevas en producción.

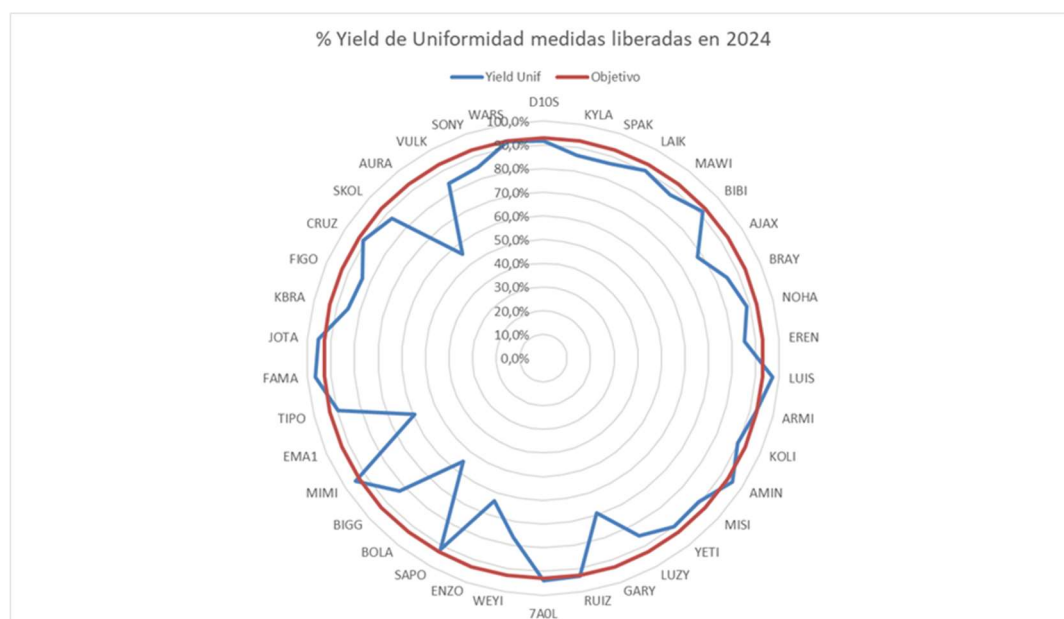
Por último, otro indicador importante a analizar en esta etapa es el Yield de uniformidad. Este, como cualquier otro yield, mide el rendimiento de alguna variable o característica del proceso, en este caso, al hablar de la característica de

uniformidad, se refiere a la medición de qué tan redonda y balanceada está la llanta. Esto es importante ya que asegura la comodidad al manejar y evita las vibraciones especialmente a altas velocidades.

El 100% de las llantas producidas se les miden los valores de uniformidad en unas máquinas especializadas llamadas “TUO” en Bridgestone de Costa Rica. Las llantas si no están en el rango especificado, se pueden retrabajar o desechar, esto según qué tan lejos están de los rangos permitidos. Estas llantas que se retrabajan o se desechan son las que se toman en cuenta para establecer el yield de uniformidad. Por ejemplo, si de 100 llantas medidas 2 están fuera de los rangos establecidos, el yield será de 98%.

El objetivo para todas las medidas en Bridgestone de Costa Rica para el yield de uniformidad es de un 93%, y como podemos ver en el siguiente gráfico, la mayoría de las medidas nuevas liberadas en 2024 no cumplen este objetivo. Afectando de manera negativa este indicador al entrar al proceso productivo.

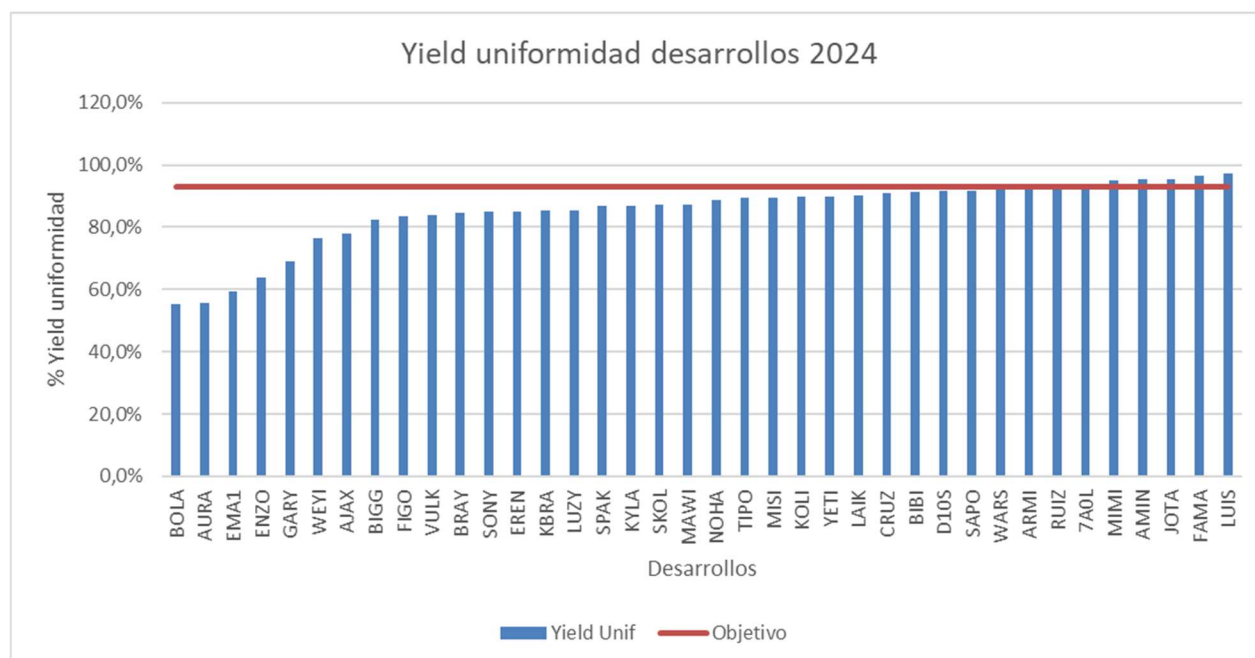
Figura 32 Yield uniformidad nuevos desarrollos 2024



Fuente: Elaboración propia

Solo el 20% de los desarrollos del 2024 cumplieron con este indicador, por lo que se debe analizar cuáles son las causas de este bajo rendimiento en producción regular y ajustar el proceso de calificación. En el siguiente gráfico se puede observar en orden de peor a mejor las liberaciones del 2024 para identificar los proyectos con mayor oportunidad de mejora.

Figura 33 Peores rendimientos en yield de uniformidad para los desarrollos 2024



Fuente: Elaboración propia

4.3 Analizar

La etapa de Análisis en el enfoque DMADV representa un punto crítico en el desarrollo de soluciones efectivas, ya que permite comprender a profundidad las causas raíz de los problemas detectados y validar las relaciones entre variables clave. En esta fase, se examinan los datos recolectados durante la etapa de

Definición y Medición con el objetivo de identificar patrones, tendencias y factores que influyen directamente en el desempeño del proceso.

A través del uso de herramientas estadísticas y técnicas de análisis, se busca fundamentar las decisiones de diseño en evidencia objetiva. Esta etapa no solo permite descartar suposiciones infundadas, sino también enfocar los esfuerzos en las variables que realmente impactan los resultados esperados.

4.3.1 Análisis de brechas

Como se mencionó anteriormente, gracias a un taller de trabajo utilizado como un benchmarking entre otras plantas de Bridgestone y un equipo corporativo de soporte para Latinoamérica, se generó un archivo estándar donde se incorporaron, según la experiencia de este grupo, las mejores prácticas que debe tener un proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone para poder cumplir a tiempo y en forma las entregas.

La idea es hacer un análisis comparativo entre este estándar de buenas prácticas y el proceso actual para poder obtener un resultado cuantitativo que nos permita saber el porcentaje de cumplimiento que se tiene respecto a este modelo deseado. Y con esto poder establecer un plan de trabajo que permita realizar las acciones necesarias para incorporar estas buenas prácticas al proceso actual.

La evaluación es realizada por el líder del proyecto y en el siguiente cuadro podemos observar según cada etapa y sección, cuantitativamente, en donde se tiene mayor oportunidad de mejora y en cuál mayor fortaleza.

Tabla 11 Cuadro comparativo análisis de brechas

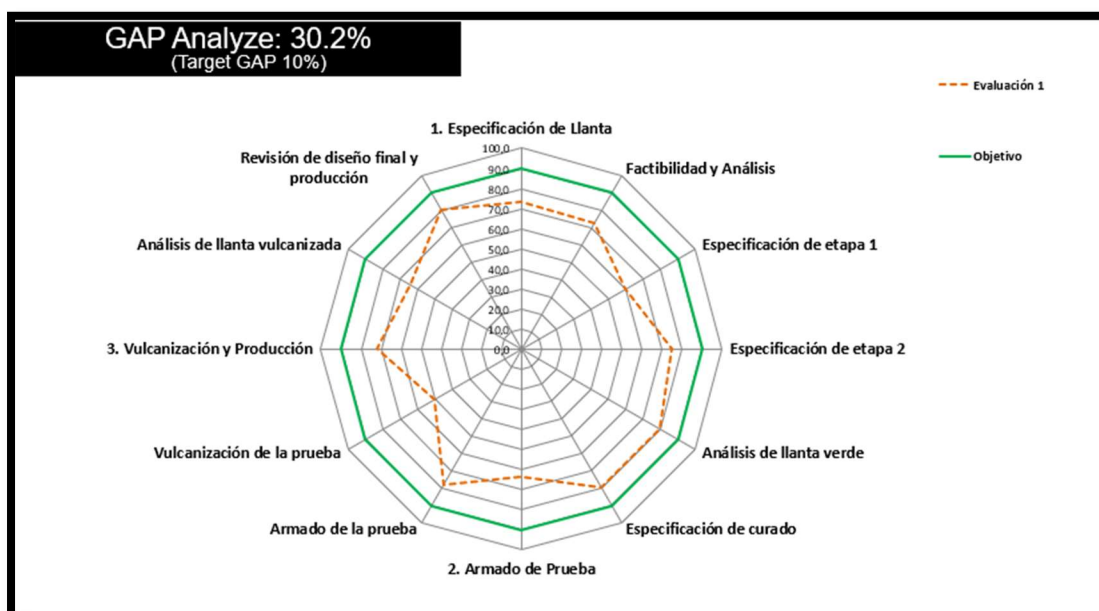
Cuadro de evaluación		
	Evaluación 1	Objetivo
1. Especificación de Llanta	73,4	90,0
Factibilidad y Análisis	72,2	90,0
Especificación de etapa 1	60,0	90,0
Especificación de etapa 2	75,0	90,0
Análisis de llanta verde	80,0	90,0
Especificación de curado	80,0	90,0
2. Armado de Prueba	63,9	90,0
Armado de la prueba	77,8	90,0
Vulcanización de la prueba	50,0	90,0
3. Vulcanización y Producción	72,1	90,0
Análisis de llanta vulcanizada	64,3	90,0
Revisión de diseño final y producción	80,0	90,0
Points	69,8%	90%
GAP	30,2%	10%

Fuente: Elaboración propia

La nota general obtenida del análisis de brechas es de 69,8%, lo que nos da una brecha de 30,2% para obtener una calificación perfecta. El objetivo es al menos conseguir un 90%, por lo que la brecha es de 20,2% para este proyecto.

En el siguiente gráfico se puede observar de una manera más visual el resultado de cada una de las etapas y secciones. No se tiene ninguna sección donde se cumpla el 90% del objetivo, las más altas alcanzan un 80%.

Figura 34 Gráfico comparativo análisis de brechas

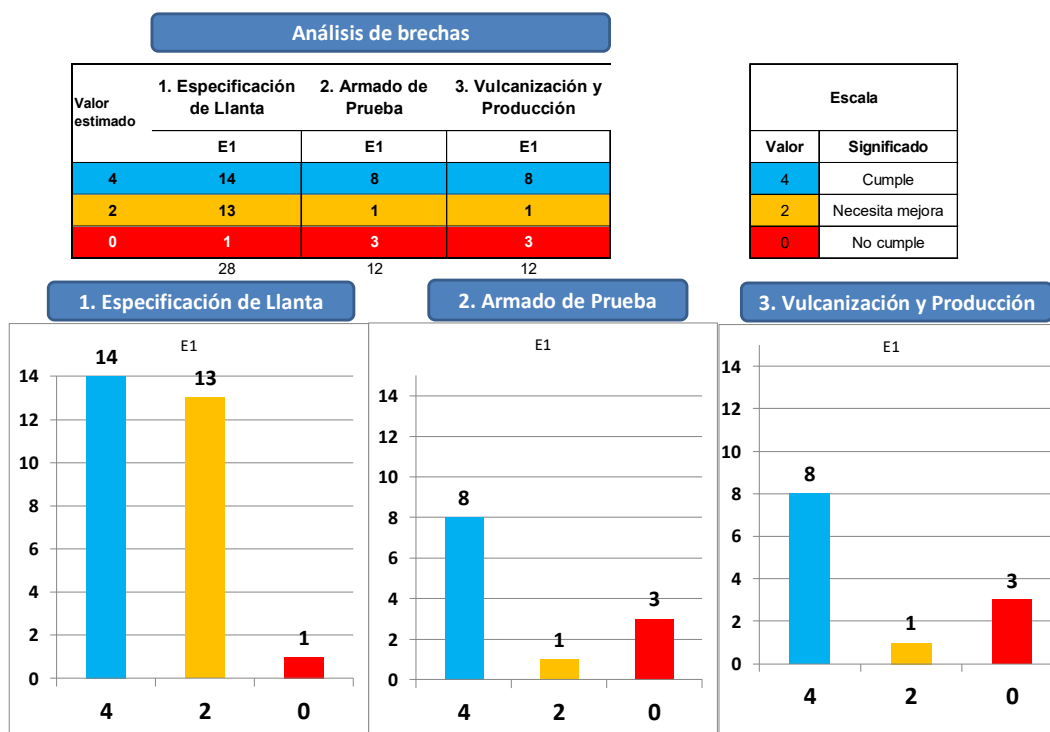


Fuente: Elaboración propia

Este estándar de buenas prácticas para desarrollo de nuevos productos consta de 3 etapas, 9 secciones y 52 puntos de chequeo en total, por lo que ya vimos los resultados macro de las etapas y secciones, ahora corresponde hacer un análisis más profundo sobre los puntos de chequeo, ya que estos nos dirán específicamente qué es lo que no se está cumpliendo y se debe incorporar al proceso.

Cada uno de estos puntos de chequeo se debe calificar con un 4 si cumple, con 2 si presenta oportunidad de mejora y 0 si no cumple en su totalidad. En la siguiente figura se puede ver la cantidad de puntos en los que se cumple, se tiene oportunidad o no se cumple. Esto es para entender cuántos puntos en total se necesitan trabajar.

Figura 35 Análisis de brechas, puntos de chequeo



Fuente: Elaboración propia

Luego de este análisis se encuentra que, del total de 52 puntos de chequeo, se está cumpliendo en 30 (58%), se tiene oportunidad de mejora en 15 (29%) y no se está cumpliendo en 7 (13%).

Estos son los 22 puntos en los que se deben establecer acciones de mejora:

Tabla 12 Tabla de puntos a mejorar del análisis de brechas.

1. Especificación de Llanta	1. Factibilidad y Análisis	Tiene una práctica estándar y diagrama de flujo de desarrollo ?
		Realiza un análisis previo a los proyectos nuevos para asegurar factibilidad ?
		Realiza una reunión para revisar diseño antes de primera prueba ?
		Tiene un procedimiento local para la creación de la especificación del desarrollo ?
		Revisa si el CTS y especificación de referencia tiene algún error contra el estándar ?
	2. Especificación de etapa 1	Perfil de filler: Tiene estándar para dibujar forma de filler (ángulo, ancho, base, etc.) ?
		Ceja: Tiene un estándar para definir el diámetro (diámetro, número de capas, espesor, construcción) ?
	3. Especificación de etapa 2	Estichado: Existe un estándar para establecer los parámetros de estichado de primera y segunda etapa?
		Capas estabilizadoras: Tiene un gráfico tipo R cuadrado para establecer el ancho de las capas estabilizadoras tanto en
	4. Análisis de llanta verde	Ancho de rodado x Ancho de capa #1: Tiene un estándar de traslape mínimo entre el rodado y la capa estabilizadora
Sistema de simulación : Utilizas el sistema de simulación en las etapas de diseño?		
5. Especificación de curado	Traslapes entre terminaciones de material: Cuanto es el mínimo de traslape entre materiales (Abrasión, Tela, Filler) ?	
	Ledge: Tienes un estándar para definirlo ?	
2. Armado de Prueba	1. Armado de la prueba	Después de definir los parámetros y crearlos, tienes algún análisis adicional para evaluarlos antes de ir a la primera
		Diagrama de flujo: Tienes un diagrama de flujo o práctica estándar donde define cómo armar y vulcanizar las pruebas ?
	2. Vulcanización de la prueba	Uso de papel cuadriculado: Usa esta técnica en rodado y pared ?
3. Vulcanización y Producción	1. Análisis de llanta vulcanizada	Llanta verde: Existe un chequeo de apariencia de llanta verde ?
		Reporte de prueba: Tienes una hoja de chequeo de condiciones de vulcanizado? (PCI, receta, tiempo de cerrado, etc)
	2. Revisión de diseño final y producción	Ventilado de molde: Se evalúa el número y posición de ventilas en el molde?
		Rebabas: Tiene una hoja de chequeo para analizar si la llanta nueva presenta rebabas ?
		Información de uniformidad: Se revisan los datos de uniformidad obtenidos?
	Control inicial: Tiene un control inicial de mínimo 2 meses de producción donde se da seguimiento al scrap, uniformidad, VOR, pruebas de laboratorio, etc. Se revisa esto por las partes interesadas? Quién es el responsable?	

Fuente: Elaboración propia

Con la inclusión de estas buenas prácticas en el proceso actual de desarrollo de nuevos productos, se buscará tener un impacto positivo en los indicadores principales del proceso como OTOS, objetivo principal del proyecto, cantidad de pruebas por llanta nueva liberada, porcentaje de desperdicio y yield de uniformidad. Todas estas prácticas son recomendaciones de expertos en el tema y comprobadas en otras plantas Bridgestone.

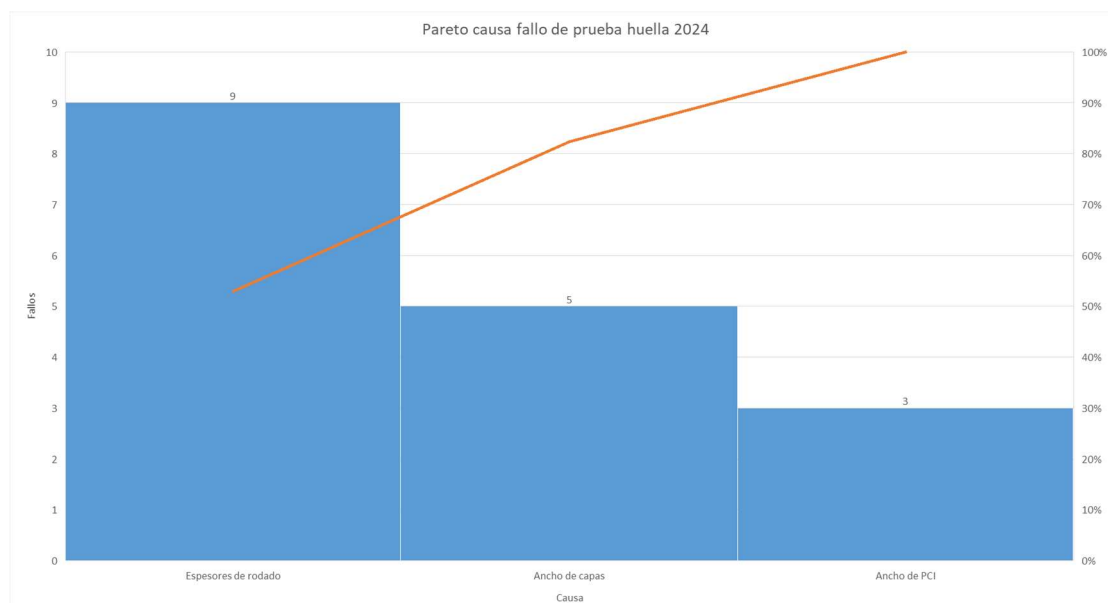
4.3.2 Análisis Pareto

Como lo observamos en la figura 33, la prueba que más fallos tiene en el proceso de desarrollo es la prueba de huella. Tiene 9 fallos en total y representa el 40% del total de fallos en pruebas. Por lo que para realizar un análisis más profundo con el objetivo de encontrar la causa raíz y enfocar las acciones para evitar la falla, se realiza un Pareto.

Para realizar este Pareto se hizo una revisión de los proyectos del 2024 que presentaron esta falla y en conjunto con los ingenieros de llantas se categorizaron las acciones que se debieron ejecutar en los cambios del diseño para poder pasar

esta prueba. Con esto podemos encontrar el patrón más repetitivo para poder trabajarlo.

Figura 36 Pareto ajustes por fallas en pruebas de huella



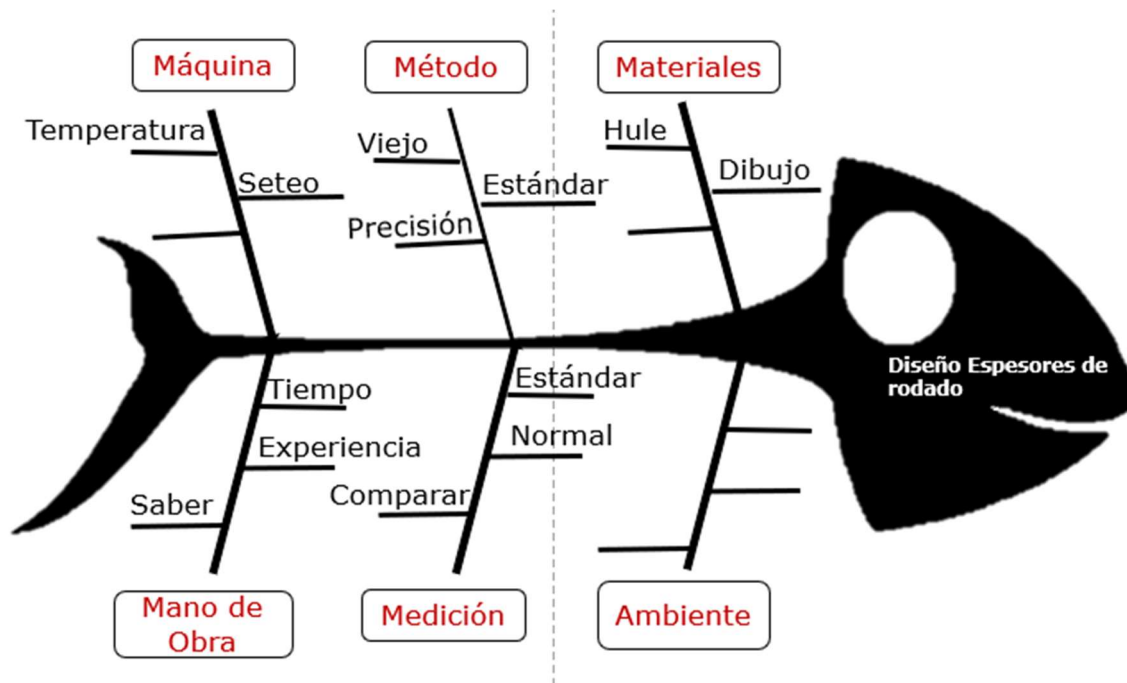
Fuente: Elaboración propia

Observando el Pareto anterior, indiscutiblemente se debe mejorar el análisis y diseño de espesores del rodado en el proceso de desarrollo, ya que esta es la principal causa de ajuste luego de una falla en la prueba de huella.

4.3.3 Ishikawa

Por medio de un Ishikawa se toma la primera causa de ajustes en la prueba de huella que es el espesor de rodado y se analiza a nivel de diseño cuáles pueden ser las posibles variables que pueden estar causando estos problemas de diseño en los espesores de rodado.

Figura 37 Ishikawa ajustes de espesores de rodado



Fuente: Elaboración propia

Al reforzar con el Ishikawa, se confirma más que se debe analizar la actualización del modelo de diseño de espesores para los productos nuevos, con un método más preciso y estándar, que se adapte al proceso y los productos actuales y también pueda ser entrenado a los ingenieros de llantas.

4.3.4 FMEA

Para entender más a detalle las causas raíz que pueden provocar el no cumplimiento del porcentaje de desperdicio y bajo yield de uniformidad en los nuevos desarrollos en producción, se realiza un análisis FMEA donde nos pueda guiar en los diferentes modos de falla y cómo a nivel de diseño se está trabajando en el proceso actual, esto para poder identificar en cuáles se tiene oportunidad de mejora.

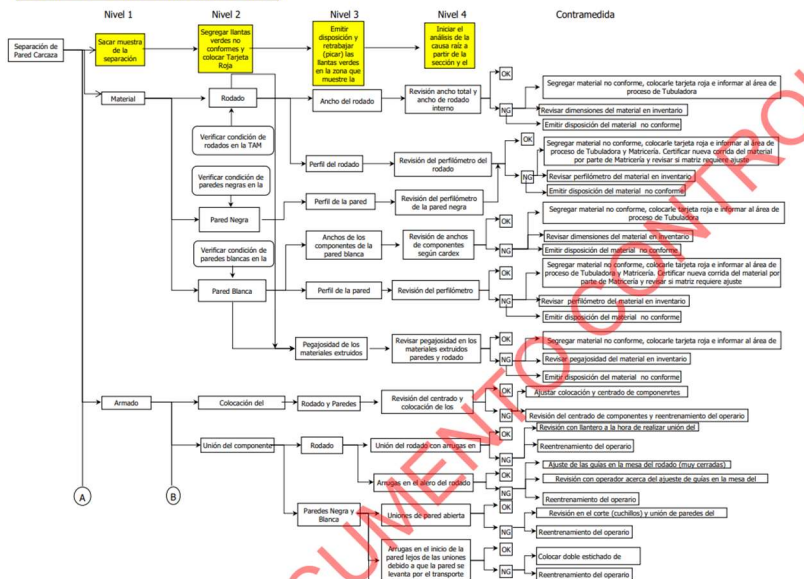
Bridgestone es una corporación sumamente desarrollada en los diferentes defectos que pueden tener sus llantas en el proceso productivo, por lo que a nivel local ya existe un análisis profundo de las diferentes variables que pueden provocar estos defectos, basado en conocimiento y experiencia de sus ingenieros. Este análisis se maneja por medio de árboles de decisión, por lo que se tomarán los correspondientes a los defectos de uniformidad y separaciones, que son, según lo vimos anteriormente en la figura 36, los mayores defectos de desperdicio en los nuevos desarrollos del 2024.

Se tomaron estos árboles de decisión y se ingresaron a un FMEA enfocado en el proceso de desarrollo de nuevos productos, con la intención de detectar debilidades y causas raíz.

Figura 38 Ejemplo árbol de decisión defectos separaciones en la pared

Logic Tree	Tipo No Conformidad	No Conformidad	Autor	Fecha	Revisado por	Fecha revisado	Documento	Rev.	Pág
Scrap-Separaciones	Separación de Pared Carcasa	Separación de Pared Carcasa	Francisco Arguello B.	28-Nov-08	Geovanny Castro	10/5/2025	PL-764-03	3	1 / 2

Logic Tree: Separación de Pared Carcasa (Defecto Scrap)



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

No todas las variables en el árbol de decisiones se ingresan al FMEA, ya que algunas no tendrían relación con el proceso de diseño de producto, por ejemplo, la variable operativa, esta no depende del producto sino del operador que la construye, por lo que este tipo de variables se dejan fuera del análisis.

Este análisis FMEA se realiza en conjunto con el personal del departamento técnico, que son los expertos en los defectos de separaciones y uniformidad de las llantas. Como se mencionó antes, esto no solo nos ayudará con el desperdicio por estos defectos, sino que también ayudará a mejorar el yield de uniformidad.

Tabla 13 FMEA defectos de desperdicio en nuevos diseños

**Procesos
Failure Modes and Effects Analysis
(FMEA)**

Nombre del proceso		Análisis top defectos desperdicio nuevos desarrollos					Preparado por: Geovanny Castro		Page <u>1</u> of <u>1</u>		
Responsable		Geovanny Castro					FMEA Fecha (Orig) <u>20/2/25</u> (Rev) _____				
Defecto	Variable	Modo de falla potencial	Efectos de falla potenciales	S E V	Posibles causas	O C C	Controles actuales	D E T	R P N	Acciones Recomendadas	Resp.
Cual es el defecto?	Cual es la variable importante?	De qué manera puede la variable afectar ?	Cual es el impacto de la variable en caso de afectar?	¿Qué tan seguro puede ser ?	¿Qué causa que la variable afecte ?	¿Qué tan frecuente la variable afecta?	Existen controles o procedimientos para evitarlo?	¿Qué tan bueno es el control?		¿Qué acciones para evitar la ocurrencia o mejorar la detección se podrían implementar ?	¿Quién es el responsable de aplicarlas?
RH1/RPP	Spots de materiales	Colocación incorrecta	Uniones de materiales juntas	7	Especificación incorrecta	8	No se tiene control	9	504	Establecer la definición y revisión de la	Líder del proyecto
Separaciones en la pared	Espesor de rodado	Bajo espesor	Falta de material y por ende separación	8	Espesor especificado de manera incorrecta	7	Medición en laboratorio	6	336	Definir un procedimiento predictivo para definir de una mejor manera los espesores de rodado y que también sea revisado antes de ser producido	Líder de proyecto
Separaciones en la pared	Espesores de pared	Bajo espesor	Falta de material y por ende separación	8	Espesor especificado de manera incorrecta	7	Medición en laboratorio	6	336	Definir un procedimiento predictivo para definir de una mejor manera los espesores de pared y que también sea revisado antes de ser producido	Líder de proyecto
Separaciones en la pared	Colocación de la pared	Colocación incorrecta	Material en zonas incorrectas	6	Colocación definida de manera correcta	4	Procedimiento de definición en diseño y medición en laboratorio	3	72		
Separaciones en la pared	Ancho de rodado	Ancho a menos	Falta de material y por ende separación	6	Ancho especificado de manera incorrecta	3	Procedimiento de definición en diseño y medición en laboratorio	3	54		
Separaciones en la pared	Ancho de pared	Ancho a menos	Falta de material y por ende separación	6	Ancho especificado de manera incorrecta	3	Procedimiento de definición en diseño y medición en laboratorio	3	54		
RH1/RPP	Ancho de tambor	Ancho de tambor a más	Llanta floja	5	Especificación incorrecta	3	Procedimiento de definición en diseño y prueba de tallado	2	30		
RH1/RPP	Diámetro de BT	Diámetro más grande	Llanta floja	4	Especificación incorrecta	3	Procedimiento de definición en diseño y prueba de tallado	2	24		
RH1/RPP	Peso de la llanta	Peso excesivo	Llanta floja	5	Materiales diseñados con mayor peso del requerido	2	Procedimiento de definición en diseño y prueba de tallado	2	20		

Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis se logra identificar las siguientes variables a trabajar y mejorar dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos:

- Separaciones pared: 1- Espesor de rodado / 2- Espesor de pared.
- RH1/RPP: 3- Spots de materiales.

4.3.4.1 Escala RPN

Para obtener el RPN, el personal experimentado que en conjunto realizó el FMEA junto con el líder del proyecto, calificó usando las escalas ya manejadas en Bridgestone de Costa Rica para análisis de este tipo. Con esto se estimó la severidad, la frecuencia y los controles.

El grupo de ingenieros ya tiene experiencia en la ejecución de estos análisis y el uso de las escalas, ya que es una herramienta comúnmente utilizada en la planta.

Tabla 14 Escalas RPN.

Severidad

Efecto	Severidad del defecto	Calif
Crítico	Se debe detener su producción	10
Grave	Puede causar problemas en el proceso	9
Muy Alto	Se debe retener producto	8
Alto	Defecto no puede ser retrabajado	7
Moderado	Se necesita un retrabajo mayor	6
Bajo	Se necesita un retrabajo menor	5
Muy Bajo	Se detecta por la mayoría	4
Menor	Se detecta por pocos	3
Muy menor	No se detecta por la mayoría	2
Ninguno	No afecta	1

Ocurrencia

Probabilidad	Índice de falla	Calif
Muy alta	≥ 1 in 2	10
Casi inevitable	1 in 3	9
Alto	1 in 8	8
Repetida	1 in 20	7
Moderado	1 in 80	6
Ocasional	1 in 400	5
Baja	1 in 2,000	4
Muy baja	1 in 15,000	3
Poco probable	1 in 150,000	2
Remota	≤ 1 in 1,500,000	1

Detección

Probabilidad de detección	Calif
Poco certera	10
Muy remota	9
Remota	8
Muy baja	7
Baja	6
Moderada	5
Moderada alta	4
Alta	3
Muy Alta	2
Certera	1

Fuente: Elaboración propia

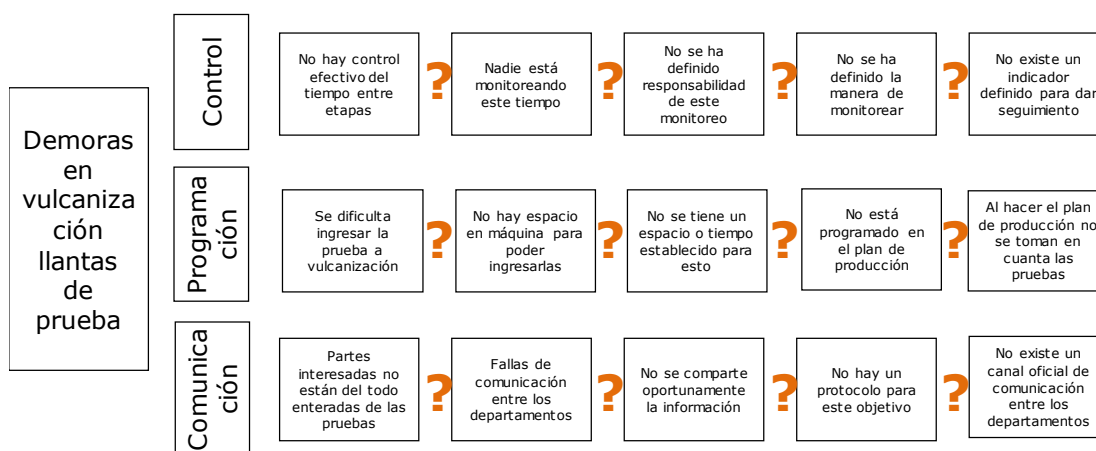
4.3.5 Los 5 Por Qué?

En la figura 30 se puede ver que la segunda causa por la cual no se pudo conseguir el objetivo de OTOS en el 2024 es demoras para poder vulcanizar las llantas de prueba, teniendo un 100% más en promedio de espera según lo planeado, ver figura

34. Por lo que se aplica esta herramienta para poder ir más profundamente y comprender aún mejor.

La herramienta de los 5 por qué permite encontrar la causa raíz de un problema de forma rápida y efectiva, evitando soluciones superficiales. Al preguntar “¿por qué?” varias veces, se profundiza en el origen real del fallo, lo que facilita tomar acciones correctivas duraderas y mejorar procesos.

Figura 39 5 por qué? Demoras en vulcanización



Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis, las causas raíz que deben ser mejoradas dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos son:

- Control: No existe un indicador definido para dar seguimiento al tiempo de demora entre etapas.
- Programación: Al hacer el plan de producción, no se están tomando en cuenta los tiempos de máquina para las pruebas.
- Comunicación: No existe un canal de comunicación oficial entre los departamentos.

4.3.6 Conclusiones de la situación actual

- El proceso principal del departamento de ingeniería de llantas implica: desarrollo de producto y definición de especificaciones técnicas para manufactura.
- Las partes interesadas se dividen en tres grupos:
 - Grupo técnico: Gerente técnico / jefe de Ingeniería de Llantas / Ingenieros de llantas.
 - Grupo de calidad: jefe de control de calidad / jefe de laboratorios.
 - Grupo de producción: Gerente y jefes de áreas de producción.
- Los planes de comunicación entre estos grupos dependen de su nivel de influencia en el análisis de partes interesadas, puede ser personal o por correo, y el líder del proyecto es el encargado de esta comunicación y la estrategia de gestión.
- Con las partes interesadas identificadas y categorizadas, se realiza una captura de la voz del cliente, obteniendo las siguientes propuestas o áreas en las que debemos mejorar en la renovación del proceso de desarrollo:
 - Porcentaje de desperdicio del nuevo producto.
 - Cantidad de pruebas.
 - Cantidad de pruebas falladas.
 - Supervisión en etapas de diseño.
 - Mejor uniformidad.
 - Revisión anticipada de nuevos productos.
 - Estado de liberación de productos.
 - Seguimiento luego de la liberación.
 - Uso de herramientas para mejora de diseño.
 - Comunicación entre los departamentos.
 - Falta de materiales de prueba.
 - Tiempo de pruebas en máquina.
 - Tiempo para documentar.
 - Información de balanceo.

- Con el diagrama de afinidad se logra categorizar los requisitos de los clientes para tener una visión más clara de dónde se debe mejorar:
 - Calidad del producto.
 - Control del proceso.
 - Gestión del desarrollo.
- Se debe trabajar en aspectos de la calidad del nuevo producto, el control que se da en las diferentes etapas del proceso y cómo se gestionan aspectos como la comunicación o liberaciones.
- Con la matriz Kano se logra priorizar las solicitudes del cliente. Se categoriza en básicos, deseados, atractivos e indiferentes para poder tener una correcta segregación y enfocarse en lo que agrega valor para el proceso y el cliente.
 - Básicos:
 - Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño.
 - Revisar anticipadamente las características de los nuevos productos.
 - Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad.
 - Uso de herramientas para mejorar el diseño.
 - Deseados:
 - Porcentaje de desperdicio bajo.
 - Menor cantidad de pruebas falladas en el laboratorio.
 - Menor cantidad de pruebas por producto liberado.
 - Atractivos:
 - “Yield” de uniformidad alto.
 - Seguimiento luego de la liberación.
 - Disminuir la falta de materiales de prueba.
 - Indiferente:
 - Medir la información del balanceo.
 - Reducir tiempos de documentación.
 - Mejorar la comunicación entre los departamentos.
 - Menor tiempo de prueba en máquina.

- Luego de Kano, se logra filtrar de 14 a 10 las solicitudes del cliente, ya que las 4 que quedaron en categoría indiferente, de momento, no agregan ningún valor al cliente o al proceso.
- Se realiza un taller de trabajo como “Benchmarking” entre una planta en México, un equipo de soporte técnico para Latinoamérica y la planta de Costa Rica (incluyendo al líder de este proyecto). En este taller se toman las 10 variables importantes salidas de la matriz Kano para hacer una comparación y encontrar diferencias e ideas de buenas prácticas o sugerencias de mejora para estas. Serán utilizadas en las soluciones de mejora.
- Aprovechando este taller, como segunda actividad, se genera entre los tres equipos un documento de recopilación de las mejores prácticas para el proceso de desarrollo de nuevos productos, donde estas aseguren la calidad, el control y la gestión, variables clave según el diagrama de afinidad.
- Este documento se establece como un estándar de modelo ideal de proceso de desarrollo de nuevos productos y se usará como análisis de brechas para comprender el estatus del proceso actual e identificar las oportunidades de mejora.
- Este documento de modelo ideal se divide en tres etapas principales y dentro de estas etapas tenemos 9 subetapas y 52 buenas prácticas en total.
 - Especificación de la llanta.
 - Factibilidad y análisis.
 - Especificación de etapa 1.
 - Especificación de etapa 2.
 - Análisis de llanta verde.
 - Especificación de curado.
 - Armado de prueba.
 - Armado de la prueba.
 - Vulcanización de la prueba.
 - Vulcanización y producción.
 - Análisis de llanta vulcanizada.
 - Revisión de diseño final y producción.

- Se realiza un mapeo del proceso actual, ya que no se contaba con uno. Con esto se logra identificar por medio de un diagrama de flujo todas las actividades a nivel macro del proceso de desarrollo de nuevos productos en la planta Costa Rica.
- OTOS es el indicador principal del proceso al cual se le está realizando la reingeniería y para el 2024 no se logró alcanzar la meta propuesta, se cierra con un 88% y se debía llegar al 95%.
- Se estudian las causas por las cuales se obtuvo el 88% y los siete proyectos que no se entregaron en la fecha debida. Cuatro de ellos tuvieron este retraso por fallas en las pruebas de calidad en el laboratorio y los otros 3 por demoras en el proceso de vulcanización.
- Por tanto, se identifican que las dos causas principales del retraso de los proyectos en el 2024 fueron:
 - Fallas en las pruebas de laboratorio.
 - Demoras en el proceso de vulcanizado.
- La primera causa que es fallas en las pruebas de laboratorio también nos afecta negativamente en otro indicador, que es el número de pruebas piloto realizadas por cada medida liberada. Al fallo de las pruebas, se debe repetir la prueba piloto y por ende hace menos eficiente el proceso.
- Se estudian más profundo los fallos de pruebas en el laboratorio. De todas las pruebas que fallaron en el 2024, un total de 21, la falla más repetitiva es la de la prueba de la huella, que representa un 40%.
- La segunda causa de retraso son las demoras en el proceso de vulcanizado, y actualmente no existe un indicador o control para monitorearlo, por lo que se realiza un muestreo de 38 proyectos del 2024 y se obtiene que la espera promedio fue de 10 días, el objetivo es de 5, un 100% fuera de objetivo.
- Otro indicador que se pretende mejorar con este proyecto en el proceso de desarrollo es el de desperdicio, que para el 2024 tuvo un promedio de 0,68% y el objetivo es del 0,40%.
- Se realizó un análisis Pareto para encontrar cuáles fueron los defectos en llantas que provocaron más desperdicio en los nuevos desarrollos. Los

primeros 3 que representan el 70% del total se pueden clasificar en 2 categorías:

- Defectos radiales de uniformidad (RH1 y RPP)
- Defecto de separaciones en la pared.
- Este análisis de Pareto anterior se relaciona altamente con el indicador de yield de uniformidad, que tampoco se logró el objetivo en 2024. Solo el 20% de los proyectos del 2024 lograron estar por encima del 93% de yield esperado.
- Se realizó el análisis de brechas basado en el estándar de proceso modelo realizado en el taller de trabajo. Se plantea un objetivo de nota mínima de un 90%, en esta evaluación se obtuvo un 69,8% con una brecha de 20,2%, que es lo que debemos mejorar en este proyecto.
- En total son 22 puntos que se deben revisar para priorizar y trabajar para lograr cerrar la brecha y con esto mejorar en los indicadores deseados de entrega y calidad.
- Se realiza un análisis Pareto para entender las causas de la falla en la prueba de huella, que, como se vio anteriormente, es la principal falla. Se analizó luego de la falla, cuáles tuvieron que ser los cambios o mejoras en el diseño que provocó la falla, y con esto poder ver en qué parte del diseño se debe mejorar.
- El análisis arroja que más del 50% es debido a ajustes en el diseño de los espesores de rodado, por lo que se debe trabajar mejor esta parte en el proceso de diseño.
- Para entender más profundamente las causas de los defectos top que causan desperdicio en los nuevos diseños, se realiza un FMEA. Se logró identificar los posibles modos de falla en el diseño que pueden provocar estos defectos y cómo se están trabajando actualmente.
- Este FMEA se realiza en conjunto con el equipo técnico de la planta y basado en los árboles de decisión de cada uno de estos defectos donde se identifican las principales causas.
- Luego del análisis se logran identificar las principales causas raíz a nivel de diseño y en las cuales por su RPN se deben generar contramedidas:

- Separaciones en pared: Espesor de rodado y espesor de pared.
- RH1/RPP: Spots de materiales.
- Para analizar las demoras en vulcanización que nos provocan problemas en las entregas, que es nuestro principal indicador, se realiza un análisis de “5 por qué?”. El cual nos arroja las siguientes 3 causas raíz:
 - Control: No existe un indicador definido para dar seguimiento al tiempo de demora entre etapas.
 - Programación: Al hacer el plan de producción no se están tomando en cuenta los tiempos de máquina para las pruebas.
 - Comunicación: No existe un canal de comunicación oficial entre los departamentos.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA
SOLUCIÓN

En este capítulo se presenta el diseño detallado de la solución propuesta para optimizar el proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica, como resultado del análisis realizado en las etapas previas de la metodología DMADV. A partir de los hallazgos obtenidos en el diagnóstico del proceso, se identificaron oportunidades clave de mejora que permiten rediseñar las actividades críticas, con el objetivo de mejorar tiempos de entrega y la calidad exigidos por clientes internos y la corporación.

El diseño de la solución se fundamenta en principios de mejora continua y herramientas de ingeniería industrial. Se considera también la experiencia del personal de Bridgestone, tanto de Costa Rica como de otras plantas y soporte corporativo para asegurar una implementación efectiva y sostenible. La propuesta busca no solo resolver las oportunidades actuales, sino también dejar el camino marcado para nuevas actualizaciones y mejoras futuras.

Detallando las acciones específicas de implementación, los recursos requeridos, los indicadores de desempeño y el plan de verificación nos permitirá evaluar la efectividad de la solución en el entorno real de la planta. Este capítulo representa el puente entre el diagnóstico y la ejecución, consolidando el aporte de este proyecto a Bridgestone Costa Rica.

5.1 Agrupación por afinidad de oportunidades de mejora

Gracias a la aplicación de todas las etapas anteriores de diagnóstico, se llega a esta etapa con múltiples oportunidades de mejora clave identificadas y que impactarán de manera positiva en el logro de los objetivos planteados en este proyecto. En total se identificaron 39 oportunidades de mejora que vienen directamente de las siguientes herramientas aplicadas:

- KANO: Acá se logró identificar 10 oportunidades de mejora directamente desde la voz de las partes interesadas de este proyecto. Son sumamente

importantes para la satisfacción de estos y el impacto en los objetivos del proceso desde el criterio de los protagonistas.

- Análisis de brechas: Con la base del modelo ideal creado en este mismo proyecto por un grupo de expertos, se realiza un autoanálisis y se logran identificar 22 oportunidades de mejora.
- FMEA: Esta herramienta dejó ver 3 oportunidades para la mejora del porcentaje de desperdicio y yield de uniformidad.
- 5 Por qué?: Luego de este análisis se suman 3 oportunidades de mejora más para trabajar en las demoras en el proceso de vulcanizado, segunda causa de entregas fuera de tiempo en 2024.
- Pareto: Al analizar de manera más profunda los ajustes del diseño por fallas en las pruebas de la huella por medio de Pareto, 1 oportunidad de mejora se agrega para ser evaluada.

Muchas de estas oportunidades de mejora pueden estar relacionadas, tener dependencia o parecidas soluciones, por lo que se realiza un diagrama de afinidad para poder categorizarlas y agruparlas para una mejor identificación, evaluación y ejecución en caso de factibilidad.

Se realiza un cuadro donde se puedan apreciar todas las oportunidades identificadas, el indicador de este proyecto al cual tiene impacto y la herramienta utilizada para su identificación, por supuesto, también agrupadas por su naturaleza. En total se obtuvieron los siguientes 5 grupos:

- Control y seguimiento: Oportunidades de seguimiento, definición de flujos, revisiones y controles.
- Diseño de nuevo producto: Oportunidades en definición de componentes, uso de herramientas técnicas, predicción de valores, cálculo de especificaciones técnicas.
- Armado de pruebas: Actividades de revisión, flujos, herramientas y responsabilidades al armar los lotes de pruebas.

- Uniformidad: Oportunidades que afectan directamente el yield de uniformidad.
- Proceso de vulcanizado: Actividades de revisión, flujos, herramientas y responsabilidades al vulcanizar los lotes de pruebas.

Tabla 15 Diagrama Afinidad Oportunidades de Mejora

Categoría	Oportunidad de mejora	Indicador afectado				Herramienta de diagnostico utilizada				
		OTOS	Eficiencia	Desperdicio	Yield Uniformidad	KANO	Análisis brechas	FMEA	Pareto	5 Por qué?
Control y seguimiento	Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño.	X	X	X	X	X				
	Revisar anticipadamente las características de los nuevos productos.	X	X	X	X	X				
	Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad.	X		X		X				
	Seguimiento luego de liberación.			X	X	X				
	Tiene una práctica estándar y diagrama de flujo de desarrollo ?	X	X				X			
	Realiza un análisis previo a los proyectos nuevos para asegurar factibilidad ?	X	X	X	X		X			
	Realiza una reunión para revisar diseño antes de primera prueba ?	X	X	X	X		X			
Control inicial: Tiene un control inicial de mínimo 2 meses de producción donde se da seguimiento al scrap, uniformidad, VDR, pruebas de laboratorio, etc. Se revisa esto por las partes interesadas? Quién es el responsable?			X	X		X				
Diseño de nuevo producto	Uso de herramientas para mejorar diseño.	X	X	X	X	X				
	Porcentaje de desperdicio bajo.			X	X	X				
	Menor cantidad de pruebas falladas en el laboratorio.	X	X			X				
	Menor cantidad de pruebas por producto liberado	X	X			X				
	Diseño espesor de rodado (x2)	X	X	X				X	X	
	Diseño espesor de pared			X				X		
	Revisa si el CTS y especificación de referencia tiene algún error contra el estándar ?	X	X	X	X		X			
	Perfil de filler: Tiene estándar para dibujar forma de filler (ángulo, ancho, base, etc.) ?	X	X	X	X		X			
	Ceja: Tiene un estándar para definir el diámetro (diámetro, numero de capas, espesor, construcción) ?	X	X	X			X			
	Capas estabilizadoras: Tiene un gráfico tipo R cuadrado para establecer el ancho de las capas estabilizadoras tanto en verde como en curado según el diseño y construcción?	X	X				X			
	Sistema de simulación : Utilizas el sistema de simulación en las etapas de diseño?	X	X	X	X		X			
	Traslapes entre terminaciones de material: Cuanto es el mínimo de traslape entre materiales (Abrasión, Tela, Filler) ? Objetivo debe ser 10mm, en perfiles bajos 5 mm	X	X	X			X			
	Ledge: Tienes un estándar para definirlo ?			X			X			
Ancho de rodado x Ancho de capa #1: Tiene un estándar de traslape mínimo entre el rodado y la capa estabilizadora #1 para cada tipo de construcción ?	X	X				X				
Armado de pruebas	Después de definir los parámetros y crearlos, tienes algún análisis adicional para evaluarlos antes de ir a la primera prueba?			X	X		X			
	Estichado: Existe un estándar para establecer los parámetros de estichado de primera y segunda etapa?			X			X			
	Diagrama de flujo: Tienes un diagrama de flujo o práctica estándar donde define cómo armar y vulcanizar las pruebas ?	X	X				X			
	Tiene un procedimiento local para la creación de la especificación del desarrollo ?	X	X	X	X		X			
	Uso de papel cuadriculado: Usa esta técnica en rodado y pared ?			X			X			
Uniformidad	Llanta verde: Existe un chequeo de apariencia de llanta verde ?	X	X	X	X		X			
	Yield de uniformidad alto.			X	X	X				
Proceso de vulcanizado	Definición spots de materiales.			X	X			X		
	Información de uniformidad: Se revisan los datos de uniformidad obtenidos?			X	X		X			
	Indicador definido para seguimiento al tiempo de demora entre etapas.	X								X
	Tiempos establecidos para vulcanizado de pruebas en plan de producción.	X								X
	Canal de comunicación oficial entre los departamentos.	X								X
	Reporte de prueba: Tienes una hoja de chequeo de condiciones de vulcanizado? (PCI, receta, tiempo de cerrado, etc)	X	X	X	X		X			
Otro	Ventilado de molde: Se evalúa el número y posición de ventilas en el molde?			X			X			
	Rebabas: Tiene una hoja de chequeo para analizar si la llanta nueva presenta rebabas ?	X		X	X		X			
	Disminuir la falta de materiales de prueba					X				

Fuente: Elaboración propia

Luego de este análisis se descarta trabajar en la oportunidad de mejora identificada en la matriz KANO “disminuir la falta de materiales de prueba”, ya que al ingresar al cuadro se observa que esta no afecta ningún indicador de este proyecto y quedó clasificada como un atractivo según el cliente, por lo que recordando la explicación al aplicar KANO, el cliente no la espera, en caso de que no se presente no genera ningún efecto negativo en este.

De acá en adelante se trabajará por separado cada una de estas categorías desde la identificación de soluciones hasta la implementación y control. Esto ayudará con el hilo conductor del proyecto y el orden.

5.2 Propuesta de mejora 1: Control y Seguimiento.

Como se explicó en el apartado anterior, acá se analizarán las oportunidades de la categoría uno del diagrama de afinidad, mejoras enfocadas en temas de establecimiento de prácticas estándar de los procesos principales, revisiones o supervisiones de las etapas, seguimientos de pruebas y liberaciones y controles en general.

Primero se realizará un cuadro beneficio/esfuerzo para revisar las distintas soluciones para cada oportunidad de mejora y evaluar cuáles son factibles de aplicación para esta propuesta de mejora número #1 basados en la categoría de control y seguimiento.

Esta misma escala de calificación para verificar la factibilidad de cada una de las posibles soluciones se aplicará a todas las categorías del diagrama de afinidad. En la siguiente tabla se puede apreciar de una mejor manera la escala de calificación.

Tabla 16 Escala de análisis de factibilidad según Beneficio/Esfuerzo

		Escala			
		Alto			Bajo
Beneficio	OTOS	9	6	3	1
	Eficiencia	9	6	3	1
	Desperdicio	9	6	3	1
	Yield Uniformidad	9	6	3	1
Esfuerzo	Costo	1	3	6	9
	Complejidad	1	3	6	9
	Tiempo	1	3	6	9
	Recursos	1	3	6	9

Fuente: Elaboración propia

La tabla nos ayuda a analizar de manera cuantitativa todas las posibles soluciones según el beneficio a recibir y el esfuerzo que se debe dedicar para poder obtener ese beneficio. A nivel de beneficio se evalúa qué tan positivo va a ser el impacto en los objetivos de este proyecto, que serían los indicadores principales como OTOS, eficiencia, desperdicio y el yield de uniformidad, por otro lado, en la parte de esfuerzo, se valora también de manera cuantitativa lo invertido en costo, tiempo, recursos y qué tan compleja es la solución de ejecutar.

Como se logra observar en la figura anterior, las escalas son contrapuestas según beneficio o esfuerzo. A mayor beneficio la calificación es alta pero a mayor esfuerzo menor calificación, con esto se logra una sumatoria final donde las soluciones con mayores puntuaciones son las que tienen un mejor equilibrio entre beneficio y esfuerzo y por ende las prioritarias.

Se realiza el cuadro Beneficio/Esfuerzo de la propuesta de mejora #1 donde se puede observar la oportunidad de mejora, la solución propuesta, la herramienta que se utilizó para identificar esta posible solución y su calificación final.

Las 5 soluciones planteadas en esta primera propuesta obtienen una nota superior a 40, que es la línea límite impuesta para que sea factible su implementación. Las soluciones para trabajar son:

- Aumentar 2 revisiones más al proceso de calificación, 1 al inicio y otra al final.
- Agregar un análisis de factibilidad al proceso de desarrollo antes de iniciar la calificación.
- Establecer plan de actividades de mejora también en la liberación de la etapa de tune up donde se revisan tendencias.
- Actualizar la práctica estándar local actual con las nuevas etapas y crear el diagrama de flujo nuevo.
- Agregar un proceso adicional luego de su liberación a producción donde se cumpla con el mínimo de 2 meses de seguimiento después de la liberación para dar seguimiento a los indicadores clave, se revise por las partes interesadas y tenga un responsable. Tal como se definió en el proceso modelo definido.

En la siguiente figura se puede observar el cuadro de análisis de las soluciones de la propuesta #1 y sus impactos en beneficios y esfuerzos.

Tabla 17 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#1

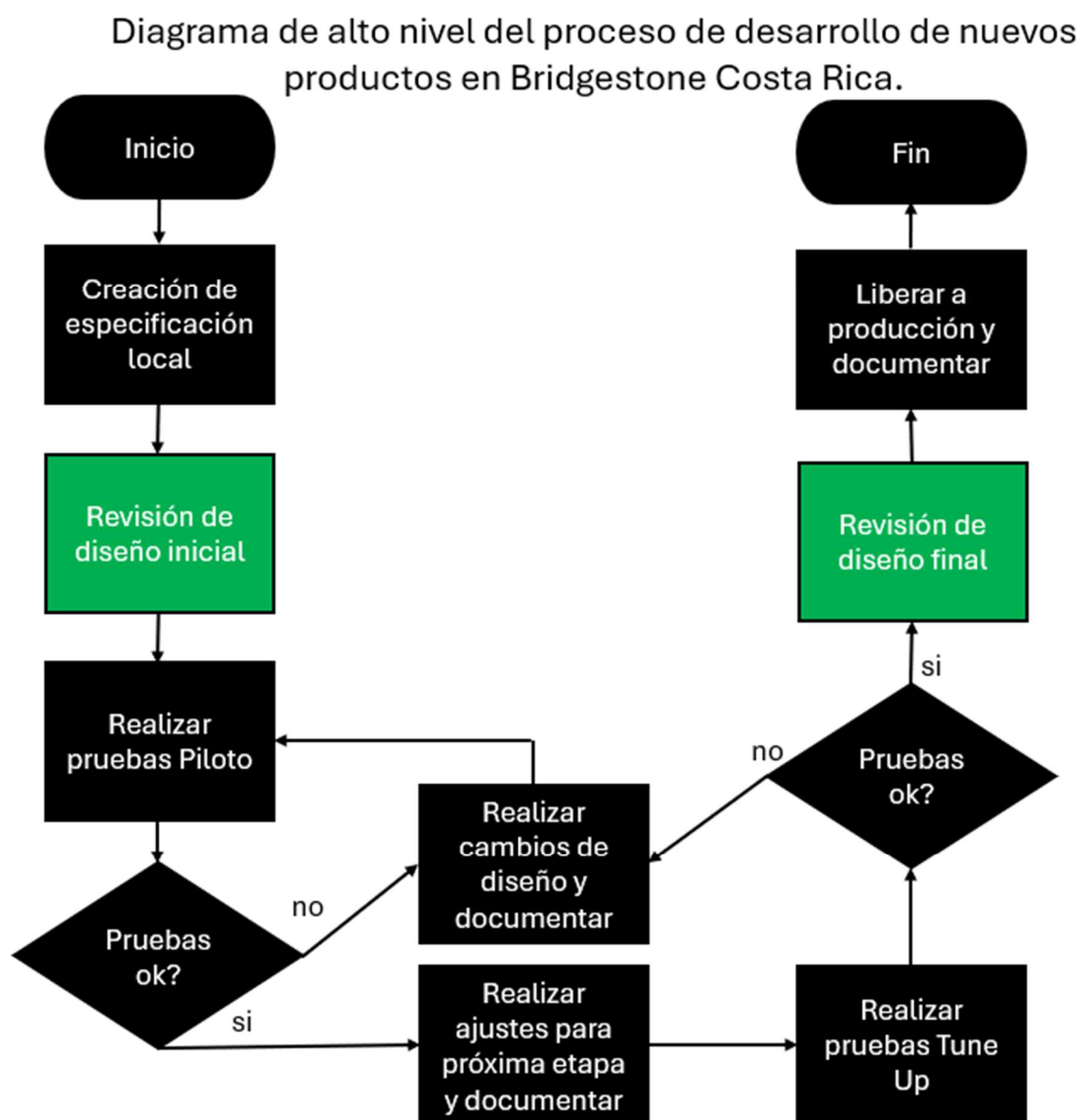
Categoría	Oportunidad de mejora	Solución propuesta	Herramienta utilizada para identificar soluciones					Beneficio (9,6,3,1)				Esfuerzo (1,3,6,9)				Total
			Análisis brechas	FMEA	Pareto	5 Por qué?	Benchmarking	OTOS	Eficiencia	Desperdicio	Yield Uniformida	Costo	Complejidad	Tiempo	Recursos	
Control y seguimiento	Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño.	Aumentar 2 revisiones más al proceso de calificación, 1 al inicio y otra al final.	X				X	9	6	3	3	6	6	6	6	45
	Realiza una reunión para revisar diseño antes de primera prueba ?															
	Revisar anticipadamente las características de los nuevos productos.	Agregar un análisis de factibilidad al proceso de desarrollo antes de iniciar la calificación	X				X	6	6	3	3	9	6	6	6	45
	Realiza un análisis previo a los proyectos nuevos para asegurar factibilidad ?															
	Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad.	Establecer plan de actividades de mejora también en la liberación de la etapa de tune up donde se revisan tendencias					X	3	1	9	6	9	9	6	6	49
	Tiene una práctica estándar y diagrama de flujo de desarrollo ?	Actualizar la práctica estándar local actual con las nuevas etapas y crear el diagrama de flujo nuevo.	X					6	9	3	3	6	6	3	6	42
	Seguimiento luego de liberación.	Agregar un proceso adicional luego de su liberación a producción donde se cumpla con el mínimo de 2 meses de seguimiento después de liberación para dar seguimiento a los indicadores clave, se revise por las partes interesadas y tenga un responsable. Tal como se definió en el proceso modelo definido.														
Control inicial: Tiene un control inicial de mínimo 2 meses de producción donde se da seguimiento al scrap, uniformidad, VOR, pruebas de laboratorio, etc. Se revisa esto por las partes interesadas? Quién es el responsable?	X						X	6	6	9	9	6	3	3	3	45

Fuente: Elaboración propia

proceso de desarrollo para desde el inicio tener una supervisión y revisión adecuada de los primeros pasos y también revisión final de la entrega al cliente.

Lo primero fue tomar el diagrama de flujo actual que se realizó en el mapeo en este proyecto y agregar estas 2 revisiones de diseño. Este diagrama, el final de este proyecto quedará estandarizado y en un documento controlado en el sistema de gestión de la planta.

Figura 41 Diagrama de flujo M1P1



Fuente: Elaboración propia

En color verde se pueden identificar las dos revisiones adicionales al proceso de desarrollo de nuevos productos. La segunda actividad fue establecer un estándar de lo que se va a revisar en cada una de las revisiones, para esto se reunió al equipo de ingeniería de llantas para hacer la lista requerida.

Para la revisión número uno, que es la que se da antes de hacer el primer armado de la prueba, se definió que el ingeniero debe realizar una presentación y verla con el jefe de ingeniería de llantas y debe ser aprobado el diseño antes de pasar a la siguiente etapa. Esta es la lista de puntos a revisar:

- Generalidades del proyecto.
- Comparación entre la especificación de referencia corporativa y la local.
- Diseño de los dibujos de los materiales extruidos.
- En caso de que el proyecto esté en producción en otra planta, se deben revisar los resultados de pruebas de laboratorio para detectar oportunidades de mejora de diseño.

Para la comparación entre especificaciones corporativa y local se crea un formato estándar para que sea más rápido y sencillo por parte del ingeniero realizarlo. Este formato revisa todas las características importantes de revisar en el diseño de llantas basado en el documento corporativo de código BA091, donde se establecen a su vez las tolerancias para cada una de estas características. Así es más fácil para los revisores saber si se está cumpliendo o no con lo mandatorio.

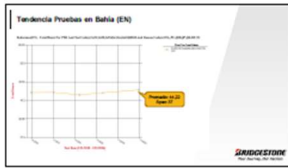
Figura 42 Ejemplo formato de revisión entre especificaciones

TIRE SPECIFICATION FIELD CLASSIFICATIONS							
A = The plant may change from BSAM specification with local approvals only.							
C = The plant must not change from BSAM specification without ATC approval except where exception is defined.							
					Size: _____		
					Ing. Llantas: _____		
					Jefe Ing: _____		
					Fecha: _____		
ITEM	TYPE		RESTRICTIONS/EXCEPTIONS	ATC SPEC	LOCAL SPEC	RESULT	NOTE
	A	C					
GT WEIGHT		X	" \pm /- 5			0	
LEDGE WIDTH		X	EXCEPTION: Spec \pm 0.05 (1.3) SS and OSS. -Selected ledge width to be the same SS and OSS			0	
PCI RIM WIDTH		X				0	
PCI PRESSURE		X				0	
DRUM WIDTH MAGSET	X					0	
SP CHUCK DIAMETER		X	EXCEPTION: USA SPEC \pm 0.10 (2.5)			0	
IL ABRASION GAUGE		X				0	
IL ABRASION WIDTH	X					0	
IL ABRASION LENGTH	X					0	
IL ABRASION LAP	X					0	
IL GAUGE		X				0	
IL WIDTH	X					0	
IL LENGTH	X					0	
IL STEP		X	MUST BE 1.50 (38.1) OR LESS			0	
BP#1 WIDTH	X					0	
BP#2 WIDTH	X					0	
BP#3 WIDTH	X					0	
BP#1 LENGTH	X					0	
BP#2 LENGTH	X					0	
BP#3 LENGTH	X					0	
SHOULD INSERT GAUGE		X				0	
SHOULD INSERT WIDTH		X	EXCEPTION: GREATER THAN USA SPEC, -0.25 (6.4)			0	
SHOULD INSERT POS		X				0	
PROGRAM BEAD CONFIGURATION		X				0	

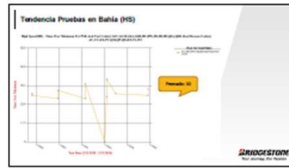
Fuente: Elaboración propia

Para la presentación, también se crea un formato de ejemplo para que los ingenieros de llantas puedan tomarlo como guía para crear las nuevas en sus proyectos y con esto facilitar las primeras interacciones con esta nueva revisión.

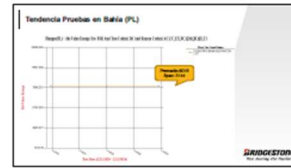
Figura 43 Ejemplo formato presentación de revisión #1



10



11



12



13



14

Fuente: Elaboración propia

Desde acá se aclara que todos estos nuevos procedimientos en esta y todas las demás mejoras quedarán plasmados, estandarizados y controlados en la práctica estándar del departamento de ingeniería de llantas, que es el documento oficial donde rigen sus procedimientos.

Para la revisión número dos, que es al final del proceso de calificación, también se establecen los criterios de revisión entre el equipo de ingeniería de llantas:

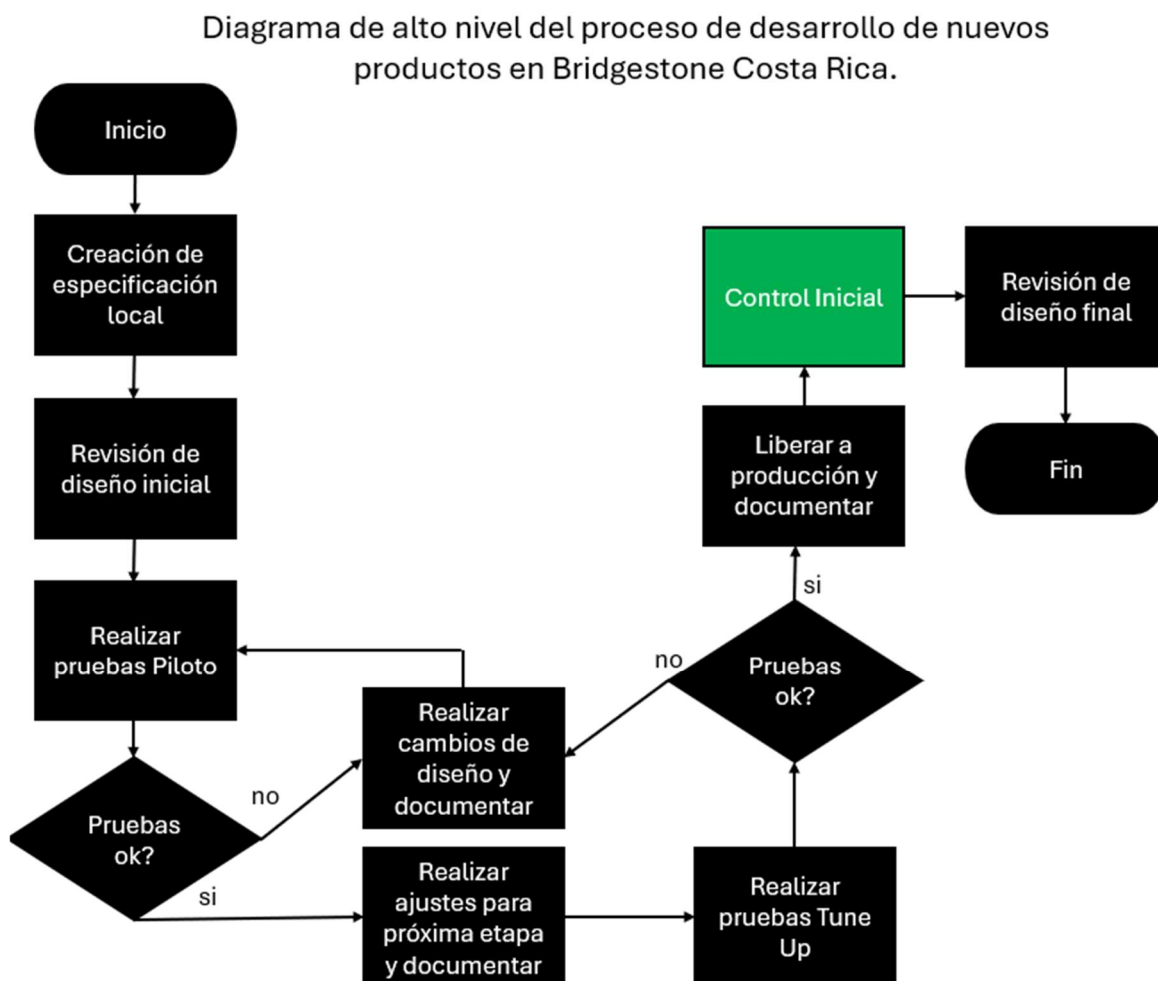
- Porcentaje de desperdicio
- Yield de uniformidad
- Balanceo
- Pruebas de laboratorio
- Cierre de comentarios de clientes
- Peso
- Especificaciones finales
- Perfiles de extruidos
- Chequeo de llanta verde
- Chequeo de llanta vulcanizada
- Corte de sección
- Cierre de solicitudes de ajuste con centro técnico
- Análisis de tendencias en laboratorio

Esta segunda revisión es dependiente de otra solución de esta misma propuesta de mejora #1 que es la de agregar un control inicial de los nuevos desarrollos en producción por un tiempo determinado. Como esta última revisión es justamente luego de esta etapa, quedan relacionados. Se ampliará más el desarrollo y ejecución de las variables a revisar en este paso, como creación de formato, responsables o flujos.

5.2.1.2 Mejora #2: Agregar un proceso adicional de control luego de su liberación a producción.

Como se mencionó en la mejora anterior, la segunda revisión que se agregó al proceso de desarrollo es dependiente de esta segunda mejora, ya que va luego de esta en el flujo. Se actualiza nuevamente el diagrama de flujo para que se pueda ver representado este control inicial.

Figura 44 Diagrama de flujo M2P1



Fuente: Elaboración propia

El objetivo de este control inicial es poder tener un monitoreo post liberación a producción regular para poder realizar ajustes rápidos en caso de impactos negativos en los indicadores principales. La idea es que estos ajustes sean mínimos si se tiene un buen diseño desde las primeras etapas. En verde, en la figura anterior se puede observar ya esta actividad incluida dentro del proceso.

Este monitoreo tiene una duración de 60 días de la medida en producción regular y se cierra esta etapa cuando se cumpla esta cantidad de días, pero también los

indicadores de calidad deben estar dentro de objetivo, si no se deben extender más días de seguimiento hasta que estos se cumplan. Los indicadores que cumplir son:

- Porcentaje de desperdicio.
- Yield de uniformidad.
- Peso.
- Pruebas de laboratorio sin tendencia negativa.

Ya Bridgestone tiene múltiples sistemas de medición de sus indicadores principales, por lo que fue sencillo que el equipo por medio de otras herramientas pueda dar este seguimiento de manera rápida y fácil. Para hacer este proceso sencillo, se crean desde este proyecto herramientas y formatos que sirvan de guía a los ingenieros en el momento de hacer este control.

Lo primero que se creó fue un archivo de punto de control donde se realizará el seguimiento de cada una de las medidas nuevas liberadas a producción. Este archivo se conecta con los sistemas de medición de Bridgestone y se logra tener una visibilidad de su comportamiento. En la siguiente figura se puede ver este centro de control que se cargó con los datos del 2024 para poder observar su funcionamiento y también fue utilizado en la fase de análisis.

Tabla 18 Ejemplo de centro de control con proyectos 2024

			Objetivos	2,67%	0,40%	1,12%	1,15%	93,00%		
			Resultados Promedio	1,80%	0,69%	0,64%	0,56%	85,82%		
#	Nombre	LV	Medida	VOR	Scrap	Pulido	Retrabajo	Uniformidad	Días de Producción	Observaciones
1	DIOS	10750	LT265/75R16 TRANSFORCE AT2	-1,66%	0,76%	0,60%	0,30%	91,52%	182	
2	KYLA	10729	245/75R16 DESTINATION LE3	3,68%	0,65%	1,87%	1,17%	86,83%	154	Entra 9/Set. Revisión general
3	SPAK	10778	195/65R15 WEATHERGRIP	0,69%	0,13%	0,36%	0,20%	86,69%	141	En producción en setiembre / Uniformidad
4	LAIK	10809	225/60R17 WEATHERGRIP	1,85%	0,44%	0,72%	0,68%	90,18%	129	Probar con ledge a 0.65, revisar radio de los anillos. Valorar hacer paquete
5	MAWI	10675	215/60R16 WEATHERGRIP	1,87%	0,17%	0,87%	0,83%	87,29%	116	Investigar que paso en C05B por rajadura en el hombro / Hacer paquete
6	BIBI	10714	185/55R16 ALL SEASON	0,81%	0,10%	0,23%	0,48%	91,49%	110	
7	AJAX	10683	225/75R16 DESTINATION LE3	2,65%	0,77%	1,33%	0,54%	77,88%	100	
8	BRAY	10747	215/55R16 WINTERFORCE 2	1,62%	0,27%	0,51%	0,85%	84,79%	96	Hacer paquete, uniformidad en la N7 valores conformes
9	NOHA	10856	LT275/65R18 DESTINATION XT	1,95%	0,82%	0,58%	0,55%	88,67%	89	En producción en setiembre / Uniformidad
10	EREN	10738	215/55R16 WINTERFORCE 2	1,47%	0,34%	0,60%	0,53%	85,13%	83	
11	LUIS	10754	215/50R17 WINTERFORCE 2	0,94%	0,10%	0,32%	0,42%	97,06%	76	
12	ARMU	10733	215/55R16 WEATHERGRIP	1,06%	0,20%	0,43%	0,43%	92,69%	71	
13	KOLI	10774	225/55R17 WINTERFORCE 2	0,79%	0,20%	0,26%	0,34%	89,65%	67	En producción en setiembre / Uniformidad
14	AMIN	10866	LT265/70R17 DESTINATION XT	2,68%	0,88%	0,72%	1,09%	95,46%	62	Entra en setiembre / Seguimiento scrap
15	MSI	10881	LT245/75R16 DESTINATION XT	1,66%	0,95%	0,76%	0,35%	89,55%	62	Seguimiento

Fuente: Elaboración propia

El entregable de este control será un paquete de datos que debe ser revisado y firmado por las partes interesadas, donde venga el detalle de los resultados de los

días de seguimiento, el cierre de los indicadores, pruebas de laboratorio y si se debieron realizar ajustes de diseño.

Anteriormente ya se habían definido todas las partes que debe tener esta última revisión según la mejora #1 de esta propuesta de control y seguimiento, por lo que acá se realizan los formatos estándar para dejar establecido cómo se deben trabajar estos seguimientos.

Se realizan los siguientes formatos estándar y se dejan como documentos controlados en el sistema documental de Bridgestone Costa Rica:

- Portada de revisión documental.
- Revisión general de indicadores.
- Revisión individual de indicadores y ajustes de mejora.
- Chequeo de llanta verde y vulcanizada.
- Espacio para comentarios de partes interesadas.
- Análisis de tendencias de pruebas del laboratorio.
- Lista de chequeo.

Figura 45 Ejemplo de formatos creados en control inicial



Fuente: Elaboración propia

Todo este seguimiento a las medidas luego de liberación será realizado semanalmente por un ingeniero de llantas, que será el responsable y debe ser también un ingeniero diferente al que liberó la nueva medida, esto para tener un doble chequeo de esta.

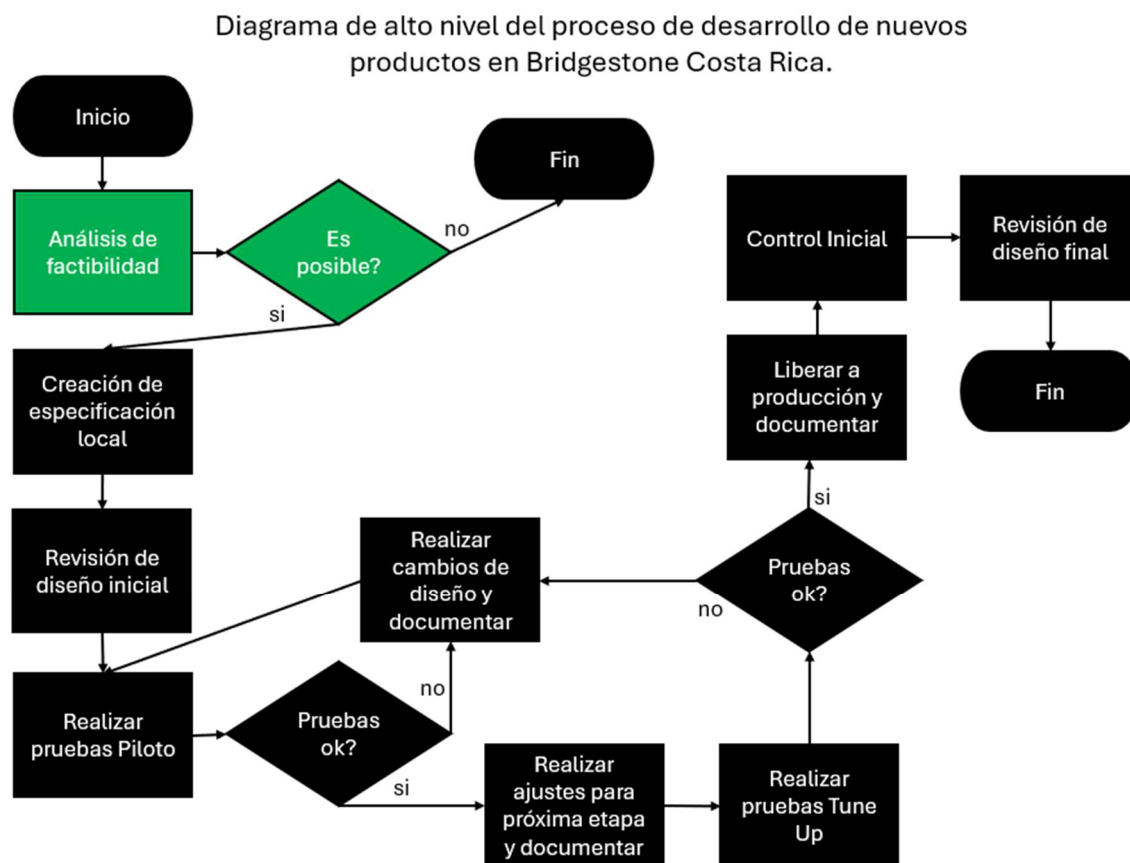
Como se vio anteriormente en la justificación de este proyecto y la alineación estratégica de los objetivos organizacionales, es de gran importancia realizar una mejora sustancial al proceso de desarrollo de nuevos productos en planta Costa Rica debido a la gran cantidad de nuevos desarrollos en años venideros y se necesita que estos sean liberados a tiempo y con la calidad necesaria con el menor impacto en los procesos productivos.

A raíz de lo anterior, para el año 2025 se aprobó una plaza nueva de un ingeniero de llantas adicional, por lo que el equipo pasará de 4 a 5 ingenieros. Este quinto será quien ejecute esta fase de control inicial.

5.2.1.3 Mejora #3: Agregar un análisis de factibilidad al proceso de desarrollo antes de iniciar la calificación.

Para la tercera mejora se actualiza nuevamente el diagrama de flujo del proceso de desarrollo de nuevos productos, ahora para incluir la etapa de análisis de factibilidad del proyecto antes de empezar a ejecutarlo. Esto es para prevenir demoras en el proceso de calificación una vez ya iniciado.

Figura 46 Diagrama de flujo M3P1



Fuente: Elaboración propia

Este proceso será ejecutado por el jefe de ingeniería de llantas, que actualmente se realiza pero no de manera estructurada ni obligatoria. Por lo que se crea un formato estándar de revisión que debe ser firmado por el jefe de área y almacenado en el expediente de cada medida.

Para realizar el formato se tomó como base todas las características definidas en la especificación de referencia creada por el centro técnico en la casa matriz y así poder asegurar que se revisan todas ellas.

Figura 47 Formato revisión de factibilidad

1.254.02.01	Estudio de Factibilidad	Referencia BSCR	¿Desde la planta realizada?	Comentario	WHEEL ZORN
General	Medida				
	Diseño				
	Cliente				
	Marca				
	Rango de velocidad				
	Rango de carga				
	Diámetro Llantavulcanizada (mm)				
	Circunferencia máxima llanta verde (mm)				
	Peso (kg)				
	Capas y Rango				
Rodado	Ancho de la llanta (D5) (mm)				
	TubeType				
	Categoría				
	Configuración Armado				
	Configuración telas				
	Hufo Rodado				
	Hufo Subrodado				
	Hufo Alieco				
	Hufo Cojin				
	Ancho de Rodado (mm)				
Sellante	Antena				
	Hufo Antena				
	Largo de Rodado (mm)				
	Hufo Sellante				
	Hufo Gomas Sellante				
	Ancho total de Sellante (mm)				
	Ancho Lámina 1 (mm)				
	Ancho Lámina 2 (mm)				
	Ancho de Goma Sellante (mm)				
	Espesor Láminas (mm)				
Telas	Espesor de Gomas (mm)				
	Largo de Sellante (mm)				
	Ancho de tela 1 (mm)				
	Colocación inserto hombro (mm)				
	Espesor inserto hombro (mm)				
	Ancho inserto hombro (mm)				
	Colocación inserto borde caja (mm)				
	Ancho inserto borde caja (mm)				
	Espesor inserto borde caja (mm)				
	Colocación inserto caja (mm)				
Pared	Ancho inserto caja (mm)				
	Espesor inserto caja (mm)				
	Ancho de tela 2 (mm)				
	Ancho de tela 3 (mm)				
	Colocación inserto BEI (mm)				
	Espesor inserto BEI (mm)				
	Ancho inserto BEI (mm)				
	Largo tela 1 (mm)				
	Largo tela 2 (mm)				
	Largo tela 3 (mm)				
Capas	Tratamiento tela				
	Hufo de tela e insertos				
	Largo de pared (mm)				
	Ancho de pared (mm)				
	Colocación Pared				
	Pared Blanca				
	Hufo Pared Blanca				
	Hufo Cover				
	Hufo Cushion				
	Hufo Pared				
Spiral	Hufo BEI				
	Hufo Goma abrasión				
	Largo capa acero 1 (mm)				
	Largo capa acero 2 (mm)				
	Ancho capa acero 1 (mm)				
	Ancho capa acero 2 (mm)				
	Tipo Alambre				
	Ancho tira de orilla (mm)				
	Espesor tira de orilla (mm)				
	Tipo tira de orilla				
Caja	Hufo tira de orilla				
	Angulo de capas (mm)				
	Hufo de capas acero				
	Configuración spiral layer				
	Ancho dibujo				
	Tela Spiral				
	GAP SPIRAL				
	Hufo Spiral				
	Alambre Aro				
	Hufo Aro				
Armado	Configuración Aro				
	Diámetro Aro (mm)				
	Hufo de filler				
	Ancho de filler (mm)				
	Compresión				
	Bead wrap				
	Diámetro Tambor Exp (mm)				
	Diámetro Tambor Colapsado (mm)				
	Diámetro de BT (in)				
	Ancho de tambor (mm)				
Vulca	Bradder IE				
	Bladder IE				
	TAM				
	Condensador				
	Tipo de molde				
	Transita en bandas y salidas de máquinas?				
	Sensidones, PCI, caritas y caretas?				
	Ancho de PCI (in)				
	Presión de PCI (PSI)				
	Equipo Spec/ Ledger/Ring Type				
IF	Ring Spacing				
	Mold Section Height				
	Cida de vulca				
	Tecnología				
	TVO				
	Bandas/inspectores				
	KOKUSAI				
	Pulidoras BB				
	Peñalora				
	Vitacap				
Lab QA	Plunger, Bead Unseat, Foot Print.				
	Velocidad y Endurance				
	FTPART LOAD				
	FTPART INFL (psi)				
	Carga en pared				
	Inflado en pared				
	Aro para pruebas				
	Firmas	Comentarios:			
	Jefe Ing:				
	Llanta:				
Gerente:					
Técnico:					

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar su evaluación, se decide si el proyecto avanza, se necesitan hacer algunas modificaciones al proceso para poder ingresar este nuevo producto o si en definitiva se debe desechar este proyecto.

5.2.1.4 Mejora #4 - Plan de actividades de mejora en el Tune Up.

En las etapas de diagnóstico se encontró que no había una revisión de resultados que generara acciones de mejora luego de la etapa de Tune Up, lo que provocaba que las diferentes nuevas medidas al estar en producción generaran problemas de calidad que se pudieron haber evitado en esta revisión que es la última antes de entrar a producción.

Lo que se realizó fue tomar el formato estándar que ya existía para revisar los resultados del Tune Up y se agregó una sección de acciones de mejora que se les debe dar seguimiento antes de que la medida entre a producción o en la nueva etapa de control inicial, esto según corresponda.

Ya con este cambio, en la revisión que ya se realiza en todas las liberaciones, se debe realizar este análisis y queda firmado por las partes interesadas.

Figura 48 Sección de acciones de mejora en Tune Up

Necesidades de Mejora/Seguimiento

<u>Mejora necesaria</u>	<u>Contramedida</u>	<u>Responsable</u>

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.5 Mejora #5-Actualizar la práctica estándar local.

Para el proceso de desarrollo de nuevos productos, Bridgestone de Costa Rica ya contaba con una práctica estándar donde se definían todas las actividades actuales y responsabilidades. No se contaba con un diagrama de flujo definido ni con todas las etapas y responsabilidades que a este momento del proyecto se han ido ingresando.

Debido a eso, se actualiza con el diagrama de flujo creado y con las etapas nuevas anteriormente mencionadas. Lo importante a aclarar aquí es que aún faltan mejoras por realizar y que seguramente necesitarán estar en la práctica estándar, por lo que esta mejora se continuará desarrollando en la sección de control documental de este proyecto.

5.3 Propuesta de mejora 2: Diseño de nuevo producto.

La segunda propuesta de mejora es en la categoría de diseño de producto según el diagrama de afinidad, donde en su mayoría las soluciones planteadas van en la parte de confección del producto y cómo se pueden crear distintas y nuevas herramientas para mejorar el proceso y eliminar brechas con respecto al modelo deseado.

Como en la propuesta de mejora anterior y como se realizará en todas las siguientes, el primer paso es realizar el cuadro de esfuerzo/beneficio para poder valorar cuantitativamente cada una de las soluciones planteadas en esta categoría y conocer cuáles se aplicarán en este proyecto.

Tabla 19 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#2

Categoría	Oportunidad de mejora	Solución propuesta	Herramienta utilizada para identificar soluciones					Beneficio (9,6,3,1)			Esfuerzo (1,3,6,9)				Total		
			Análisis brechas	FMEA	Pareto	5 Por qué?	Benchmarking	OTOS	Eficiencia	Desperdicio	Yield Uniformidad	Costo	Complejidad	Tiempo		Recursos	
Diseño de nuevo producto	Uso de herramientas para mejorar diseño.	Implementar las diferentes herramientas aprendidas en el taller entre plantas y soporte corporativo	X						9	9	6	6	3	1	3	3	40
	Sistema de simulación : Utilizas el sistema de simulación en las etapas de diseño?	Implementar el sistema de simulación disponible en Bridgestone de Costa Rica	X						3	6	1	1	3	1	1	3	19
	Porcentaje de desperdicio bajo.	Definir una herramienta para diseñar el rodado de una manera más precisa		X					3	3	9	3	9	3	6	6	42
	Diseño espesor de rodado (x2)	Definir una herramienta para diseñar la pared de una manera más precisa		X					3	3	9	3	9	3	6	6	42
	Menor cantidad de pruebas por producto liberado	Actualización de la practica estándar local según la BQ007 que es la práctica estándar corporativa						X	9	9	1	1	9	9	6	6	50
	Menor cantidad de pruebas falladas en el laboratorio.	Definir una herramienta para diseñar las capas de una manera más precisa	X		X			X	6	6	6	1	3	3	6	6	37
	Capas estabilizadoras: Tiene un gráfico tipo R cuadrado para establecer el ancho de las capas estabilizadoras tanto en verde como en curado según el diseño y construcción?																
	Revisa si el CTS y especificación de referencia tiene algún error contra el estándar ?	Crear método para comparar plano de la nueva medida contra la especificación de referencia	X						3	1	1	1	6	6	6	6	30
	Perfil de filler: Tiene estándar para dibujar forma de filler (ángulo, ancho, base, etc.) ?	Definir una herramienta para diseñar el filler de una manera más precisa	X						6	3	6	3	6	6	6	6	42
	Ceja: Tiene un estándar para definir el diámetro (diámetro, numero de capas, espesor, construcción) ?	Definir una herramienta para diseñar las cejas de una manera más precisa	X						3	3	3	3	6	3	3	3	27
	Traslapes entre terminaciones de material: Cuanto es el mínimo de traslape entre materiales (Abrasión, Tela, Filler) ? Objetivo debe ser 10mm, en perfiles bajos 5 mm	Definir una herramienta de control para el traslape entre materiales	X						6	3	3	3	6	6	6	6	39
	Ledge: Tienes un estándar para definirlo ?	Definir una herramienta para definir el ledge de los anillos de vulcanizado de una manera más precisa	X						6	6	6	3	6	6	6	6	45
	Ancho de rodado x Ancho de capa #1: Tiene un estándar de traslape mínimo entre el rodado y la capa estabilizadora #1 para cada tipo de construcción ?	Definir una herramienta de control para el traslape entre rodado y capas	X						3	3	3	3	6	3	3	3	27

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro se analizaron un total de 12 alternativas de solución para las diferentes causas encontradas en la etapa de análisis, de todas ellas 6 lograron sobrepasar la cifra de 40 puntos, que fue lo establecido para determinarla como aplicable. Las otras 6 alternativas de solución quedaron descartadas, ya sea por su bajo impacto o complejidad de aplicación.

Las 6 soluciones por trabajar en esta propuesta de mejora #2 son:

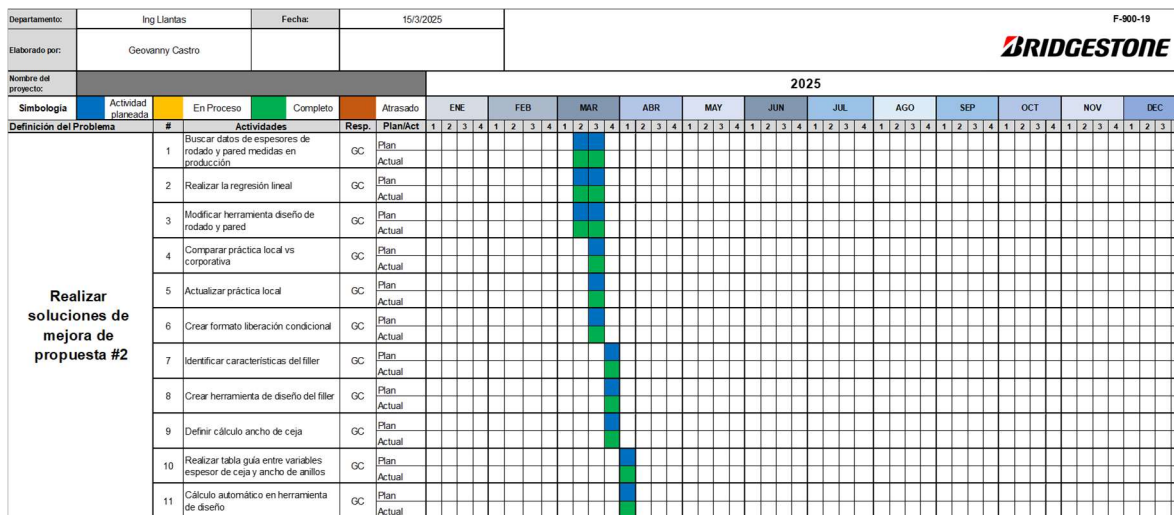
- Implementar las diferentes herramientas aprendidas en el taller entre plantas y soporte corporativo.
- Definir una herramienta para diseñar el rodado de una manera más precisa.
- Definir una herramienta para diseñar la pared de una manera más precisa.
- Actualización de la práctica estándar local según la BQ007 que es la práctica estándar corporativa.
- Definir una herramienta para diseñar el filler de una manera más precisa.
- Definir una herramienta para definir el ledge de los anillos de vulcanizado de una manera más precisa.

La solución o mejora #1 ya está en aplicación a lo largo de este proyecto, ya que luego del taller, la creación y establecimiento del proceso modelo de desarrollo de nuevos productos entre los experimentados, se realizó la autoevaluación para completar el análisis de brechas y ahora se está trabajando en cerrar las mismas. Debido a esto, no se profundiza como en las otras ya que, como se mencionó al principio de este párrafo, ya forma parte del proyecto.

5.3.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta #2.

Como en la anterior y también como se realizará en esta y en las siguientes propuestas de mejora, se realiza un GANTT para dar seguimiento y controlar las actividades.

Figura 49 GANTT de soluciones propuesta #2



Fuente: Elaboración propia

5.3.1.1 Mejora #2-Definir una herramienta para diseñar el rodado de una manera más precisa.

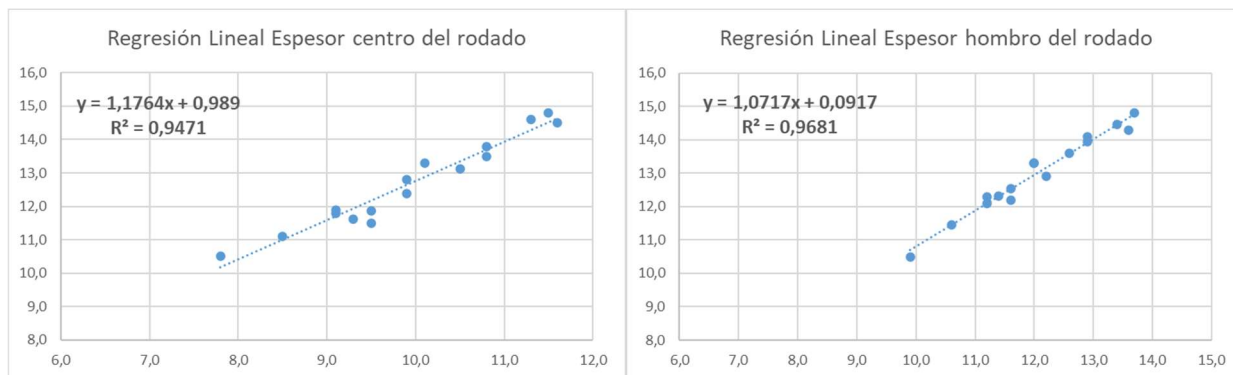
La idea de esta solución es poder crear una herramienta que logre predecir de una mejor manera el comportamiento del hule de la llanta en verde y cómo se ajusta luego de vulcanizado. Esto permitirá tener mejor acierto en los diseños iniciales, teniendo mejores resultados en las pruebas de calidad y en los niveles de desperdicio.

Se debe recordar que la causa número uno de fallas de pruebas en el laboratorio es la prueba de la huella y que en la mayoría de las veces se hacen cambios en el diseño en los espesores de rodado. Todo esto visto en la etapa de análisis.

También, el ajuste de hule ayudará en el desperdicio, ya que una de las principales causas de desperdicio es por el defecto de separaciones y que en su mayoría es por falta de hule en el diseño, esto se vio en el FMEA.

Para poder aplicar esta mejora lo primero que se realiza es tomar los datos de las medidas ya desarrolladas y que están en producción, donde se tienen los datos del espesor del rodado en verde y los que tenemos de estos mismos diseños pero ya en el producto vulcanizado, lo que nos permite realizar un ejercicio de regresión lineal para establecer una recta y predecir el valor en verde necesario para poder cumplir el valor de vulcanizado en espesores de rodado de los nuevos desarrollos.

Figura 50 Regresión lineal espesores de rodado

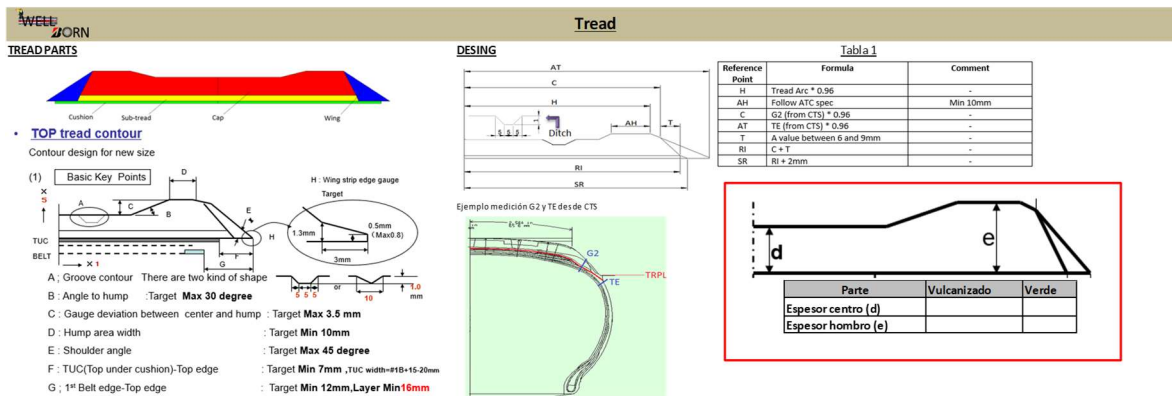


Fuente: Elaboración propia

Ya con esta recta se puede predecir de una mejor manera por el ingeniero los espesores que se deben utilizar en el diseño del rodado. Permitiendo tener mejores resultados de las pruebas en el laboratorio y el porcentaje de desperdicio.

En el formato actual de diseño de rodado que ya utilizan los ingenieros de llantas, se ingresa la fórmula de la recta lineal para que el ingeniero nada más deba ingresar el dato del espesor en vulcanizado que necesita y le va a sugerir el dato de espesor en verde a utilizar.

Figura 51 Formato diseño de rodado



Fuente: Elaboración propia

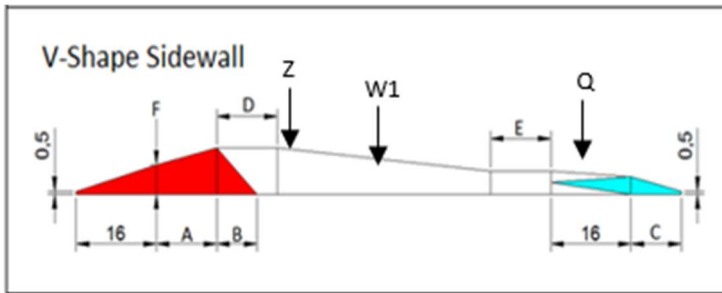
En el cuadro rojo se puede observar donde ya queda incorporado en la herramienta de diseño el pronóstico del espesor de rodado para futuros diseños.

5.3.1.2 Mejora #3-Definir una herramienta para diseñar la pared de una manera más precisa.

Para esta mejora #3 se aplica el mismo proceso de la mejora anterior, basado en datos históricos de productos ya desarrollados, se realiza un modelo predictivo que ayude en el diseño de los nuevos productos.

Esta mejora impacta de mayor manera al porcentaje de desperdicio por defecto de separaciones, por lo que es una zona de la pared en específico que afecta con falta de material. Lo que se llama el hombro de la pared es lo que afecta, y lo podemos ver señalado en la siguiente figura con un indicador representado por la letra Z.

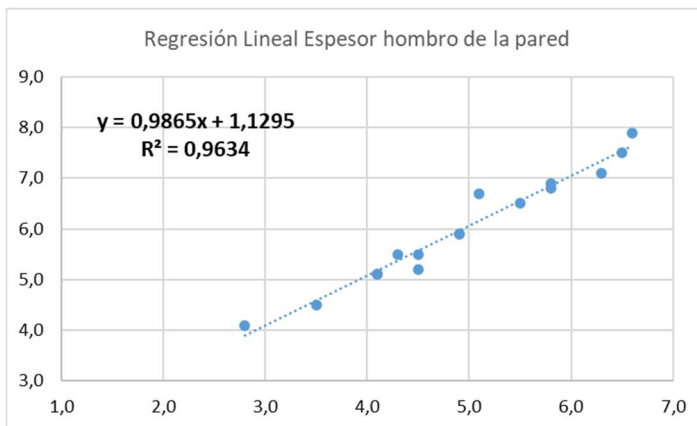
Figura 52 Zonas de la pared



Fuente: Elaboración propia

Esa parte representada con la letra Z es la que queda justamente en la zona donde las llantas se separan y se deben botar. Ahí se utilizará el modelo predictivo de los espesores que, como en el rodado, los ingenieros de llantas tengan la facilidad de poder diseñar los espesores de una manera más atinada y basada en datos históricos de productos ya en producción.

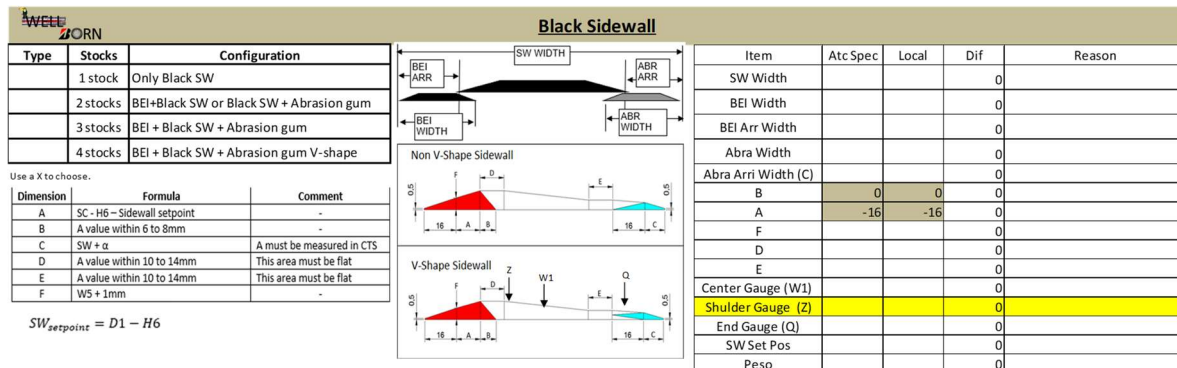
Figura 53 Regresión lineal espesores de rodado



Fuente: Elaboración propia

Ya con el modelo definido se ingresa al formato actual de cálculo y diseño de paredes en el proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica. En la siguiente figura marcado en amarillo se logra cómo quedó ingresado al formato de diseño.

Figura 54 Formato diseño de paredes



Fuente: Elaboración propia

5.3.1.3 Mejora #4-Actualización de la práctica estándar local según la BQ007 que es la práctica estándar corporativa.

Se realiza una comparativa entre la práctica estándar local y la corporativa respecto al desarrollo de nuevos productos, ya que se había encontrado en el análisis de brechas que era posible que existieran algunas desactualizaciones en la local que estuvieran afectando la cantidad de pruebas a realizar por cada desarrollo y que esto afecta directamente la eficiencia del proceso.

Efectivamente, en la comparación se encontraron varias desviaciones al proceso de desarrollo que permite a la planta reducir la cantidad de pruebas según algunas condiciones que disminuyen el riesgo de los proyectos. También se encontró una posibilidad de pasar a la siguiente etapa del proceso aun si se obtiene alguna falla en las pruebas del laboratorio, pero también deben cumplirse ciertas condiciones.

Estas diferencias se agregan a la práctica estándar local y se comunican para empezar a seguir inmediatamente. Las diferencias que se encontraron y se agregaron son las siguientes y se exponen de manera resumida:

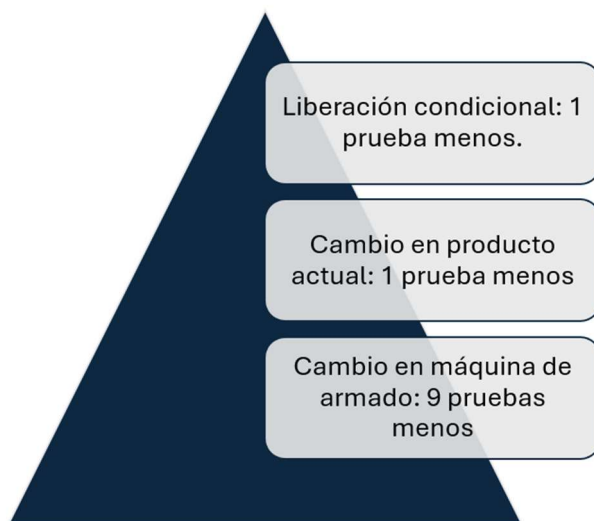
- Cuando el nuevo desarrollo ya existe en la planta pero en un diferente tipo de máquina de armado, se puede reducir la cantidad mínima de pruebas a una.
- Posibilidad de pasar a la siguiente etapa aunque se falle pruebas de laboratorio siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones.
- Si es una modificación de producto ya existente, solo se deben correr las pruebas que se vean afectadas por esta.

Además de incorporar estas diferencias, se realiza un formato para que los ingenieros tengan claras las condiciones que se deben cumplir, se junten las firmas necesarias y quede documentado. Las firmas y aprobación de los gerentes de calidad y de servicios técnicos deben quedar en los paquetes de información de los proyectos.

- La prueba con resultado negativo debe ser revisada, sin excepción, en la etapa de Tune Up y comprobado su resultado positivo antes de entrar a producción.

Con solo la implementación de estos cambios en la práctica estándar local y alineándolo con la corporativa, se obtuvieron resultados inmediatos en la disminución de la cantidad de pruebas. Solo con este cambio se evitaron 11 pruebas piloto adicionales, abajo pueden observar el motivo por el cual no se realizaron esas pruebas.

Figura 56 Resumen reducción de pruebas mejora



Fuente: Elaboración propia

Esto impacta directamente en tiempos de entrega y en el indicador de eficiencia del proceso de desarrollo que es medida por la cantidad de pruebas realizadas por la cantidad de productos liberados. Esto lo veremos en la revisión de resultados más adelante en este capítulo.

5.3.1.4 Mejora #5-Definir una herramienta para diseñar el filler de una manera más precisa.

Lo primero que se realiza acá es enlistar todas las características con las cuales cuenta esta parte de la llanta, para luego poder definir la mejor manera de calcularlas y definir las.

El filler o el relleno es un hule duro que va en la parte de la ceja de la llanta, que es la que tiene contacto con el aro del carro, por lo que es sumamente importante para la seguridad de la sujeción de la llanta con este, también para la uniformidad y el confort del cliente en la conducción.

Figura 57 Filler o relleno



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

El diseño del filler depende de otra parte de la llanta llamada el aro, el aro más el filler forman lo que se llama ceja. Por lo que es importante también definir el primero para diseñar el segundo.

Se definen las siguientes variables importantes a ingresar en la herramienta de cálculo de diseño:

- Fila mayor de alambre del aro
- Altura de base
- Ancho de base
- Ancho total del filler
- Ángulos

Ya con las variables establecidas se realiza la herramienta de cálculo donde el ingeniero puede de manera rápida tener el diseño final y con las especificaciones requeridas para una buena uniformidad, retrabajos y desperdicio. Todas estas herramientas que se van creando en este proyecto se van uniendo a las herramientas ya utilizadas en el proceso actual.

Anteriormente el ingeniero no calculaba este diseño, simplemente utilizaba el dibujo de referencia que enviaban desde el centro técnico, el cual en la mayoría de las veces no se ajusta totalmente a lo necesitado por la planta.

Figura 58 Herramienta diseño de filler

Bead Filler

CÁLCULO ANCHO DE A *Modificar solo lo amarillo*

Fila mayor de alambres: **6**

Espesor cada alambre/hule: **1.6**

Ancho de aro: **10,2**

Ejemplo fila alambres: 4

Base (B): 10,63014581

Cont.M: 10,2

Diff (tol: 0 - 1mm): 0,430145813

H: **8**

A: **7**

Bias:

49
0
90
41
139

D: **8**

C:

	5-6mm	7mm	8mm
A	6mm	7mm	8mm
H	6mm	7mm	9mm
end Config			

ANCHO TOTAL: Follow ATC spec J2987 (hard) : Cure spec-3 mm
J3997 (soft) : Cure spec

Fuente: Elaboración propia

Con esta herramienta, los ingenieros solo deben ingresar 3 datos que ya vienen en la especificación de referencia enviada por la corporación y la herramienta les dará el dibujo final y si también esos valores son adecuados a lo que se pretende o debe hacer algunos ajustes. Con esto asegurando las condiciones ideales y reduciendo el tiempo que le toma al ingeniero llegar a este resultado.

5.3.1.5 Mejora #6- Establecer una herramienta para definir el ancho de los anillos de vulcanizado de una manera más precisa.

La correcta definición del ancho de los anillos en vulcanización fue una oportunidad encontrada en el proceso actual con respecto al modelo definido. Este ancho correcto en los anillos ayuda al porcentaje de desperdicio debido a que un ancho especificado incorrectamente puede provocar problemas en la llanta, como defecto de cuerda expuesta en ceja que está entre los 5 más importantes según Pareto.

Actualmente no existe un método para definir este ancho, como en la mejora anterior, la condición actual es que simplemente se sigue lo determinado por el centro técnico, que no siempre se ajusta a la situación real de la planta.

Estos anillos son los que le dan la forma a la llanta final, y con su ancho determinan justamente el ancho final de la ceja, por lo que al no ser correcto, provoca problemas de desperdicio. En la siguiente figura se puede observar la ceja en una llanta y el anillo.

Figura 59 Ceja de la llanta y anillos de vulcanizado



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

Del lado izquierdo con el cuadro rojo se puede observar la ceja de la llanta y del lado derecho también en un cuadro rojo, la zona del anillo que le da forma a esa ceja. Como se mencionó anteriormente, en caso de diseño equivocado, da un

problema de calidad llamado ampolla en ceja o cuerda en ceja, el primero se ilustra en la siguiente figura.

Figura 60 Defecto ampolla en ceja



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

Este flujo incorrecto en esa parte de la llanta hace que las mismas deban ser desechadas y evidentemente provoca altos costos por desperdicio, pérdidas de productividad y retrasos en entregas.

Lo primero para poder definir adecuadamente es conocer la variable clave, la cual es el grosor de la ceja en llanta verde, con este espesor se puede calcular el ancho del anillo. Las partes que dan este grosor de ceja son:

- Cantidad de telas de la llanta
- Espesor de la tela
- Configuración del aro.
- Espesor de goma de abrasión

Luego de saber estas variables, para la creación de la herramienta de diseño, se realiza una tabla identificando todas estas variables a las llantas ya liberadas a producción y que no presentan problemas de ampollas o cuerdas. Con esta tabla de relación, según la configuración de ceja, se puede identificar rápidamente cuál ancho de anillos se debe usar según el grosor de ceja, esto ya basado en llantas comprobadas en producción.

Tabla 20 Tabla de configuración de ceja

Medida	Diseño	Espesor goma	Cantidad telas	Tipo tela	Espesor tela	Configuración aro	Tipo prensa	Ledge TESS
235/45R18	WEATHERGRIP	1,65	1	TL8249	1,1176	4-5-4.	GAS	0,75
235/65R18	WEATHERGRIP	1,65	1	TL6394	1,4	4-5-4.	GAS	0,65
195R15C	CV5000	1,8	2	TL6394	1,4	4-5-4-3	GAS	0,8
P235/65R17	DESTINATION A/T2	1,65	1	TL6394	1,4	4-5-4.	GAS	0,65
215/70R16	WEATHERGRIP	1,65	1	TL8249	1,1176	4-5-4-3	GAS	0,55
P255/75R17	DESTINATION A/T2	1,65	2	TL6394	1,4	4-5-4-3	GAS	0,75
205/65R15C	WINTERFORCE CV	1,8	2	TL5703	1,35	4-5-6-5	GAS	0,75
205/65R15C	TRANSFORCE CV	1,8	2	TL5703	1,35	4-5-6-5	GAS	0,75
225/65R17	WINTERFORCE 2 UV	1,65	2	TL8249	1,1176	4-5-4.	GAS	0,7
P235/70R16	WINTERFORCE 2 UV	1,65	2	TL8249	1,1176	4-5-6-5	GAS	0,75
195/75R16C	WINTERFORCE CV	1,8	2	TL5703	1,35	4-5-6-5	GAS	0,75
195/75R16C	TRANSFORCE CV	1,8	2	TL5703	1,35	4-5-6-5	GAS	0,75
P235/70R16	FUZION A/T	1,65	2	TL8249	1,1176	4-5-6-5	GAS	0,7
215/60R17	ALL SEASON	1,8	1	TL5703	1,35	4-5-4.	GAS	0,7
225/45R18	WEATHERGRIP	1,65	2	TL6394	1,4	4-5-4.	GAS	0,8
175/70R14	F-600	1,8	1	TL5703	1,35	3-4-2.	GAS	0,6

Fuente: Elaboración propia

Para mayor facilidad, se ingresa un cálculo a la herramienta actual de diseño donde los ingenieros solo deben ingresar las características de la nueva llanta a desarrollar y automáticamente, basado en los históricos, le entrega el ancho de los anillos de vulcanizado.

Figura 61 Herramienta diseño ancho de anillos de vulcanización



Fuente: Elaboración propia

Con esta herramienta basada en los datos históricos de los productos ya en producción, se puede de una manera rápida y precisa pronosticar cuál debe ser el ancho de anillo para cada llanta según sus especificaciones. Reduciendo tiempos de diseño, problemas de desperdicio y demoras en las entregas.

5.4 Propuesta de mejora 3: Armado de pruebas.

Gracias al análisis de brechas, también se identificaron varias oportunidades de mejora en la etapa del armado de las pruebas que pueden afectar los indicadores principales como tiempos de entrega, desperdicio, eficiencia y uniformidad. Acá veremos mejoras enfocadas a las actividades que se realizan ya luego de terminada la etapa de diseño y se deben armar o construir las primeras pruebas piloto.

Se realiza el análisis beneficio/esfuerzo de las oportunidades identificadas para esta etapa y se evalúa cuáles son aplicables para alinear con los objetivos de este proyecto.

Tabla 21 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#3

Categoría	Oportunidad de mejora	Solución propuesta	Herramienta utilizada para identificar soluciones					Beneficio (9,6,3,1)				Esfuerzo (1,3,6,9)				Total
			Análisis brechas	FMEA	Pareto	5 Por qué?	Benchmarking	OTOS	Eficiencia	Desperdicio	Yield Uniformidad	Costo	Complejidad	Tiempo	Recursos	
Armado de pruebas	Después de definir los parámetros y crearlos, tienes algún análisis adicional para evaluarlos antes de ir a la primera prueba?	Mejorar el proceso de revisar los parámetros de máquina para primera prueba	X					1	3	3	3	6	3	3	3	25
	Estichado: Existe un estándar para establecer los parámetros de estichado de primera y segunda etapa?	Mejorar el proceso para definir los parámetros de estichado	X					1	3	3	1	6	3	3	3	23
	Diagrama de flujo: Tienes un diagrama de flujo o práctica estándar donde define cómo armar y vulcanizar las pruebas ?	Definir diagrama de flujo para armado y vulcanizado de pruebas	X					6	9	3	3	6	6	3	6	42
	Tiene un procedimiento local para la creación de la especificación del desarrollo ?	Crear un procedimiento local para la creación de especificación	X					6	9	6	3	6	6	3	6	45
	Uso de papel cuadriculado: Usa esta técnica en rodado y pared ?	Utilizar la técnica del papel cuadriculado	X					3	3	9	6	6	3	6	6	42
	Llanta verde: Existe un chequeo de apariencia de llanta verde ?	Estandarizar un chequeo de llanta verde	X					3	3	9	9	9	6	6	6	51

Fuente: Elaboración propia

Se analizaron 6 soluciones de mejora, de las cuales 4 pasan el límite de los 40 puntos entre beneficio y esfuerzo; las cuatro soluciones a implementar son:

- Definir diagrama de flujo para armado y vulcanizado de pruebas.
- Crear un procedimiento local para la creación de especificación.
- Utilizar la técnica del papel cuadriculado.
- Estandarizar un chequeo de llanta verde.

5.4.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta #3.

Se crea un GANTT para poder dar seguimiento y control a las actividades necesarias para realizar en estas propuestas de mejora.

Figura 62 GANTT de soluciones propuesta #3

Departamento:	Ing Llantas	Fecha:	1/4/2025	F-900-19																																															
Elaborado por:	Geovanny Castro																																																		
Nombre del proyecto:																																																2025			
Simbología	Actividad planificada	En Proceso	Completo	Atrasado	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC																																			
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Realizar soluciones de mejora de propuesta #3	1	Mapeo del proceso de armado y vulcanizado de pruebas	GC	Plan Actual																																															
	2	Creación del diagrama de flujo	GC	Plan Actual																																															
	3	Creación de procedimiento para realizar una nueva especificación	GC	Plan Actual																																															
	4	Compra de papel cuadriculado	GC	Plan Actual																																															
	5	Creación procedimiento de uso de papel cuadriculado	GC	Plan Actual																																															
	6	Entrenamiento y práctica uso del papel cuadriculado	GC	Plan Actual																																															
	7	Definición de puntos importantes de la llanta verde	GC	Plan Actual																																															
	8	Creación de formato estándar de revisión de llanta verde	GC	Plan Actual																																															

Fuente: Elaboración propia

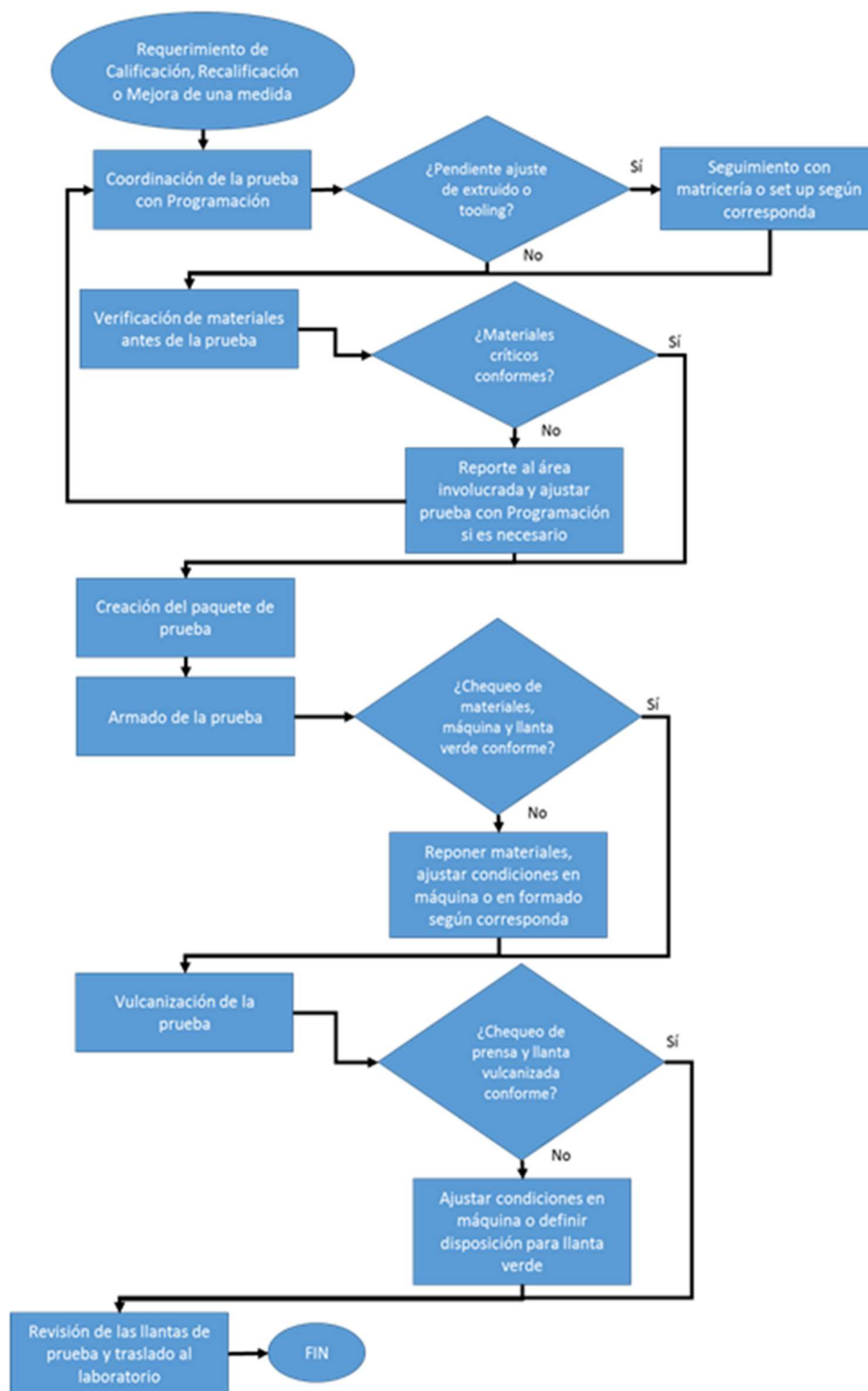
5.4.1.1 Mejora #1- Definir diagrama de flujo para armado y vulcanizado de pruebas.

Se realiza una reunión con el equipo de ingenieros de llantas y también se realizan acompañamientos durante el armado y vulcanizado de pruebas para entender el

proceso y poder mapearlo. Creando con esto el diagrama de flujo de esta etapa del proceso y todas sus actividades.

Este flujo es agregado a la práctica estándar local para que pueda ser controlado y entrenado en el futuro.

Figura 63 Diagrama de flujo armado y vulcanizado de prueba



Fuente: Elaboración propia

5.4.1.2 Mejora #2- Crear un procedimiento local para la creación de especificación.

De la misma manera que se creó el diagrama de flujo anterior, se aprovecha para establecer un procedimiento local donde se define el paso a paso de cómo se debe crear una especificación local, ya que esto no estaba definido actualmente.

Esto permite a los ingenieros poder tener claro el procedimiento, evitar errores y mejorar tiempos del proceso.

Se crea un documento de 53 páginas que queda ingresado en el sistema de gestión de documentos de Bridgestone de Costa Rica para su control y queda también dentro del plan de entrenamiento para los futuros ingenieros de llantas.

Figura 64 Ejemplo documento procedimiento de creación de especificación

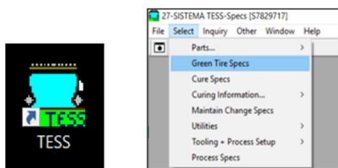
CREACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN TESS.

SECCIÓN II

Llanta Verde

Procedimiento, para la elaboración de una nueva especificación con respecto a todo lo que de armado se refiera

El ingeniero de llantas Técnico deberá ingresar al sistema TESS, marcar Select / Green Tire Spec



El Ingeniero de llantas Técnico haciendo uso del sistema TESS, deberá crear una nueva especificación, está en primera estancia será de tipo experimental, el número de especificación corresponderá al último que fuera creado más uno, esto para que no se pierda la secuencia del consecutivo. También deberá ir completando la calculadora con los datos de la nueva especificación

Fuente: Elaboración propia

5.4.1.3 Mejora #3- Utilizar la técnica del papel cuadriculado.

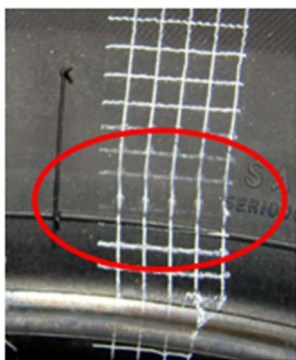
La técnica del papel cuadriculado es utilizada para poder verificar el flujo de hule en el proceso de vulcanización, como se ha revisado anteriormente, un mal flujo de hule puede provocar defectos en las llantas que incrementan los niveles de desperdicio.

Esta técnica, según se aprendió en el benchmarking, ya es comprobada y utilizada en otras plantas, teniendo buenos resultados, por lo que se toma como una buena práctica y se intenta trasladar al proceso local.

Lo primero que se realiza luego del benchmarking es crear una instrucción de trabajo local donde se define el procedimiento para poder aplicar esta técnica. Ya con el procedimiento establecido, se realiza el entrenamiento y la práctica con los ingenieros de llantas.

La instrucción de trabajo quedó en el sistema de gestión de control documental y en el plan de entrenamiento de ingeniero de llantas. También se tuvo que comprar este papel cuadriculado especial para poder aplicar.

Figura 65 Ejemplo papel cuadriculado



Fuente: Elaboración propia

Para explicar un poco más esta técnica, esta consiste en colocar un papel cuadriculado sobre la llanta antes de vulcanizarla; estos cuadros tienen 1 centímetro

por 1 centímetro de tamaño. Luego de vulcanizada, lo que se hace es verificar el tamaño de estos cuadros, no deberían variar más de un centímetro, donde se reduce significa que el hule se mueve a esa zona, por lo que falta material y donde crece es porque el hule se va de esa zona, por lo que sobra material.

Con esto se puede verificar si la cantidad de hule alrededor de la llanta es suficiente y está bien distribuida.

5.4.1.4 Mejora #4- Estandarizar un chequeo de llanta verde.

Otra oportunidad del proceso actual de desarrollo de nuevos productos es que no existía un proceso formal de revisión de la llanta verde en sus fases piloto, lo que no ayuda a identificar oportunidades de mejora que pueden ser ajustadas antes de fases más avanzadas y así evitar problemas de no cumplimiento de calidad o demoras en entregas.

Debido a esto se crea un formato estándar y controlado de revisión de llanta verde donde el ingeniero debe realizarlo y entregarlo con toda la documentación oficial después de cada prueba donde debe ser también revisado por las partes interesadas que ya en el proceso actual revisan esta documentación.

Con esto se asegura de que este proceso sea ejecutado y la llanta verde revisada no solo por el ingeniero a cargo del proyecto, sino también por las partes interesadas que también pueden generar puntos de vista importantes para ajustes de diseño de la llanta.

Mediante una reunión con las partes interesadas, se definen los puntos estándar que deben ser revisados en la llanta verde. Estos puntos son los de mayor cuidado y que tienen alta probabilidad de dar problemas de calidad al no ser diseñados de manera correcta.

Los puntos son:

- Contorno de hombros
- Estado de paredes
- Marcado interno de cejas
- Colocación de insertos
- Traslape pared y sellante
- Terminación de pared
- Estado del rodado

Ya con esto definido se genera el formato de revisión de llanta verde estándar para la planta de Costa Rica.

Figura 66 Ejemplo formato revisión de llanta verde



Fuente: Elaboración propia

5.5 Propuesta de mejora 4: Uniformidad.

La propuesta de mejora número 4 según el diagrama de afinidad se basa en la uniformidad. La uniformidad, como se vio anteriormente, tiene un indicador importante que es el llamado yield de uniformidad, el cual no se logró cumplir en el 2024.

La uniformidad en una llanta es crucial porque garantiza seguridad, confort y durabilidad al conducir. Una llanta uniforme evita vibraciones, mejora la estabilidad del vehículo y reduce el desgaste irregular, lo que se traduce en mayor eficiencia y menor riesgo de accidentes.

En esta propuesta de mejora se tienen 2 posibles soluciones que fueron analizadas en el cuadro de beneficio/enfuerzo y las dos pasaron el límite de los 40 puntos, por lo que las dos serán realizadas dentro del proyecto.

En la siguiente figura se puede observar el análisis de beneficio-esfuerzo de las soluciones identificadas.

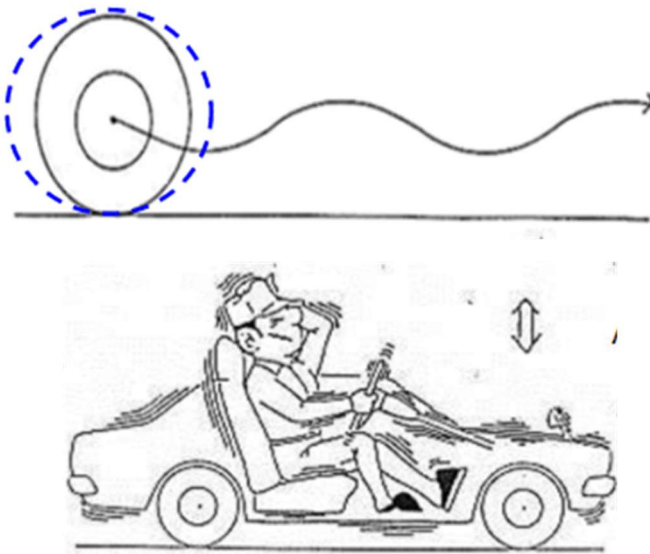
Tabla 22 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#4

Categoría	Oportunidad de mejora	Solución propuesta	Herramienta utilizada para identificar soluciones					Beneficio (9,6,3,1)				Esfuerzo (1,3,6,9)				Total
			Análisis brechas	FMEA	Pareto	5 Por qué?	Benchmarking	OTOS	Eficiencia	Desperdicio	Yield Uniformidad	Costo	Complejidad	Tiempo	Recursos	
Uniformidad	"Yield" de uniformidad alto.	Definir los spots de materiales estándar desde el proceso de calificación		X			X	3	3	9	9	6	3	3	6	42
	Definición spots de materiales.															
	Información de uniformidad: Se revisan los datos de uniformidad obtenidos?	Incluir de manera profunda la información de los resultados de uniformidad en el proceso de calificación	X					6	3	6	9	6	6	3	6	45

Fuente: Elaboración propia

Para entenderlo de una manera más sencilla, si la llanta no cumple la uniformidad, es como si no estuviera lo suficientemente redonda, por lo que al girar provocaría movimientos indeseados al cliente, como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 68 Movimientos radiales en automóvil



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

Lo que se realiza en esta mejora es agregar el chequeo de spots de materiales al formato que ya existe actualmente que es donde el ingeniero revisa todos los materiales que utiliza para armar la prueba y que es revisado por este y por las partes interesadas en los paquetes documentales, asegurando con esto la adecuada revisión de las uniones de los materiales.

Este paso ya está dentro del proceso de armado de la prueba, como se puede ver en el diagrama de flujo creado en este proyecto, lo diferente es que además de los materiales se deben revisar los spots, esto se realiza con una inspección visual de

la llanta verde y se ajusta en caso de no seguir los estándares ya definidos por el departamento de uniformidad.

Figura 69 Formato revisión de spots de materiales

Segunda Etapa					
Ingeniero:					
Fecha:			Máquina:		
Cód Prueba Técnica:			Operador:		
0		SPEC	REAL		CÁLCULOS
			Pto. 1	Pto. 2	Promedio
BT	Diam BT				
Capa Estabilizadores	Ancho CE1				
	Centrado				
	Espesor CE1				
	Ángulo CE1				
	Tira de Orilla	izq der			
	Ancho CE2				
	Centrado				
	Espesor CE2				
Full-cap	Ángulo CE2				
	Ancho				
Rodado	Ancho hombro				
	Ancho total				
	Largo				
	Centrado				
LVE	Peso				
	Circunferencia				

RODADO 0°
PARED 0°

2da TELA
1er TELA
SELLANTE

PARED 0°

1er TELA 215°
SELLANTE 135°

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro rojo se puede ver la parte que se agregó para poder completar la revisión de los spots. El ingeniero solo debe revisar la llanta verde y confirmar que se ajusta al estándar de distribución de materiales según aplica. Esto no tiene ningún tipo de entrenamiento porque esto ya se hace, pero en producción regular, la idea es hacerlo antes para evitar ajustes luego.

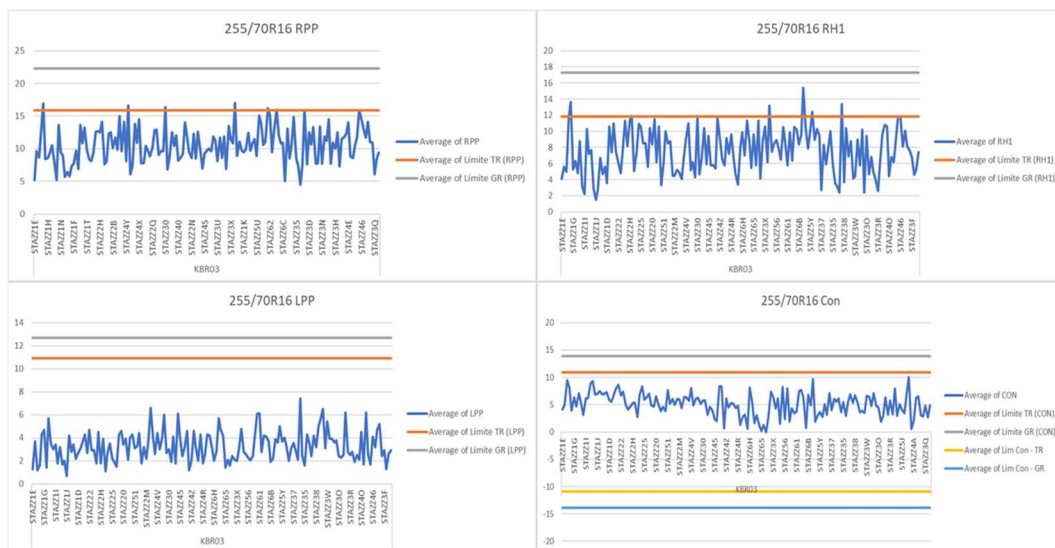
5.5.1.2 Mejora #2- Incluir de manera profunda la información de los resultados de uniformidad en el proceso de calificación.

Además de no revisar los spots de materiales en las pruebas piloto antes de la liberación de las primeras medidas, también en el diagnóstico se encontró que no se les daba el debido seguimiento e importancia a los resultados de uniformidad dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos.

Por lo que al paso en el proceso de documentar los resultados de las etapas y que los mismos son revisados por las partes interesadas, se agregan que de manera obligatoria, el ingeniero de llantas a cargo del proyecto debe incluir además de los resultados del yield de uniformidad que ya estaba agregando, los gráficos de las fuerzas que se miden dentro del yield, que son las laterales y las radiales.

Con estos gráficos se permite un análisis más profundo de los datos y su comportamiento para establecer contramedidas desde las fases de diseño y evitar resultados no conformes en producción regular.

Figura 70 Ejemplo inclusión de gráficos uniformidad



Fuente: Elaboración propia

Este cambio, como el anterior, no requiere ningún entrenamiento en el equipo de ingeniería, ya que actualmente ya tienen acceso a las aplicaciones para esta información y saben cómo se analiza, nada más que se hacía solamente en producción regular y no en las etapas de desarrollo.

5.6 Propuesta de mejora 5: Proceso de vulcanizado.

Las siguientes propuestas de solución al proceso de desarrollo de nuevos productos se centran en la etapa del vulcanizado de pruebas, que es luego del armado de las llantas y hasta que las mismas son llevadas al laboratorio para sus respectivos y mandatorios análisis.

Se analizan las 4 propuestas de solución en el cuadro beneficio/esfuerzo y solamente 2 sobrepasan los 40 puntos, que serán las que serán aplicadas en este proyecto.

Las soluciones que se aplicarán son las siguientes:

- Crear un procedimiento de seguimiento para la mejora de los tiempos de espera para vulcanizar pruebas.
- Hoja de chequeo para comprobar exceso de rebabas en llantas vulcanizadas de pruebas.

En la siguiente figura se puede observar el cuadro de beneficio/esfuerzo.

Tabla 23 Cuadro Beneficio/Esfuerzo propuesta#5

Categoría	Oportunidad de mejora	Solución propuesta	Herramienta utilizada para identificar soluciones					Beneficio (9,6,3,1)				Esfuerzo (1,3,6,9)				Total	
			Análisis brechas	FMEA	Pareto	5 Por qué?	Benchmarking	OTOS	Eficiencia	Desperdicio	Yield Uniformidad	Costo	Complejidad	Tiempo	Recursos		
Proceso de vulcanizado	Indicador definido para seguimiento al tiempo de demora entre etapas.	Crear un procedimiento de seguimiento para la mejora de los tiempos de espera para vulcanizar pruebas															
	Tiempos establecidos para vulcanizado de pruebas en plan de producción.					X		9	6	1	1	6	6	6	6	6	41
	Canal de comunicación oficial entre los departamentos.																
	Reporte de prueba: Tienes una hoja de chequeo de condiciones de vulcanizado? (PCI, receta, tiempo de cerrado, etc.)	Crear hoja de chequeo para prensa al vulcanizar pruebas	X					6	3	3	3	6	9	3	6	39	
	Ventilado de molde: Se evalúa el número y posición de ventilas en el molde?	Crear un procedimiento de revisión de ventilas en molde	X					3	3	3	3	9	6	6	6	39	
Rebabas: Tiene una hoja de chequeo para analizar si la llanta nueva presenta rebabas ?	Hoja de chequeo en llantas vulcanizadas de pruebas	X					3	3	6	6	6	6	6	6	42		

Fuente: Elaboración propia

5.6.1 Implementación de soluciones de mejora propuesta #5.

Se crea un GANTT para poder dar seguimiento y control a las actividades necesarias para realizar en estas propuestas de mejora.

Figura 71 GANTT de soluciones propuesta #5

Departamento:	Ing Llantas		Fecha:	1/4/2025		F-800-19																																															
Elaborado por:	Geovanny Castro		BRIDGESTONE																																																		
Nombre del proyecto:													2025																																								
Simbología	Actividad planificada	En Proceso	Completo	Atrasado		ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DEC			
Definición del Problema	#	Actividades			Resp.	Plan	Act	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Realizar soluciones de mejora de propuesta #5	1	Crear diagrama de flujo vulcanizado de llantas de prueba			GC	Plan	Actual																																														
	2	Actualizar práctica estándar de desarrollo de nuevos productos			GC	Plan	Actual																																														
	3	Definir indicador de tiempos de espera antes de vulcanizar			GC	Plan	Actual																																														
	4	Crear formato de revisión de llanta vulcanizada			GC	Plan	Actual																																														

Fuente: Elaboración propia

5.6.1.1 Mejora #1- Crear un procedimiento de seguimiento para la mejora de los tiempos de espera para vulcanizar pruebas.

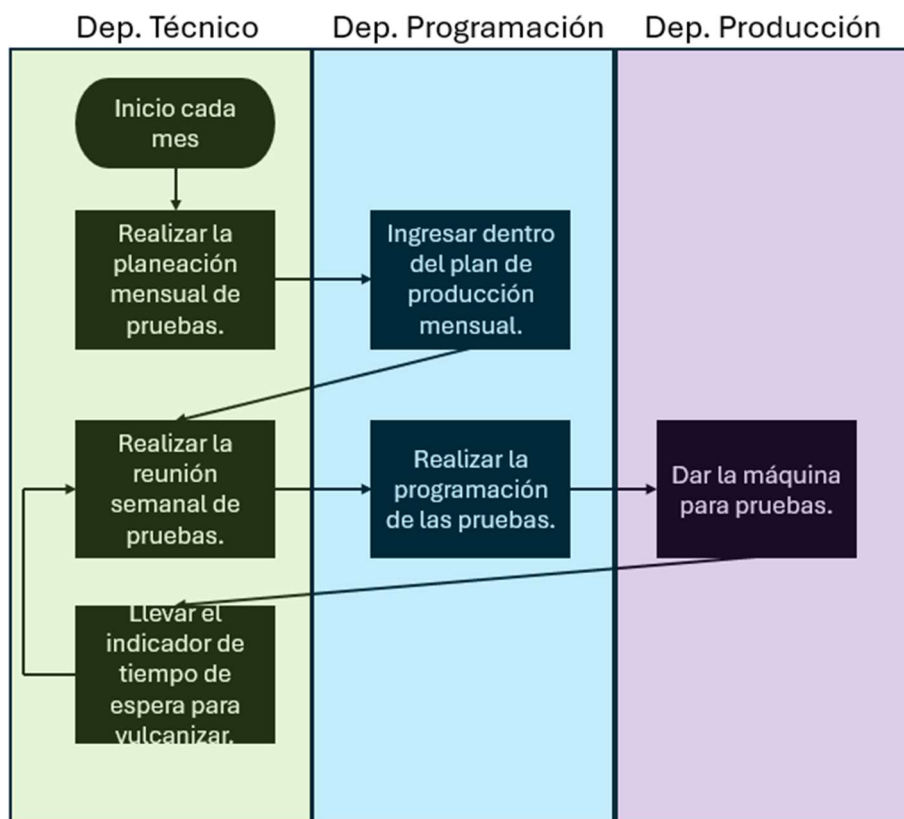
La segunda causa de demoras en el proceso de desarrollo de productos es la espera que están teniendo las llantas luego de armadas para poder ser vulcanizadas, según se revisó en el capítulo 4, se está teniendo un promedio de espera de 10 días, lo que está afectando sin lugar a duda la entrega de los nuevos desarrollos.

Luego del análisis, también en el capítulo 4, se encontró que no existe un proceso definido de seguimiento para esta variable donde se controle con un indicador definido de esta espera, se anticipe las necesidades de los desarrollos antes de crear los planes de producción mensuales y sin un canal de comunicación definido entre los departamentos protagonistas.

Lo primero que se realiza es un diagrama de flujo por departamento protagonista para poder identificar las responsabilidades de cada uno. Acá ya se puede observar

las 3 cosas importantes, el responsable del indicador, el canal de comunicación y planeación mensual anticipada.

Figura 72 Diagrama de flujo control de pruebas



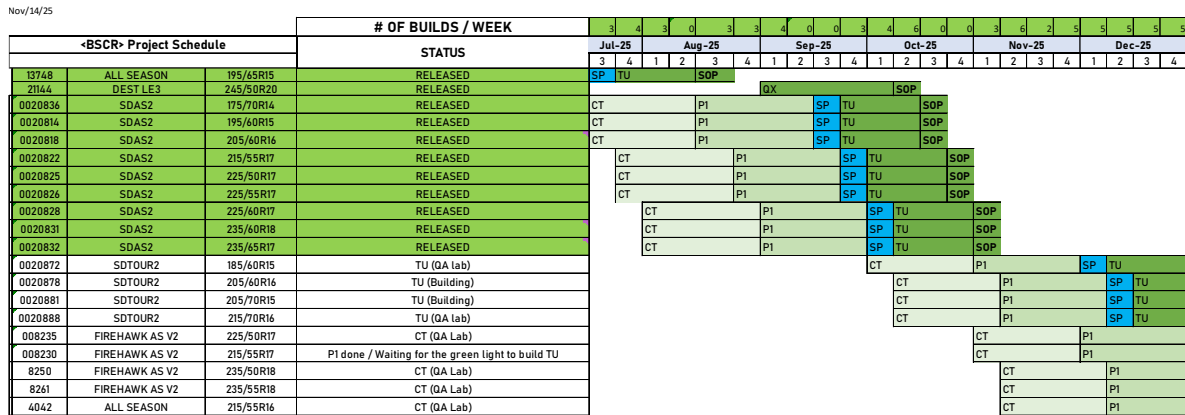
Fuente: Elaboración propia

Ya con esto definido, se ingresa este proceso dentro de la práctica estándar del desarrollo de producto para que se oficialice y pueda ser controlado y mantenido en el tiempo.

La reunión de pruebas no es algo nuevo, ya la misma existía, lo nuevo es que se llevará la comunicación y el control del indicador de espera entre llanta armada antes de ser vulcanizada en este mismo canal de comunicación, acá asisten las partes protagonistas.

La planeación mensual de pruebas también ya se realizaba, ahora es que se establece el plan de comunicación para que pueda ser incluido en el plan de producción mensual el espacio de máquina para pruebas.

Figura 73 Ejemplo plan mensual de pruebas



Fuente: Elaboración propia

El indicador que se llevará es la diferencia en días entre la fecha en que se arman las llantas de prueba y la fecha en que las mismas se vulcanizan, eso nos dará una cantidad de días que no debe ser mayor a 5 días, ya que esto es lo planeado dentro del proceso estándar de calificación.

Figura 74 Indicador espera para vulcanizar pruebas

$$\text{Espera de vulcanizado} = \text{Fecha vulcanizado} - \text{Fecha armado}$$

Fuente: Elaboración propia

5.6.1.2 Mejora #2- Hoja de chequeo en llantas vulcanizadas de pruebas.

En el análisis de brechas se encontró que no se tenía un chequeo de llanta verde, como se amplió en la propuesta de mejora 3, que se ubica en la parte del armado de las llantas de prueba. Pero, también se detectó que tampoco existía en el proceso actual, una actividad oficial de chequeo de llanta luego de vulcanizada, que de igual manera que el chequeo anterior, ayuda a evitar muchos ajustes o retrabajos de las llantas en producción regular.

De la misma manera que la anterior, se realiza una reunión con los ingenieros de llantas para definir las partes importantes para revisar en la llanta vulcanizada, estas partes por experiencia de este equipo son las que pueden prevenir futuros problemas de calidad.

Los puntos importantes que revisar son:

- Estado del rodado
- Estado de paredes
- Estado de hombro
- Estado de paredes internas
- Estado de rebabas
- Colocación de códigos de barras.

Este chequeo ya queda como obligatorio dentro del paquete documental que revisan y aprueban las partes interesadas luego de cada etapa. Con esto se asegura de que se realice este chequeo y los ajustes necesarios.

Figura 75 Ejemplo chequeo de llanta vulcanizada



Fuente: Elaboración propia

5.7 Resultados de indicadores.

Luego de aplicadas las diferentes soluciones, se debe evaluar su impacto en los diferentes indicadores para comprobar su efecto positivo, sobre todo el OTOS, que es el objetivo principal de este proyecto.

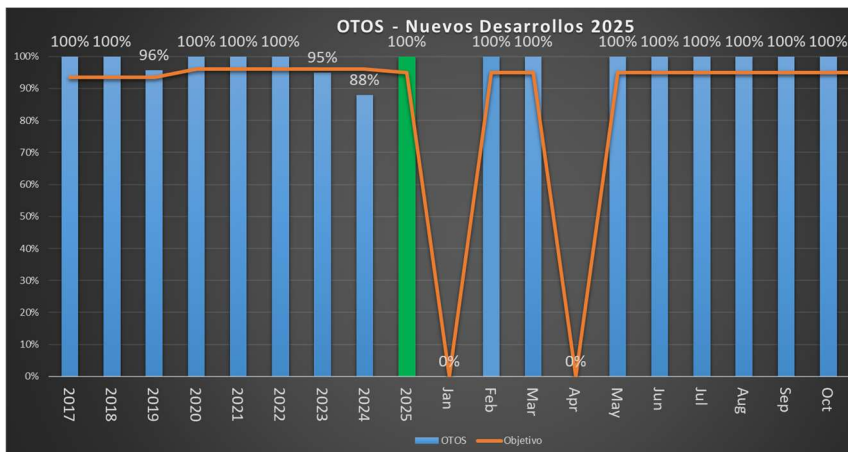
Todos los indicadores que se revisarán en esta sección estarán actualizados al cierre del mes de octubre de 2025, lo que da una buena muestra de periodo de evaluación de los cambios aplicados.

5.7.1 OTOS.

Para el cierre de octubre de 2025 se tiene un cumplimiento del 100% en el indicador de OTOS, superando lo planteado en este proyecto que era estar al menos por encima del 95% y mejorando el año anterior que cerró en un 88%.

De 32 nuevos proyectos, todos fueron entregados en la fecha solicitada por el cliente.

Figura 76 Resultado indicador OTOS

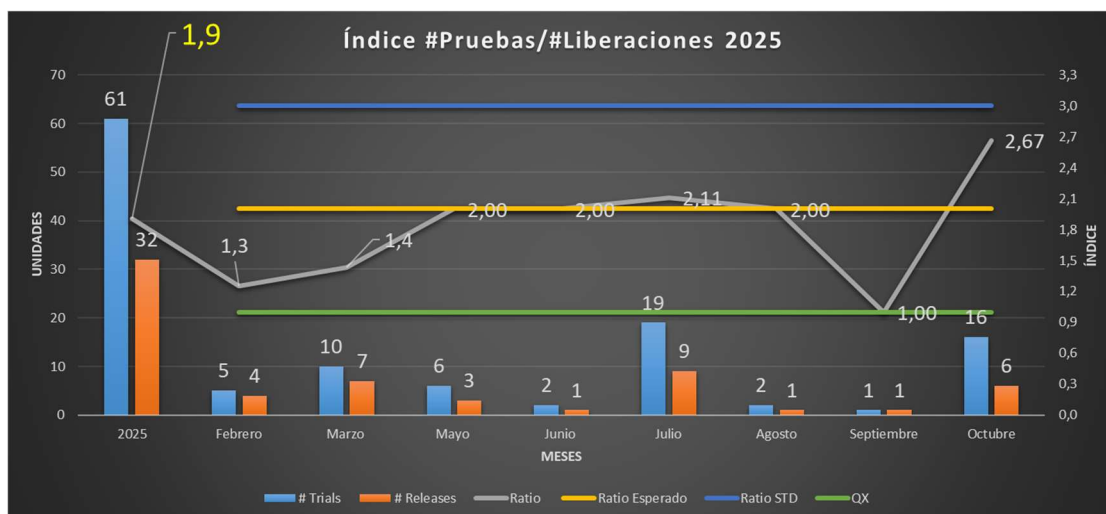


Fuente: Elaboración propia

5.7.2 Índice de cantidad de pruebas x liberación.

En el indicador de cantidad de pruebas por producto liberado, que mide directamente la eficiencia del proceso de desarrollo, se está obteniendo un índice de 1,9 pruebas necesarias por desarrollo, mejorando el 2,26 del 2024. Esto refleja que con los cambios de este proyecto el proceso es más eficiente.

Figura 77 Resultado índice de cantidad de pruebas por liberación



Fuente: Elaboración propia

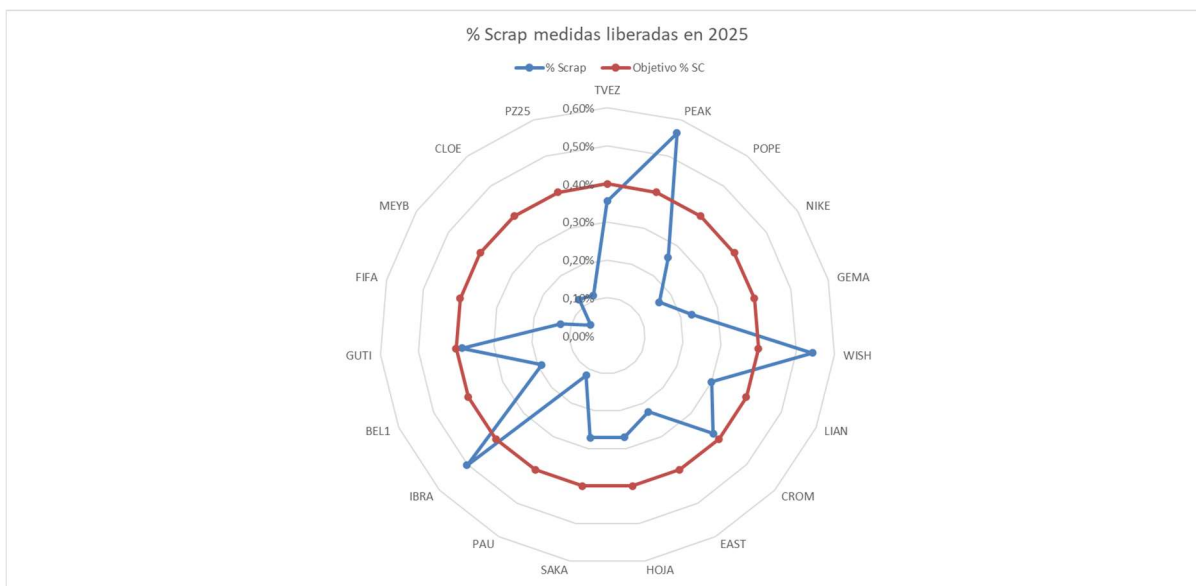
Como se puede ver en el gráfico, se han realizado 61 pruebas para la liberación de los 32 nuevos productos, si se hubiese mantenido el indicador de 2,26 del año anterior, esas 61 pruebas serían 72, lo que significaría 11 pruebas más, esto impacta directamente en todos los recursos necesarios para realizar una prueba.

5.7.3 Porcentaje de desperdicio “scrap”.

El objetivo de desperdicio en la planta Costa Rica para los nuevos proyectos al entrar en producción es de 0,40%, como se revisó anteriormente, en el año 2024 se cerró fuera de objetivo, se alcanzó un 0,69%, un 72% más de lo esperado.

Al cierre de este proyecto se logró obtener un 0,28% en este indicador, logrando alcanzar el objetivo planteado y mejorando con respecto al 2024 en un 30%. Viéndolo en unidades desperdiciadas o desechadas, con el 0,28% se botaron 700 llantas, teniendo el mismo resultado del 2024 se hubieran botado 1000 unidades, lo que representa un ahorro de 300 llantas.

Figura 78 Resultado indicador de desperdicio nuevos productos 2025

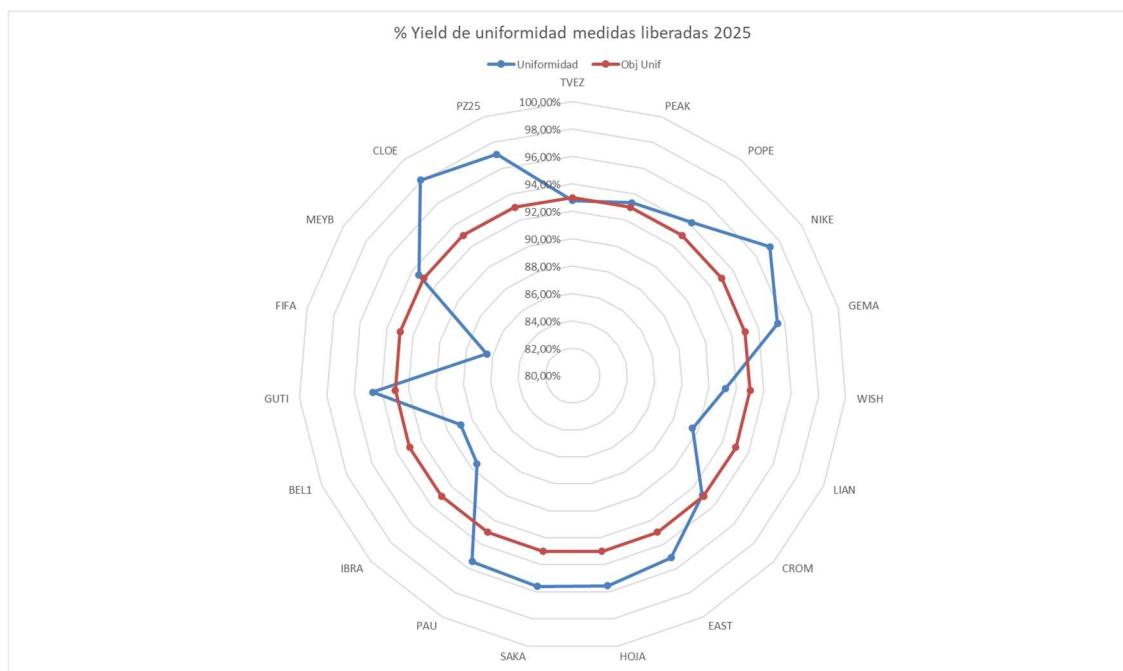


Fuente: Elaboración propia

5.7.4 Yield de uniformidad.

Con respecto al indicador de calidad del yield de uniformidad, se cierra el proyecto con un promedio en los productos liberados de un 93,5%, alcanzando el objetivo de al menos un 93% y mejorando en un 9% con respecto al promedio alcanzado en el 2024 que fue de un 85,82%.

Figura 79 Resultado yield de uniformidad nuevos productos 2025



Fuente: Elaboración propia

5.8 Entrenamiento.

En una reingeniería de un proceso, el entrenamiento es fundamental para el buen funcionamiento de las nuevas actividades. Por ende, se genera una matriz de entrenamiento donde se enlistan todas las nuevas actividades o procesos y si ya los ingenieros tienen la preparación o comunicación pertinente.

Todas las comunicaciones o entrenamientos se realizaron en casa y en sesiones grupales dentro del mismo departamento técnico.

Figura 80 Matriz de entrenamiento

Matriz de entrenamiento Reingeniería proceso de llantas	Escala de avance						
	100%	0%	Ingenieros de llantas				
	50%	25%	SB	PR	AP	MA	DV
Nuevo diagrama de flujo							
Nuevas etapas de revisión							
Formato estándar de comparación							
Proceso de control inicial							
Nueva práctica estándar							
Nuevos formatos de revisión							
Cambios en procesos de calificación							
Proceso de liberación condicional							
Nuevo diseño de rodado							
Nuevo diseño de pared							
Nuevo diseño de filler							
Cálculo del ledge							
Diagrama de flujo armado pruebas							
Procedimiento creación especificación							
Uso del papel cuadriculado							
Chequeo de llanta verde							
Formato revisión de spots							
Nuevo seguimiento uniformidad							
Chequeo de llanta vulcanizada							
Proceso seguimiento espera de vulcanizado							

Fuente: Elaboración propia

DV es del ingeniero David Barrios que está en entrenamiento, por eso aún no completa al 100% todas las actividades.

5.9 Control documental.

Para poder mantener todo este trabajo en el tiempo, la estandarización y el control documental son sumamente importantes y clave para poder lograrlo. Por esto se realiza toda una sección para explicar cómo se gestionó la parte documental.

Bridgestone de Costa Rica, al ser pionera en la normalización y gestión de la calidad a nivel país, maneja un sistema de control documental avanzado llamado por las siglas de “SFD”, que por sus siglas en inglés significa “Smart Flow for Documents”.

Gracias a este sistema de gestión documental, es sumamente sencillo poder incluir todas las actualizaciones o nuevos formatos listos para su uso y controlados.

Figura 81 SFM, control documental

SFM smart flow for docs

Geovanny Castro Mendez (Aprobador) Cambiar contraseña Cerrar sesión

Documentos Cap Enlaces Pendientes Reportes

Borradores
Revisión
Declarados
Vencidos

Declarados(92)

Mostrar/Ocultar filtros

Nivel: [dropdown] Area: Dpto. Técnico [dropdown] Categoría: [dropdown] Subcategoría: [dropdown]

Código: [input] Título: [input] Vigencia: [dropdown] [Buscar] [Refrescar]

Ordenar por código de documento

Exportar SC Doc Accesos No accesos RP Comentario Detalle flujo Bitácora Registro Capacitar Notificar Bitácora ext. LM Evaluación CC Consultar flujos Consultar SC SC en Bloque

Código	Título	Versión	Rev.	Nivel	Área	Categoría
<input type="checkbox"/> AV-764-13	Clasificación y orden de paro Sistema Automático de QR	13	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Ayudas Visuales
<input type="checkbox"/> AV-764-24	Impresión de especificaciones para máquinas K1-S	1	1	PR05 - MANUFACTURA	Dpto. Técnico	Ayudas Visuales
<input type="checkbox"/> IT-764-15	PROCEDIMIENTO CAMBIO 3M	19	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Instrucciones de Trabajo
<input type="checkbox"/> IT-764-42	Información general de máquinas con tecnología K1-S	1	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Instrucciones de Trabajo
<input type="checkbox"/> IT-764-26	Procedimiento para Confirmación de Especificación y Modificación de Llantas	5	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Instrucciones de Trabajo
<input type="checkbox"/> IT-764-25	LLANTAS Y COMPONENTES EXPERIMENTALES	5	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Instrucciones de Trabajo
<input type="checkbox"/> IT-764-19	EMISIÓN, MODIFICACIÓN Y MANEJO DE ESPECIFICACIONES LOCALES	10	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Instrucciones de Trabajo
<input type="checkbox"/> IT-764-10	MANEJO E IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES DE PRUEBA	6	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Instrucciones de Trabajo
<input type="checkbox"/> IT-764-07	MANEJO Y DISPOSICION DE LLANTAS DE PULVERA CONTROL DE LLANTAS DE BODEGA DPTO. TECNICO	5	1	PR04 - INGENIERÍAS	Dpto. Técnico	Instrucciones de Trabajo

Fuente: Elaboración propia

Para un mayor control documental a nivel de este proyecto, se genera una lista de todos los documentos, ya sea una modificación o creación, y su respectivo número en el sistema de gestión documental.

Con esto se logra, además del control, tener trazabilidad por todos los documentos generados o modificados en este proyecto.

Figura 82 Documentos del proyecto

Control documental			
Nombre	Código	Nuevo	Modificado
Práctica Estándar Ing. Llantas	PE-764-01		X
Formato comparación	F-764-201	X	
Formato de revisiones	F-764-202	X	
Formato liberación condicional	F-764-203	X	
Proceso de liberación condicional	IT-764-53	X	
Calculadora de diseño	F-764-20		X
Creación de especificación	IT-764-54	X	
Guía diseño de llantas	IT-764-33		X
Uso del papel cuadriculado	IT-764-55	X	
Chequeo de llanta verde	F-764-204	X	
Chequeo de llanta vulcanizada	F-764-205	X	
Control de Spots	F-764-24		X
Resultados pruebas	F-764-62		X

Fuente: Elaboración propia

5.10 FMEA Final.

Luego de aplicar las acciones recomendadas en el primer FMEA, se vuelve a ejecutar la herramienta para valorar de nuevo los RPNs y comprobar la efectividad de estas.

Figura 83 FMEA Final

<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;"> Procesos Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) </div>																
Nombre del proceso		Análisis top defectos desperdicio nuevos desarrollos						Preparado por: Geovanny Castro		Page 1 of 1						
Responsable		Geovanny Castro						FMEA Fecha (Orig) 20/2/25 (Rev)								
Defecto	Variable	Modo de falla potencial	Efectos de falla potenciales	S E V	Posibles causas	O C C	Controles actuales	D E T	R P N	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones tomadas	S E V	O C C	D E T	R P N
¿Cuál es el defecto?	¿Cuál es la variable importante?	¿De qué manera puede la variable afectar?	¿Cuál es el impacto de la variable en caso de afectar?	¿Cuál tan severo puede ser?	¿Qué causa que la variable afecte?	¿Cuál tan frecuente la variable afecta?	Existen controles o procedimientos para evitarlo?	¿Cuál tan bueno es el control?		¿Qué acciones para evitar la ocurrencia o mejorar la detección se podrían implementar?	¿Quién es el responsable de aplicarlas?	¿Qué acciones ya fueron tomadas? Incluir fecha				
RHI/RPP	Spots de materiales	Colocación incorrecta	Uniones de materiales juntas	7	Especificación incorrecta	8	No se tiene control	9	504	Establecer la definición y revisión de la colocación de las uniones de los materiales en el proceso de calificación y su seguimiento.	Líder del proyecto	Se establece un formato de revisión de los spots de materiales en el armado de las pruebas	7	4	3	84
Separaciones en la pared	Espesor de rodado	Bajo espesor	Falta de material y por ende separación	8	Espesor especificado de manera incorrecta	7	Medición en laboratorio	6	336	Definir un procedimiento predictivo para definir de una mejor manera los espesores de rodado y que también sea revisado antes de ser producido	Líder de proyecto	Se establece un método predictivo para el diseño de espesores en rodado basado en los productos actuales	8	5	4	160
Separaciones en la pared	Espesores de pared	Bajo espesor	Falta de material y por ende separación	8	Espesor especificado de manera incorrecta	7	Medición en laboratorio	6	336	Definir un procedimiento predictivo para definir de una mejor manera los espesores de pared y que también sea revisado antes de ser producido	Líder de proyecto	Se establece un método predictivo para el diseño de espesores en rodado basado en los productos actuales	8	5	4	160

Fuente: Elaboración propia

Se logra bajar los RPNs de las tres variables que requirieron acciones. Ya con estos valores no se requiere realizar acciones adicionales.

5.11 Análisis de brechas segunda evaluación.

Como parte de la verificación de los resultados, al igual que con el FMEA, en este análisis de brechas, que está basado en el proceso ideal de desarrollo de nuevos productos, se realiza una segunda evaluación para ver el porcentaje de cercanía que se tiene al modelo ideal luego de las mejoras aplicadas en este proyecto y cuánto se mejoró respecto a la primera evaluación.

En la segunda evaluación se obtiene una nota de 91,6%, cerrando la brecha obtenida en la primera evaluación de 30,2% a 8,4%, una mejora de 21,8%. Con esto

se alcanza el 90% planteado anteriormente como mínimo para el modelo de desarrollo de nuevos productos deseado.

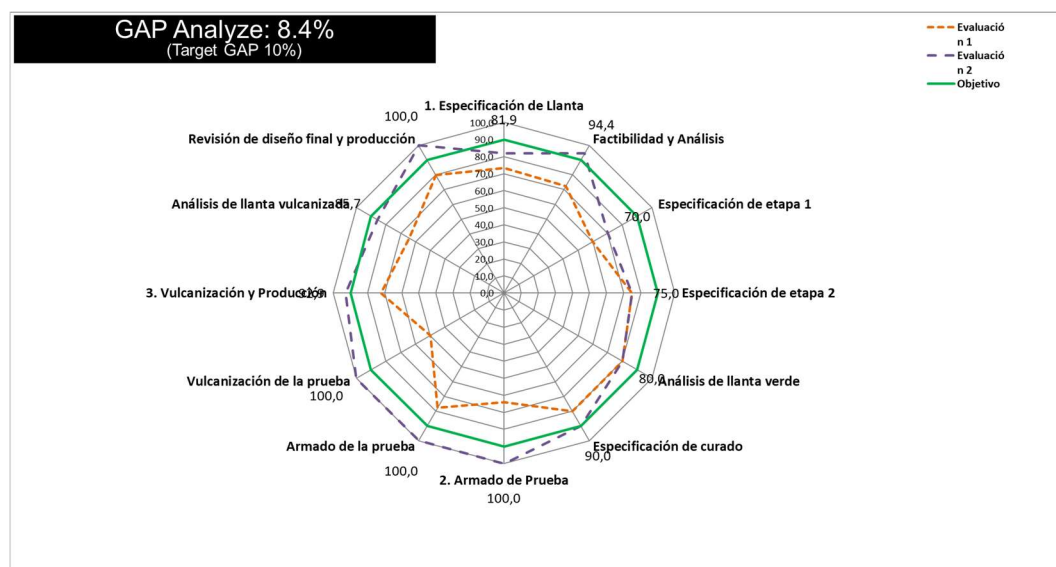
Tabla 24 Cuadro comparativo análisis de brechas

Cuadro de evaluación	Evaluación 1	Evaluación 2	Objetivo
1. Especificación de Llanta	73,4	81,9	90,0
Factibilidad y Análisis	72,2	94,4	90,0
Especificación de etapa 1	60,0	70,0	90,0
Especificación de etapa 2	75,0	75,0	90,0
Análisis de llanta verde	80,0	80,0	90,0
Especificación de curado	80,0	90,0	90,0
2. Armado de Prueba	63,9	100,0	90,0
Armado de la prueba	77,8	100,0	90,0
Vulcanización de la prueba	50,0	100,0	90,0
3. Vulcanización y Producción	72,1	92,9	90,0
Análisis de llanta vulcanizada	64,3	85,7	90,0
Revisión de diseño final y producción	80,0	100,0	90,0
Points	69,8%	91,6%	90%
GAP	30,2%	8,4%	10%

Fuente: Elaboración propia

El gráfico de radar agregando la segunda evaluación, se puede observar de una manera más visual la mejora de las diferentes partes de la evaluación, la mayoría ya dentro del 90% objetivo

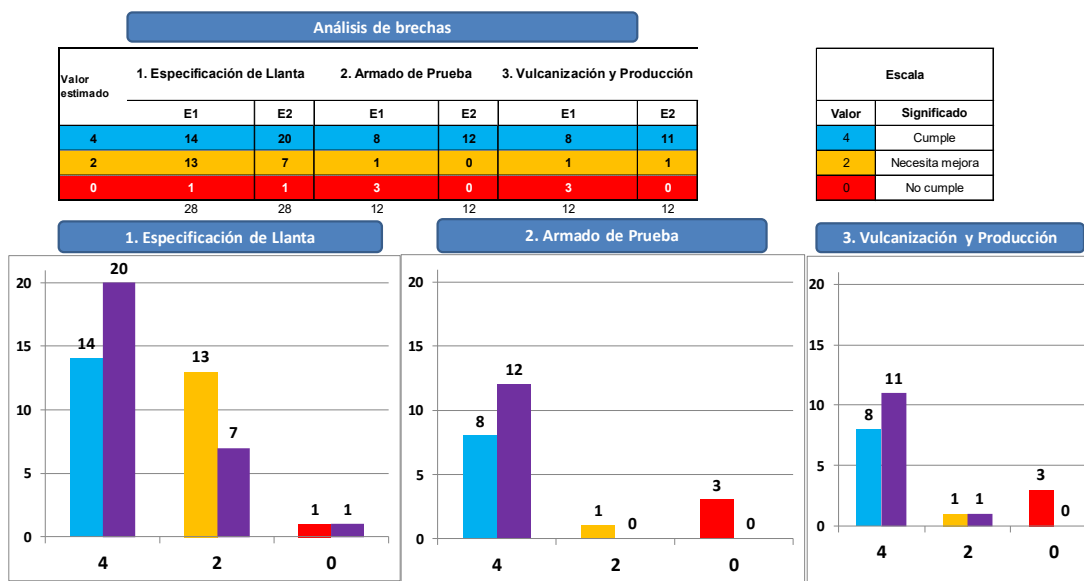
Figura 84 Gráfico radar análisis de brechas 2



Fuente: Elaboración propia

Por último, se actualiza también el gráfico para observar la mejora, pero por los 52 puntos totales de todo el análisis de brechas, se comparan ambas evaluaciones para comprobar cuántos puntos pasan del no cumplimiento u oportunidad de mejora a cumplimiento total.

Figura 85 Análisis de brechas 2, puntos de chequeo



Fuente: Elaboración propia

5.12 Encuesta satisfacción del cliente.

Como una entrada importante para la mejora del proceso fue el cliente, es de suma importancia ya luego de hacer la reingeniería de este, poder encuestar y conocer la satisfacción de estos con respecto a todas las mejoras y cambios establecidos.

La encuesta consistió en 5 preguntas con respecto al proyecto y se les realizó a 7 personas de todas las áreas implicadas.

Tabla 25 Encuesta

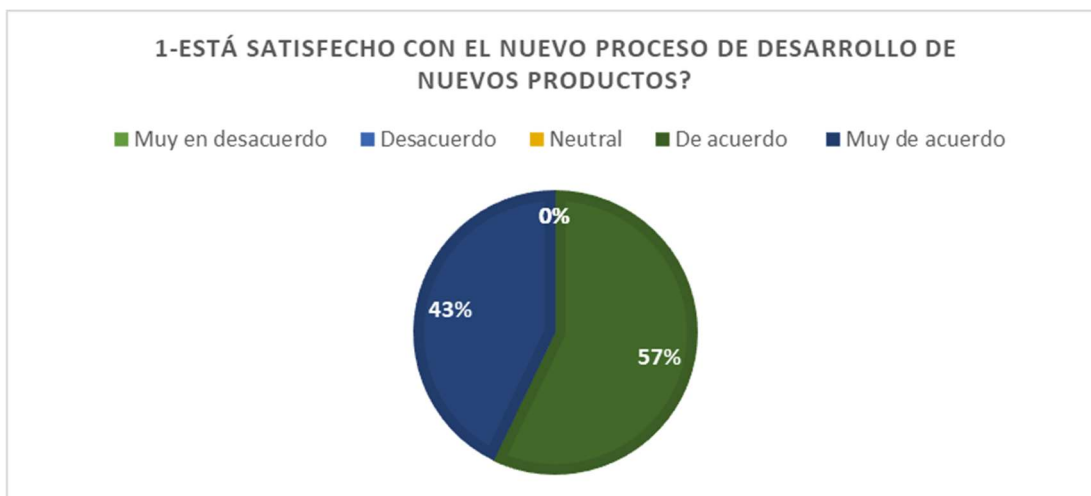
Encuesta satisfacción del cliente					
1-Está satisfecho con el nuevo proceso de desarrollo de nuevos productos?					
	Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
2-Cree que se mejorarán los tiempos de entrega?					
	Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
3-Cree que se mejorará el desperdicio?					
	Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
4-Cree que se mejorará el yield de uniformidad?					
	Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
5-Cree que se mejorará la eficiencia del proceso?					
	Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la encuesta:

1-Está satisfecho con el nuevo proceso de desarrollo de nuevos productos?

Figura 86 Encuesta pregunta 1

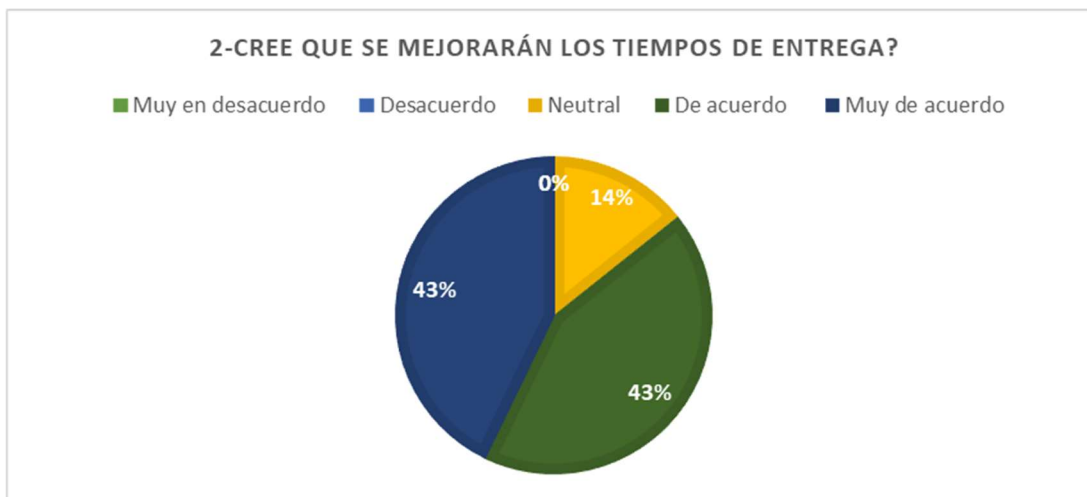


Fuente: Elaboración propia

Todas las respuestas fueron positivas, 57% contestaron que están de acuerdo.

2-Cree que se mejorarán los tiempos de entrega?

Figura 87 Encuesta pregunta 2

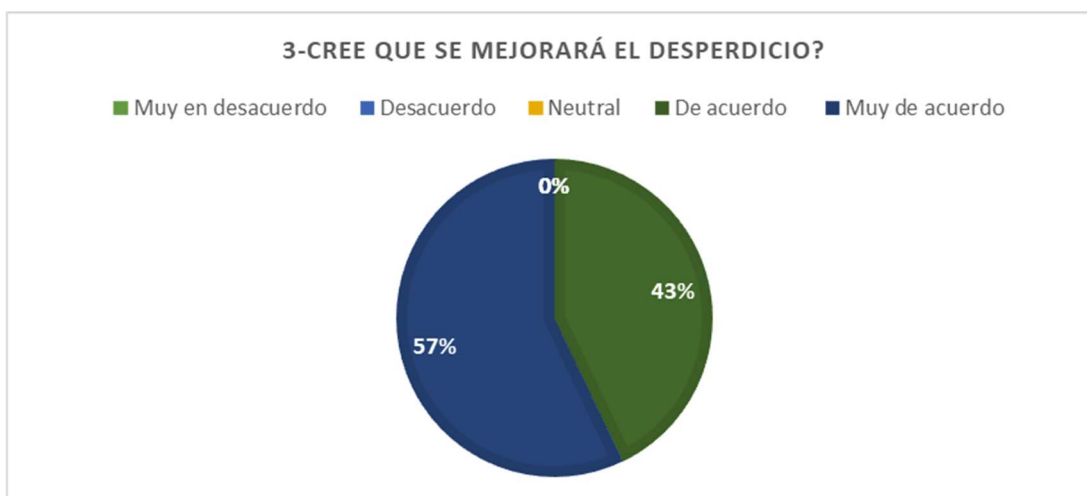


Fuente: Elaboración propia

14% de las respuestas fueron neutras y 86% positivas, empate con 43% entre de acuerdo y muy de acuerdo.

3-Cree que se mejorará el desperdicio?

Figura 88 Encuesta pregunta 3

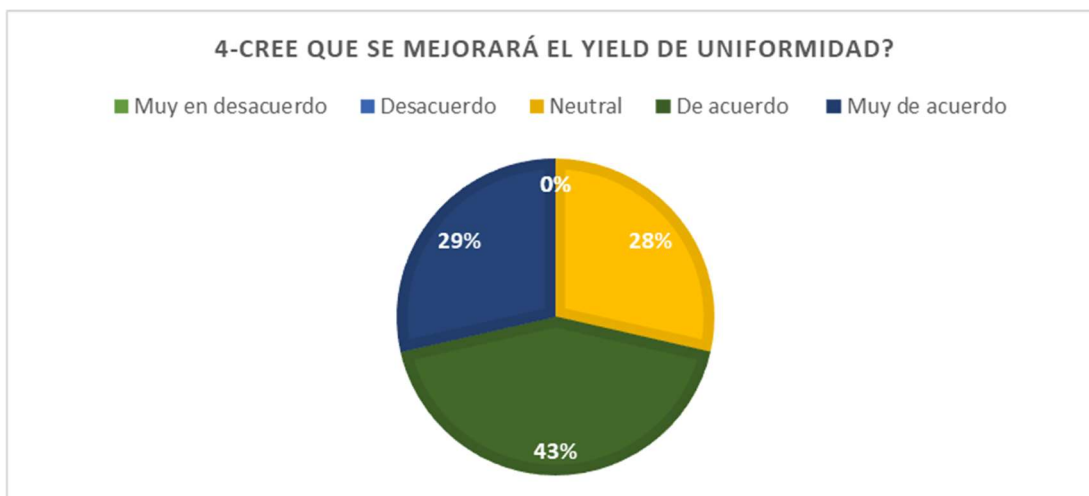


Fuente: Elaboración propia

Todas las respuestas fueron positivas y la más alta con un 57% es muy de acuerdo.

4-Cree que se mejorará el yield de uniformidad

Figura 89 Encuesta pregunta 4

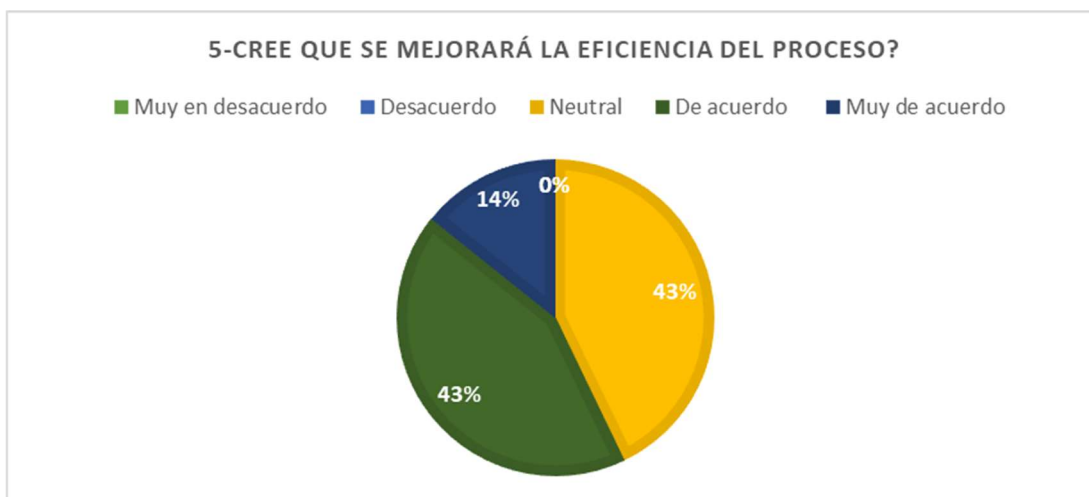


Fuente: Elaboración propia

28% de las respuestas fueron neutrales y el resto positivas, sin negativas. La más alta fue de acuerdo con un 43%.

5-Cree que se mejorará la eficiencia del proceso?

Figura 90 Encuesta pregunta 5



Fuente: Elaboración propia

57% de las respuestas fueron positivas, sin negativas. 43% de acuerdo y 14% en muy desacuerdo.

En resumen, no hubo respuestas negativas en ninguna de las preguntas de la encuesta y la mayoría fueron positivas; esto confirma que las acciones tomadas van en línea con lo que el cliente necesita y genera satisfacción.

5.13 Beneficios.

En Bridgestone desde el año 2022 se lanzó un compromiso global llamado E8, su nombre se basa en 8 valores que inician con la letra E en inglés y que marcan un camino sostenible hacia el 2030. Los 8 valores que inician con la letra E pero en español son:

1. Energía
2. Ecología
3. Eficiencia
4. Extensión
5. Economía
6. Emoción
7. Facilidad
8. Empoderamiento

Figura 91 E8



Fuente: Bridgestone de Costa Rica

Al ser un proyecto ejecutado en una planta de Bridgestone de Costa Rica, se quiere destacar los beneficios basados en cómo este proyecto ayuda a la empresa a alinearse con su camino hacia el 2023.

5.13.1 Economía.

Al mejorar en un 30% el porcentaje de desperdicio en los productos nuevos cuando ingresan a producción, se obtuvo una ganancia de 300 llantas que no se tuvieron que desechar por defectos de calidad. Según el dato del departamento financiero, en promedio, una llanta tiene un costo de fabricación de 38 dólares en la planta de Costa Rica.

Por lo tanto, si se realiza la multiplicación de esas 300 llantas por el costo de fabricación promedio, se obtiene un ahorro de 11400 dólares.

También, al mejorar la eficiencia del proceso y disminuir la cantidad de pruebas necesarias por cada nuevo desarrollo de un promedio de 2,6 pruebas a 1,9. Se realizaron 11 pruebas menos de lo esperado.

Con ayuda del departamento financiero, se realiza el siguiente cuadro resumiendo lo que cuesta la realización de una prueba para con esto poder conocer de cuánto fue el beneficio económico.

Tabla 26 Costo por prueba

Costo de prueba			
	Cantidad	Costo (\$)	Total
Llantas (unidades)	20	38	\$ 760,00
Ing Llantas (horas)	48	18,75	\$ 900,00
Ing Procesos (horas)	5	18,75	\$ 93,75
Técnico Laboratorio (horas)	11	8,33	\$ 91,63
Total			\$1 845,38

Fuente: Elaboración propia

Si cada prueba tiene un costo de \$1845 dólares y se realizaron 11 pruebas menos por la mejora en la eficiencia del proceso, la ganancia económica es de \$20295 dólares.

En resumen, la ganancia económica total fue de \$31695 dólares.

5.13.2 Ecología.

Si el peso promedio de una llanta en la planta Bridgestone de Costa Rica es de 10 kg y se evitó botar 300 llantas, quiere decir que 3 toneladas de residuos no fueron enviadas a incineración.

Con ayuda del departamento de ambiente de Bridgestone de Costa Rica, el cual maneja certificaciones de la ISO 14001:2015 y la ISO 50001:2024 y por ende tiene la información para poder hacer el cálculo en CO₂ de lo que significa no haber desechado esa cantidad de producto.

7.5 toneladas de CO₂ es lo evitado, lo equivalente a las emisiones de un carro recorriendo 30000 kilómetros o a la captura anual de 300 árboles maduros.

5.13.3 Empoderamiento.

En el proyecto actual se involucró al equipo de ingeniería de llantas a lo largo de todo su desarrollo, desde el inicio hasta el cierre del mismo, se les escuchó y se tomaron en cuenta para la aplicación de muchas de las herramientas usadas.

Esto hace que el equipo se sienta empoderado y motivado a pensar diferente y cuestionar las cosas actuales. Esto para la mejora continua no solo del departamento sino también del de la empresa.

5.13.4 Eficiencia.

Gracias a las acciones aplicadas en este proyecto, la eficiencia del proceso de desarrollo de nuevos productos mejoró un 26%. Lo que hace que se utilicen los recursos de la empresa lo mejor posible.

Se bajó de un promedio de 2,6 pruebas para cada desarrollo a 1,9. Estos números, lo que quieren decir es que ahora gracias a los cambios ejecutados en el proceso, el proceso de diseño tiene mayores probabilidades de crear un prototipo cercano a lo requerido desde el principio.

Asegurando con esto también el cumplimiento del objetivo principal del proceso, que es la entrega a tiempo al cliente de los productos nuevos. En el 2025 se lleva un 100% de cumplimiento en este indicador.

5.12.4 Facilidad.

La palabra facilidad en el E8, que en inglés se coloca como “EASE”, quiere decir que las acciones se deben comprometer a brindar mayores oportunidades de tranquilidad y comodidad en los procesos y con los clientes. En este proyecto, al mejorar la uniformidad de nuestras llantas nuevas, se asegura que los usuarios tengan una conducción confortable, tranquila y de calidad.

Con la mejora del 9% en este indicador de uniformidad, este proyecto se alinea totalmente con la estrategia corporativa y con la importancia de la mejora de los procesos para hacerlos fáciles y que agreguen valor al cliente.

5.14 Impacto económico.

Para analizar el impacto económico de este proyecto, es importante destacar que todo lo realizado por el personal de Bridgestone de Costa Rica fue en sus horas laborales ya establecidas, por lo que no representó en ningún momento un gasto adicional de horas-hombre por tiempo extra, simplemente todas las actividades fueron acomodadas dentro de las jornadas laborales.

Aún así, dentro del análisis financiero se va a tomar en cuenta la cantidad de horas invertidas para valorar contra el beneficio económico de esas acciones y poder medir el impacto.

Tabla 27 Análisis Económico

Análisis económico			
Hora promedio:	\$	18,75	
	Horas	Costo	Ganancia
Entrenamiento	80	\$ 1 500,00	
Control documental	8	\$ 150,00	
Definir	117	\$ 2 193,75	
Medir	58	\$ 1 087,50	
Analizar	74	\$ 1 387,50	
Diseñar	153	\$ 2 868,75	
Validar	65	\$ 1 218,75	
Papel cuadriculado		\$ 585,00	
Ahorro			\$ 31 695,00
Balance			\$ 20 703,75

Fuente: Elaboración propia

Luego de restar a la ganancia el costo de todas las horas invertidas y el papel cuadriculado, continúa quedando un valor positivo de \$20703,75 dólares.

5.14.1 ROI.

Con ganancias de \$31695 y una inversión de \$10991, se obtiene un ROI de 188.2%, lo que significa que por cada dólar invertido se obtienen \$2.88 dólares. Esto demuestra que con el proyecto no solo se recuperó la inversión inicial en menos de un año, sino que la superó ampliamente, siendo altamente eficiente y rentable.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

Se realiza la reingeniería del proceso de calificación de nuevos productos en la planta de Bridgestone Costa Rica utilizando la metodología DMADV durante este año 2025 y se logra el objetivo de alcanzar al menos el 95% de cumplimiento de entregas de los nuevos productos al cliente en tiempo y forma, de hecho, se logró con calificación perfecta, se logra alcanzar un 100% en el indicador de OTOS.

Se definieron claramente las oportunidades de mejora y las necesidades del cliente con respecto al proceso actual de desarrollo de nuevos productos; esto fue una base importante para poder alcanzar el objetivo final. Se utilizaron herramientas como análisis de partes interesadas, diagrama de afinidad y el modelo Kano.

Con Kano se logró de manera clara y sencilla poder comprender toda la información que venía de las partes interesadas y desde la herramienta VOC para priorizar lo que realmente sí agrega valor para el cliente y los usuarios del proceso.

Se logró medir y recopilar tanto datos cualitativos como cuantitativos del proceso actual que permitió determinar los niveles de desempeño actuales, los puntos importantes a enfocar y los principales indicadores. Gracias a herramientas como los gráficos de Pareto se logra escarbar más profundo del indicador de desempeño y entender su comportamiento.

Al analizar todas las diferentes ineficiencias u oportunidades de mejora que se encontraron con herramientas como FMEA o los 5 por qué?, permite encontrar las verdaderas causas raíz de los problemas para luego poder definir contramedidas adecuadas.

Al final de la etapa de análisis se llega con 39 oportunidades de mejora a trabajar en las etapas de diseño y verificación. Esto deja ver claramente el gran trabajo realizado en las etapas anteriores.

Luego de proponer y estudiar las soluciones para esas 39 oportunidades de mejora y filtrar cuáles son factibles de realizar en este proyecto, se logró diseñar un nuevo proceso de desarrollo de nuevos productos que incluye la eliminación de sus puntos débiles y adaptado a lo que el cliente y sus usuarios requieren.

Al final se realizaron 5 propuestas de mejora donde entre ellas contenían 18 soluciones para la mejora del proceso actual. Todas con el objetivo de cambiar para mejor y lograr los objetivos principales y secundarios del departamento de ingeniería de llantas.

Además de alcanzar el 100% en el indicador de OTOS como se mencionó al principio de las conclusiones, también se logró reducir a 1,9 el promedio de pruebas necesarias para liberar un producto nuevo. Con esta mejora se reducen 11 pruebas en lo que va del año, lo que significa una ganancia económica de \$20295 dólares.

También se obtuvo una ganancia importante de \$11400 dólares al reducir en un 30% el indicador de desperdicio de los nuevos desarrollos con respecto al 2024. Gracias a estas mejoras no se botaron 300 llantas que significan contaminación al tener que incinerarse y reponerse, 7,5 toneladas de CO₂.

En temas de uniformidad de la llanta nueva liberada a la línea de producción, se obtuvo una mejora del 9%, lo que afecta directamente el confort en el uso de las llantas por los clientes.

Al final, además de alcanzar los objetivos planeados, se aplican herramientas para medir la satisfacción del cliente y el estado del proceso luego de los cambios, y en ambos se obtiene la comprobación de que las contramedidas eran las adecuadas para lo requerido.

El proyecto concluye con un proceso adaptado a las necesidades actuales del negocio y con una ganancia luego de la inversión de \$20703,75 dólares.

6.2 Recomendaciones.

Cerrar la brecha con respecto al modelo deseado al 0% para permitir tener integradas todas las buenas prácticas en el proceso de desarrollo de nuevos productos en Bridgestone de Costa Rica y realizar al menos una vez por año la autoevaluación de este modelo deseado.

Evaluar la inclusión de tecnologías de manejo de datos como “Power BI” para optimizar los tiempos de las tareas. Actualmente se tienen buenas prácticas de diseño, pero basadas en tecnologías antiguas.

Existe a nivel corporativo un sistema de simulación de diseño de llantas que podría automatizar algunas tareas, recomendando pedir entrenamiento corporativo para iniciar su uso.

La digitalización de reportería es necesaria para facilitar el trabajo de los ingenieros y por temas de control, ya que todos estos documentos son auditados.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

Cooper, R. G. (2008). *Winning at New Products: Creating Value Through Innovation*. Basic Books.

Davenport, T. H. (1993). *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*. Harvard Business Review Press.

Drucker, P. (1999). *Management Challenges for the 21st Century*. Harper Business.

Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Harper Business.

Hiatt, J. (2006). *ADKAR: A Model for Change in Business, Government and our Community*. Prosci Research.

Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business School Press.

Kusiak, A. (2009). *Innovation: A Data-Driven Approach*. *International Journal of Production Research*, 47(3), 593–614.

Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2021). *Operations and Supply Chain Management*. Wiley.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2012). *Product Design and Development* (5th ed.). McGraw-Hill.

Ward, A., & Sobek, D. K. (2014). *Lean Product and Process Development*. Lean Enterprise Institute.

Antony, J. (2006). *Six Sigma for service processes*. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248.

George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Guide to Doing More With Less*. Wiley.

Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2014). *The Six Sigma Handbook* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2017). *Managing for Quality and Performance Excellence* (10th ed.). Cengage Learning.

Joglekar, N. R., & Kukreja, D. (2013). *Operations Management: Tools and Techniques*. McGraw-Hill Education.

Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Wiley.

Harrington, H. J. (1991). *Business process improvement: The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness*. McGraw-Hill.

ISO. (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements*. International Organization for Standardization.

Michelin. (2017). *Annual R&D Report*. Michelin Group.

Ramírez, L., Torres, J., & Peña, A. (2018). *Aplicación de la reingeniería y Six Sigma en procesos de desarrollo de productos*. *Revista de Ingeniería Industrial*, 35(2), 45-59.

Silva, F., & Gómez, D. (2020). *Optimización del diseño de moldes mediante DMADV*. *Revista Latinoamericana de Ingeniería*, 12(4), 78-92.

Sánchez-Ramírez, K. D. (2018). *Establecimiento de mejoras en la gestión de la producción para reducir los retrasos en la entrega de pedidos de las familias de impresión en negro y color [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]*. Repositorio TEC.

Basu, R. (2015). *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide to Tools and Techniques*. Butterworth-Heinemann.

CINDE. (2022). *Sector de Manufactura Avanzada*. <https://www.cinde.org>

Minitab Blog Editor. (2021). *DMAIC vs. DMADV vs. DFSS: Una guía sobre la terminología Six Sigma*. Minitab. Recuperado de <https://blog.minitab.com/es/dmaic-vs-dmadv-vs-dfss-una-guia-sobre-la-terminologia-six-sigma>

AskAnyDifference. (2023). *DMAIC vs DMADV: diferencia y comparación*. Recuperado de <https://www.askanydifference.com/es/dmaic-vs-dmadv-difference-and-comparison>

Historia de la Empresa. (2023). *Guía de DMADV: qué es y en qué se diferencia de DMAIC*. Recuperado de <https://historiadelaempresa.com/dmadv>.

Freeman, R. E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. Pitman

Griffin, A., & Hauser, J. R. (1993). *The voice of the customer*. *Marketing Science*, 12(1), 1–27

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma way*. McGraw-Hill.

Brassard, M., & Ritter, D. (1994). *The Memory Jogger II. GOAL/QPC*

Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). *Attractive quality and must-be quality*. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 39–48

Camp, R. C. (1989). *Benchmarking: The search for industry best practices that lead to superior performance*. ASQC Quality Press

Juran, J. M. (1988). *Juran's quality control handbook (4th ed.)*. McGraw-Hill.

Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs (3rd ed.)*. Wiley

AIAG. (2010). *Measurement Systems Analysis (MSA) (4th ed.)*. Automotive Industry Action Group

Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. ASQ Quality Press

Rummler, G. A., & Brache, A. P. (1995). *Improving performance: How to manage the white space on the organization chart*. Jossey-Bass

Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute

Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) (6th ed.)*. PMI

Ishikawa, K. (1968). *Guide to quality control*. Tokyo: Asian Productivity Organization

Cooper, R. G. (1990). *Stage-gate systems: A new tool for managing new products*.

Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development*. Harvard University Press.

Tidd, J., & Bessant, J. (2018). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change (6th ed.)*.

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.

Taylor, F. W. (1911). The principles of scientific management. Harper & Brothers.

Crosby, P. B. (1979). Quality is free: The art of making quality certain. McGraw-Hill.

Deming, W. E. (1986). Out of the crisis. MIT Press.

Juran, J. M. (1992). Juran on quality by design: The new steps for planning quality into goods and services.

Rigby, D. K., Sutherland, J., & Takeuchi, H. (2016). Embracing agile. Harvard Business Review, 94(5), 40–50.

Oliver, R. L. (1997). Satisfaction: A behavioral perspective on the consumer. McGraw-Hill.

CAPÍTULO VIII: APÉNDICE

8.1 Apéndice#1 Formato análisis de brechas completo.

.Especificación de Llanta - Actividad de evaluación

Valor de evaluación: cumple=4, oportunidad=2, no cumple=0

Secciones	Puntos de evaluación	E1		E2	
1.Factibilidad y Análisis	1 Tiene una práctica estándar y diagrama de flujo de desarrollo ?	2		4	
	2 Realiza un análisis previo a los proyectos nuevos para asegurar factibilidad ?	2		4	
	3 Verifica requerimientos de uniformidad y balanceo ?	4		4	
	4 Realiza una reunión para revisar diseño antes de primera prueba ?	2		4	
	5 Tiene un procedimiento local para la creación de la especificación del desarrollo ?	2		4	
	6 Revisa si el CTS y especificación de referencia tiene algún error contra el estándar ?	2		2	
	7 Se sigue el procedimiento BA091 cuando se deben solicitar desviaciones a ATC cuando aplique?	4		4	
	8 Realiza un paquete de datos luego de cada etapa de calificación ?	4		4	
	9 Existe un responsable para la aprobación de cambios en especificaciones y queda firmado?	4	72,2	4	94,4
2.Especificación de etapa 1	1 Tiene un análisis de relación entre el IP x DW para definir el ancho de tambor o separación entre magnéticos? Por familia de llanta.	4		4	
	2 Ancho y perfil de pared: Tiene un estándar para definir especificaciones de pared como ancho, espesores, terminaciones, etc. ?	4		4	
	3 Perfil de filler: Tiene estándar para dibujar forma de filler (ángulo, ancho, base, etc.) ?	2		4	
	4 Ceja: Tiene un estándar para definir el diámetro (diámetro, numero de capas, espesor, construcción) ?	0		0	
	5 Estichado: Existe un estándar para establecer los parámetros de estichado de primera y segunda etapa?	2	60,0	2	70,0
3.Especificación de etapa 2	1 Capas estabilizadoras: Tiene un gráfico tipo R cuadrado para establecer el ancho de las capas estabilizadoras tanto en verde como en curado según el diseño y construcción?	2		2	
	2 Rodado: Tiene un estándar para definir el diseño del rodado (Espesores, anchos, perfiles, etc.) ?	4		4	
	3 Bladder de formado: Cómo se define el tipo de bladder de formado ?	4		4	
	4 Ancho de rodado x Ancho de capa #1: Tiene un estándar de traspase mínimo entre el rodado y la capa estabilizadora #1 para cada tipo de construcción ?	2	75,0	2	75,0
4.Análisis de llanta verde	1 Expansión de llanta verde: Tienes un estándar para definir este valor según construcción ?	4		4	
	2 Sistema de simulación : Utilizas el sistema de simulación en las etapas de diseño?	2		2	
	3 Peso de llanta verde: Realiza una comparación entre el peso local contra ATC ? Cuanto es la tolerancia (%)?	4		4	
	4 Circunferencia de llanta verde: Tienes un estándar para definir el diámetro externo de llanta verde o lo define en la primera prueba?	4		4	
	5 Traslapes entre terminaciones de material: Cuanto es el mínimo de traslape entre materiales (Abrasión, Tela, Filler) ? Objetivo debe ser 10mm, en perfiles bajos 5 mm	2	80,0	2	80,0
5.Especificación de curado	1 Shaping: Tienes un estándar de shapping por medida y tipo de prensa? Shaping Blow está al 100% en producción ?	4		4	
	2 Bladder de curado: Se sigue el estándar para definir el tamaño ? BOM (Radio y periferia 20 +/- 5%) NAF (18/10 +/-4%)	4		4	
	3 Ledge: Tienes un estándar para definirlo ?	2		4	
	4 Tiempo de curado: Cómo y cuando define el ciclo de curado? Debe ser durante pruebas piloto o Tune Up.	4		4	
	5 Después de definir los parámetros y crearlos, tienes algún análisis adicional para evaluarlos antes de ir a la primera prueba?	2	80,0	2	90,0

2. Armado de Prueba - Actividad de evaluación

Valor de evaluación: cumple=4, oportunidad=2, no cumple=0

Secciones	Puntos de evaluación	E1		E2	
1.Armado de la prueba	1 Diagrama de flujo: Tienes un diagrama de flujo o práctica estándar donde define cómo armar y vulcanizar las pruebas ?	0		4	
	2 Existe un responsable para los armados, vulcanizado y seguimiento?	4		4	
	3 Máquina de armado: Existe un chequeo de máquina antes de armar ?	4		4	
	4 Reporte de prueba: Tienes una hoja de chequeo para verificación de materiales, llanta verde, perfiles, tooling, etc ?	4		4	
	5 Chequeo de llanta: Hace medición del armado de la llanta verde en 2 puntos ?	4		4	
	6 Flujo de hule: Hace análisis de flujo de hule en cada prueba ?	4		4	
	7 Técnica de Ply cord slip: Aplica esta técnica en todos los armados ? Cual es el criterio (Objetivo 2mm)?	4		4	
	8 Colocación de código de barras: Evalúa la colocación del código de barras durante las pruebas?	4		4	
	9 Uso de papel cuadriculado: Usa esta técnica en rodado y pared ?	0	77,8	4	100,0
2.Vulcanización de la prueba	1 Llanta verde: Existe un chequeo de apariencia de llanta verde ?	2		4	
	2 Reporte de prueba: Tienes una hoja de chequeo de condiciones de vulcanizado? (PCI, receta, tiempo de cerrado, etc)	0		4	
	3 VOR: Está claro para todos que las llantas de prueba no se deben pintar, retrabajar o ajustar para evitar problemas? Deben seguir la especificación.	4	50,0	4	100,0

3. Vulcanización y Producción - Actividad de evaluación

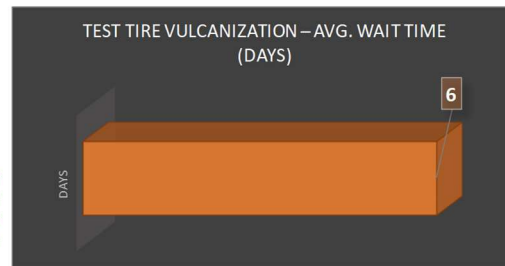
Valor de evaluación: cumple=4, oportunidad=2, no cumple=0

Secciones	Puntos de evaluación	E1		E2	
1.Análisis de llanta vulcanizada	1 Evaluación de sección: Tiene una hoja de chequeo para análisis de sección ?	4		4	
	2 Ventilado de molde: Se evalúa el número y posición de ventilas en el molde?	0		0	
	3 Rebabas: Tiene una hoja de chequeo para analizar si la llanta nueva presenta rebabas ?	0		4	
	4 Estampado de pared: Tiene una hoja de chequeo para verificar los estampados del molde contra la especificación de ATC?	4		4	
	5 Información de uniformidad: Se revisan los datos de uniformidad obtenidos?	2		4	
	6 Información de scrap: Se revisan los datos obtenidos de scrap?	4		4	
	7 Paquete de información: Tienes un paquete de información de liberación final del desarrollo?	4	64,3	4	85,7
2.Revisión de diseño final y producción	1 Responsable: Existe una lista de responsables que revisan y aprueban la liberación del desarrollo a producción ?	4		4	
	2 Reunión final: Existe una revisión final de diseño antes de liberar? Esta información es revisada por las partes interesadas?	4		4	
	3 Reunión final: Se revisa la sección de la llanta y la llanta completa en la reunión final?	4		4	
	4 Liberación a producción: Existe un criterio definido para liberar a producción? Los aprobadores pueden revisar estos datos antes de firmar ?	4		4	
	5 Control inicial: Tiene un control inicial de mínimo 2 meses de producción donde se da seguimiento al scrap, uniformidad, VOR, pruebas de laboratorio, etc. Se revisa esto por las partes interesadas? Quién es el responsable?	0	80,0	4	100,0

8.2 Apéndice#2 Tiempo de espera vulcanización.

Prueba	Tipo	Ing	Fecha	Conca	Fecha vulca	Espera (días)
POPE	QX	PR	15-ene	POPE-QX	20-ene	5
PEAK	QX	PR	15-ene	PEAK-QX	20-ene	5
LEXB	QX	MA	22-ene	LEXB-QX	27-ene	5
DIBA	P1	PR	28-ene	DIBA-P1	30-ene	2
TVEA	P1	MA	28-ene	TVEA-P1	30-ene	2
DIBA	TU	PR	13-feb	DIBA-TU	17-feb	4
TVEA	TU	MA	13-feb	TVEA-TU	17-feb	4
HOJB	P1	SB	21-mar	HOJB-P1	25-mar	4
EASB	TU	AP	24-mar	EASB-TU	26-mar	2
TAYB	P1	PR	25-mar	TAYB-P1	28-mar	3
TAYB	TU	MA	8-abr	TAYB-TU	23-abr	3
HOJB	TU	SB	9-abr	HOJB-TU	24-abr	3
ARYB	P1	PR	9-abr	ARYB-P1	24-abr	3
MEYB	P1	PR	29-abr	MEYB-P1	14-may	8
ARYB	TU	PR	30-abr	ARYB-TU	9-may	9
FIFB	P1	MA	7-may	FIFB-P1	15-may	8
SAKB	P1	PR	8-may	SAKB-P1	16-may	8
PZ2B	P1	SB	16-may	PZ2B-P1	26-may	10
IBRB	P1	MA	26-may	IBRB-P1	27-may	1
FIFB	TU	MA	27-may	FIFB-TU	29-may	2
SAKB	TU	PR	29-may	SAKB-TU	30-may	1
CLOB	P1	PR	29-may	CLOB-P1	31-may	2
MEYB	TU	PR	4-jun	MEYB-TU	11-jun	7
PAUB	P1	SB	4-jun	PAUB-P1	12-jun	8
PZ2B	TU	SB	11-jun	PZ2B-TU	17-jun	6
GUTB	P1	MA	12-jun	GUTB-P1	18-jun	6
IBRB	P2	MA	13-jun	IBRB-P2	19-jun	6
CLOB	TU	PR	18-jun	CLOB-TU	25-jun	7
BELB	P1	SB	19-jun	BELB-P1	27-jun	8
PAUB	TU	SB	3-jul	PAUB-TU	18-jul	15
IBRB	TU	MA	3-jul	IBRB-TU	19-jul	16
GUTB	TU	MA	4-jul	GUTB-TU	20-jul	16

Promedio
6



8.3 Apéndice#3 Encuesta satisfacción.

Encuesta satisfacción del cliente					
1-Está satisfecho con el nuevo proceso de desarrollo de nuevos productos?					
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	
2-Cree que se mejorarán los tiempos de entrega?					
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	
3-Cree que se mejorará el desperdicio?					
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	
4-Cree que se mejorará el yield de uniformidad?					
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	
5-Cree que se mejorará la eficiencia del proceso?					
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	

Encuestados	
SB	Ing. Llantas
AP	Ing. Llantas
PR	Ing. Llantas
AR	Gerente
SZ	Programación
RC	Calidad
SV	Producción

8.4 Apéndice#4 A3 Proyecto.

Inicio:	2/1/2025	CFT	Indicador o logro	Actual	Meta	Resultado
Final:	30/10/2025	Geovanny Castro	OTOS	88%	95%	100%
Dept:	Otros			Ahorros: \$20000		
Maq:	NA					

Definición del problema

No se está cumpliendo con el indicador de entregas de nuevos proyectos de productos

IIP



Situación actual



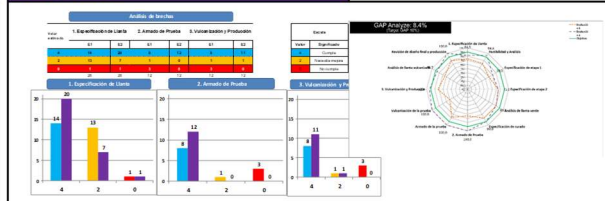
Mejora



Análisis de la causa

Característica	Escal	Nivel	Resultado
•Menor tiempo de desarrollo bajo	1	5	Desarrollo
•"Gap" de uniformidad alto	1	4	Atracción
•Menor cantidad de pruebas fallidas en el laboratorio	1	5	Desarrollo
•Mayor la información del cliente	1	3	Indicadores
•Menor cantidad de pruebas por producto liberado	1	3	Indicadores
•Aumentar las revisiones en cada etapa de diseño	1	3	Indicadores
•Optimizar tiempo de liberación	1	3	Indicadores
•Optimizar la falta de materiales de prueba	1	3	Indicadores
•Reducir errores de documentación	1	3	Indicadores
•Realizar anticipadamente las características de los nuevos productos	2	3	Indicadores
• Liberación de producto alineada a los requisitos de calidad	2	3	Indicadores
• Uso de herramientas para mejorar diseño	3	3	Indicadores
•Mejorar comunicación entre los departamentos	3	3	Indicadores
• Mayor tiempo de prueba en fábrica	3	3	Indicadores

Control/Yokoten



8.5 Apéndice#5 Muestra rango espera vulcanización.

Muestra	Días	Rango
P1	13	5
P2	11	4
P3	14	5
P4	17	6
P5	10	4
P6	10	4
P7	17	6
P8	14	5
P9	9	4
P10	13	5
P11	9	4
P12	10	4
P13	12	5
P14	3	2
P15	4	2
P16	9	4
P17	7	3
P18	12	5
P19	7	3
P20	5	2
P21	17	6
P22	10	4
P23	11	4
P24	5	2
P25	9	4
P26	11	4
P27	6	3
P28	13	5
P29	9	4
P30	10	4
P31	9	4
P32	18	7
P33	11	4
P34	7	3
P35	14	5
P36	6	3
P37	12	5
P38	3	2

8.6 Apéndice#6 Datos regresión rodado y pared.

Diseño	Centro		Hombro	
	Verde	Vulcanizado	Verde	Vulcanizado
ALL SEASON	8,5	11,1	10,6	11,4
CV5000	9,1	11,9	11,2	12,3
DESTINATION A/T	10,5	13,1	12,6	13,6
DESTINATION A/T2	10,8	13,5	12,9	14,1
DESTINATION LE3	10,1	13,3	12,2	12,9
DESTINATION RVT	11,3	14,6	13,4	14,5
DESTINATION X/T	11,5	14,8	13,6	14,3
DUELER A/T REVO 2	10,8	13,8	12,9	13,9
DUELER H/T 684 II	9,9	12,4	12,0	13,3
F-600	7,8	10,5	9,9	10,5
FIREHAWK 900	9,1	11,8	11,2	12,1
POTENZA RE760 SPORT	9,3	11,6	11,4	12,3
TRANSFORCE AT2	11,6	14,5	13,7	14,8
WEATHERGRIP	9,5	11,9	11,6	12,2
WEATHERPEAK	9,5	11,5	11,6	12,5
WINTERFORCE 2	9,9	12,8	12,0	13,3

Diseño	Hombro pared	
	Verde	Vulcanizado
ALL SEASON	3,5	4,5
CV5000	4,1	5,1
DESTINATION A/T	5,5	6,5
DESTINATION A/T2	5,8	6,8
DESTINATION LE3	5,1	6,7
DESTINATION RVT	6,3	7,1
DESTINATION X/T	6,5	7,5
DUELER A/T REVO 2	5,8	6,9
DUELER H/T 684 II	4,9	5,9
F-600	2,8	4,1
FIREHAWK 900	4,1	5,1
POTENZA RE760 SPORT	4,3	5,5
TRANSFORCE AT2	6,6	7,9
WEATHERGRIP	4,5	5,5
WEATHERPEAK	4,5	5,2
WINTERFORCE 2	4,9	5,9

8.7 Apéndice#7 Datos horas y personal por actividad.

Actividad	Horas	Personas	Horas total
Creación diagrama de flujo	2	2	4
Análisis partes interesadas	4	5	20
Entrevistas	8	8	64
Reunión diagrama de afinidad	1	5	5
Encuesta KANO	3	8	24
Taller Benchmarking	24	3	72
Revisión de expedientes	4	3	12
Análisis de causas	2	3	6
Paretos capítulo IV	2	1	2
Análisis de brechas	8	3	24
Revisión de fallas	1	2	2
Ishikawa	1	4	4
Realizar FMEA	2	5	10
Diagrama de afinidad	1	3	3
Matriz Esfuerzo/Beneficio	4	5	20
Diagramas de flujo	8	4	32
Definir estándar de revisión	2	3	6
Creación de formatos	6	1	6
Centro de control de datos	12	1	12
Regresiones lineales	3	1	3
Definir variables de diseño	2	4	8
Definir diseños predictivos	4	1	4
Diseño de filler	8	2	16
Cálculo de Ledge	12	2	24
Manual creación de especificaciones	8	1	8
Manual papel cuadriculado	8	1	8
Definir variables de chequeo	1	3	3
Cálculo de indicadores	3	1	3
Entrenamiento	16	5	80
Actualización y control documental	8	1	8
Autoevaluación final	8	2	16
Encuesta satisfacción del cliente	6	5	30
Cálculo de beneficios	8	2	16

8.8 Apéndice#8 Formato de factibilidad.

7-269-29.RR	Estudio de Factibilidad	Referencia BSCR	Puede la planta realizarlo?	Comentario
General	Medida			
	Diseño			
	Cliente			
	Marcas			
	Rango de velocidad			
	Rango de carga			
	Diámetro llanta vulcanizada (mm)			
	Circunferencia máxima llanta verde (mm)			
	Peso (kg)			
	Capas y Rango			
Ancho de la llanta (D5) (mm)				
Tubetype				
Categoría				
Configuración Armado				
Configuración telas				
Rodado	Hule Rodado			
	Hule Subrodado			
	Hule Alero			
	Hule Cojín			
	Ancho de Rodado (mm)			
Sellante	Antena			
	Hule Antena			
	Largo de Rodado (mm)			
	Hule Sellante			
	Hule Gomas Sellante			
	Ancho total de Sellante (mm)			
	Ancho Lámina 1 (mm)			
	Ancho Lámina 2 (mm)			
	Ancho de Goma Sellante (mm)			
	Espesor Láminas (mm)			
Telas	Espesor de Gomas (mm)			
	Largo de Sellante (mm)			
	Ancho de tela 1 (mm)			
	Colocación inserto hombro (mm)			
	Espesor inserto hombro (mm)			
	Ancho inserto hombro (mm)			
	Colocación inserto borde ceja (mm)			
	Ancho inserto borde ceja (mm)			
	Espesor inserto borde ceja (mm)			
	Colocación inserto ceja (mm)			
	Ancho inserto ceja (mm)			
	Espesor inserto ceja (mm)			
	Ancho de tela 2 (mm)			
	Ancho de tela 3 (mm)			
	Colocación inserto BEI (mm)			
Pared	Espesor inserto BEI (mm)			
	Ancho inserto BEI (mm)			
	Largo tela 1 (mm)			
	Largo tela 2 (mm)			
	Largo tela 3 (mm)			
	Tratamiento tela			
	Hule de tela e insertos			
	Largo de pared (mm)			
	Ancho de pared (mm)			
	Colocación Pared			
Capas	Pared Blanca			
	Hule Pared Blanca			
	Hule Cover			
	Hule Cushion			
	Hule Pared			
	Hule BEI			
	Hule Goma abrasión			
	Largo capa acero 1 (mm)			
	Largo capa acero 2 (mm)			
	Ancho capa acero 1 (mm)			
Spiral	Ancho capa acero 2 (mm)			
	Tipo Alambre			
	Ancho tira de orilla (mm)			
	Espesor tira de orilla (mm)			
	Tipo tira de orilla			
	Hule Tira de orilla			
	Ángulo de capas (mm)			
	Hule de capas acero			
	Configuración spiral layer			
	Ancho dibujo			
Ceja	Tela Spiral			
	GAP SPIRAL			
	Hule Spiral			
	Alambre Aro			
	Hule Aro			
	Configuración Aro			
	Diámetro Aro (mm)			
	Hule de Filler			
	Ancho de Filler (mm)			
	Compresión			
Armado	Bead wrap			
	Diámetro Tambor Exp(mm)			
	Diámetro Tambor Colapsado(mm)			
	Diámetro de BT (in)			
	Ancho de tambor(mm)			
	Bladder IIE			
	Bladder IIE			
	TAM			
	Contenedor			
	Tipo de molde			
Vulca	Transita en bandas y salidas de máquinas?			
	Servidores, PCI, carritos y carretas?			
	Ancho de PCI (in)			
	Presión de PCI (PSI)			
	Equipo Spec/ Ledge/Ring Type			
	Ring Spacing			
	Mold Section Height			
	Ciclo de vulca			
	Tecnología			
	TUO			
IF	Bandas/Inspectores			
	KOKUSAI			
	Pulidoras BB			
	Peladora			
	Vitacap			
Lab QA	Plunger, Bead Unseat, Foot Print.			
	Velocidad y Endurance			
	FTPRT LOAD			
	FTPRT INFL (psi)			
	Carga en pared			
Inflado en pared				
Aro para pruebas				
Firmas		Comentarios:		
Jefe Ing.	_____			
Liantas:	_____			
Gerente	_____			
Técnico:	_____			

CAPÍTULO IX: ANEXOS

9.1 Anexo#1 FTA Uniformidad.

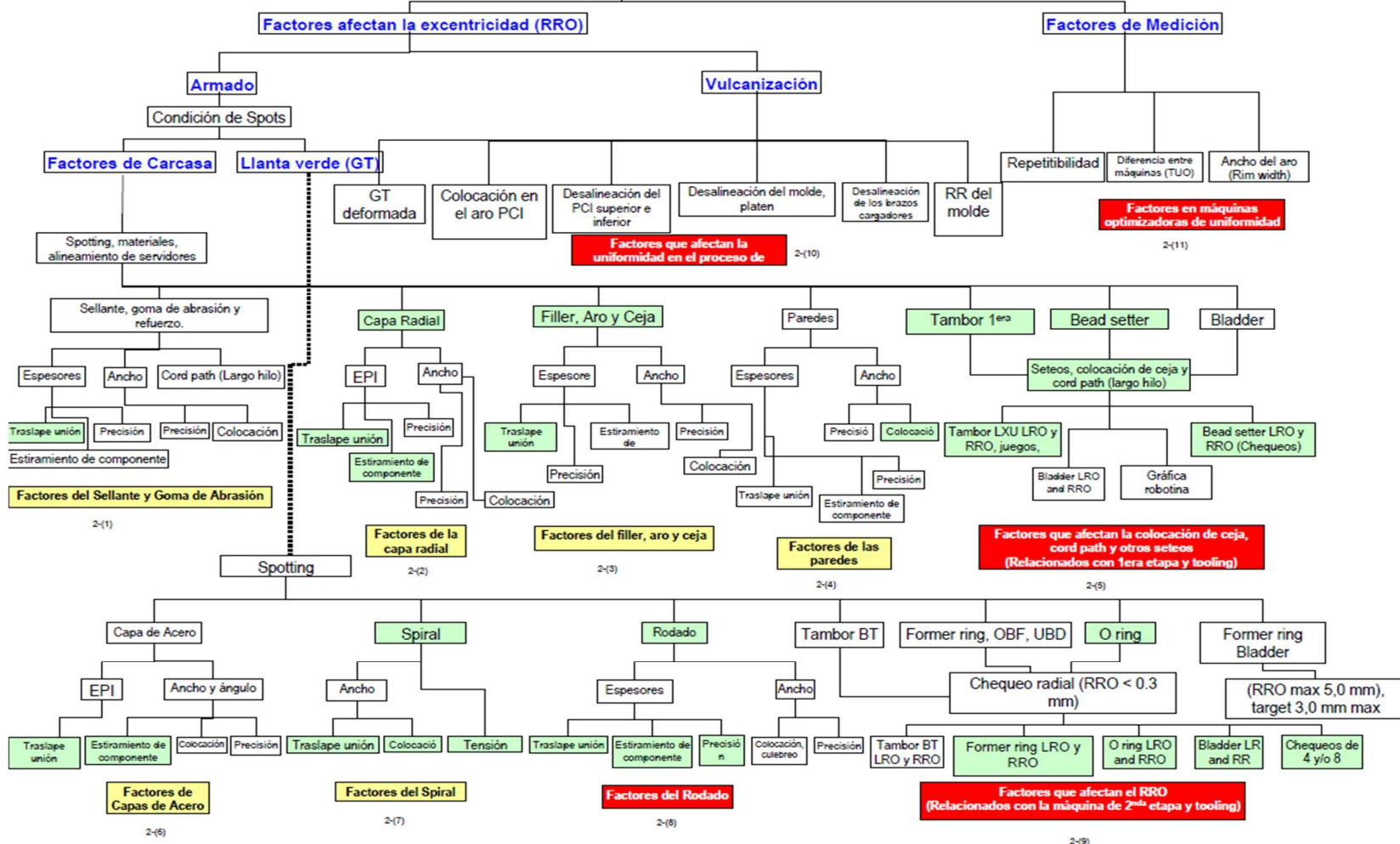
PL-754-16

Tabla de Análisis para la Mejora del RPP (Revisión General)
Puntos de Inspección

RPP

 Factores prioritarios de inspección

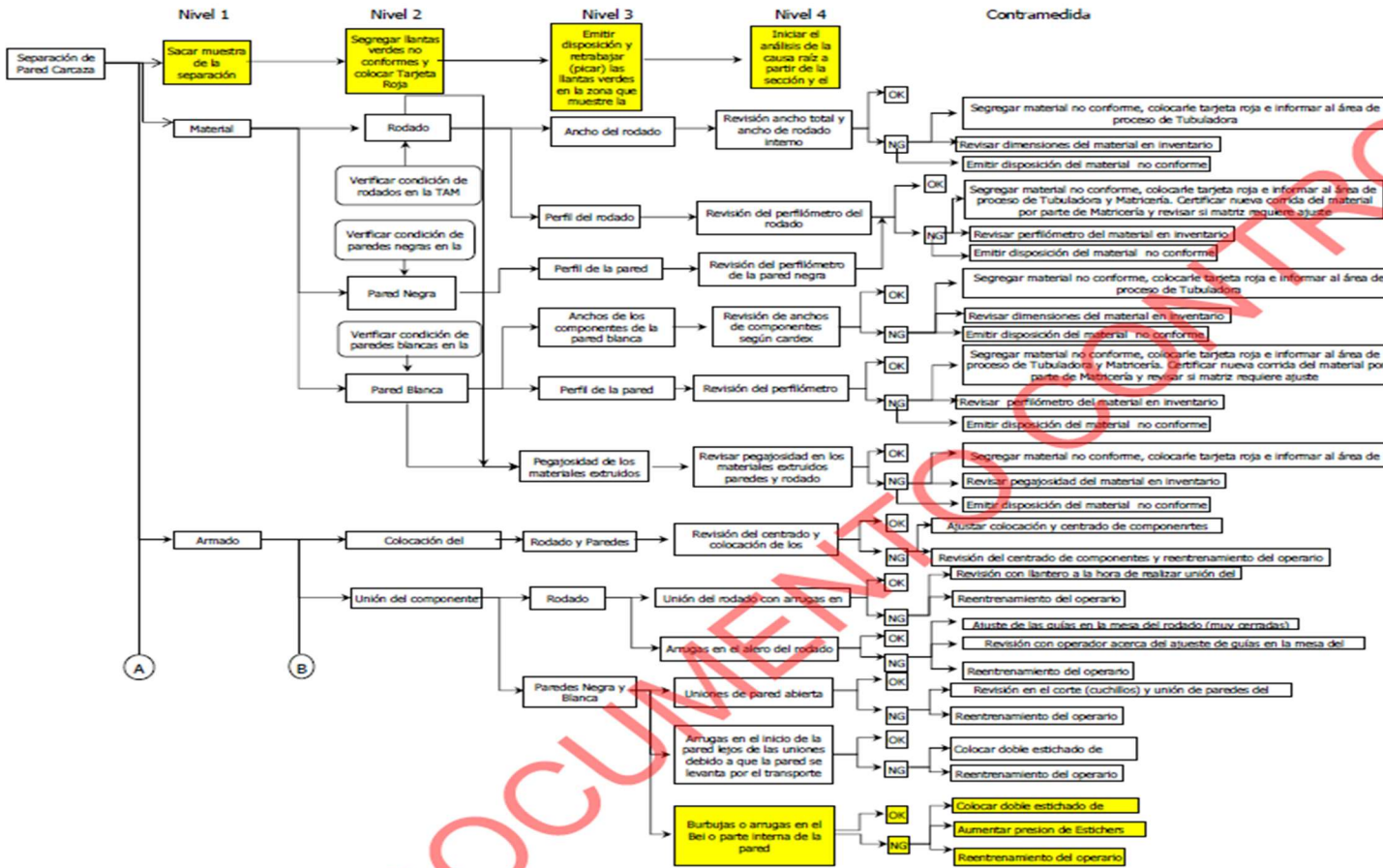
 Factores de alta contribución o impacto



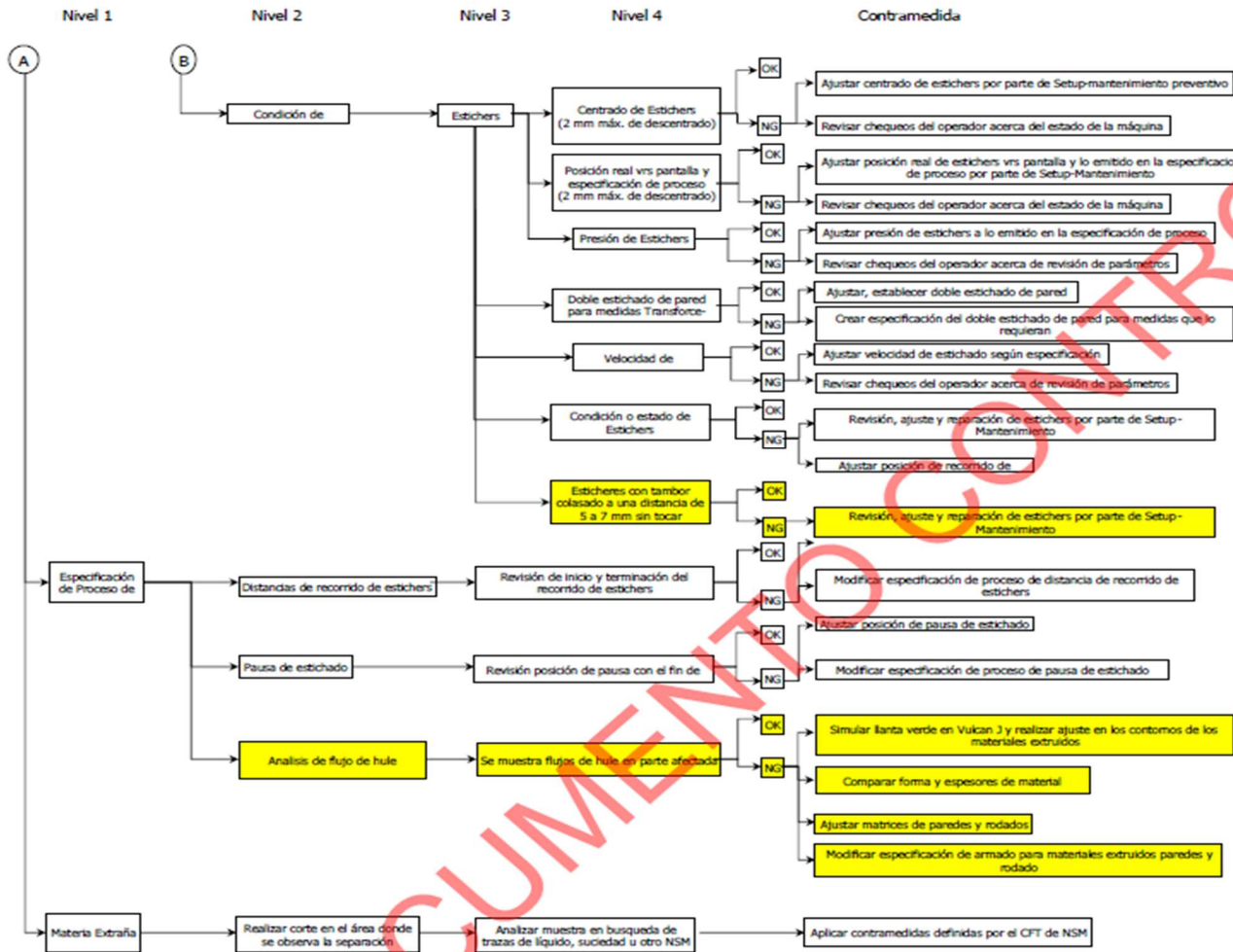
9.2 Anexo#1 FTA Separaciones.

Logic Tree	Tipo No Conformidad	No Conformidad	Autor	Fecha	Revisado por	Fecha revisado	Documento	Rev.	Pág
Scrap-Separaciones	Scrap-Separaciones	Separación de Pared Carcasa	Francisco Argüello B.	28-Nov-08	Geovanny Castro	10/5/2025	PL-764-03	3	1 / 2

Logic Tree: Separación de Pared Carcasa (Defecto Scrap)



Logic Tree	Tipo No Conformidad	No Conformidad	Autor	Fecha	Revisado por:	Fecha revisado	Documento	Rev.	Pág
	Scrap-Separaciones	Separación de Pared Carcaza	Francisco Argüello B.	28-Nov-08	Geovanny Castro	10/5/2025	PL-764-03	3	1 / 2





**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, domingo, 1 de marzo de 2026.

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Geovanny Castro Méndez, con número de identificación 304480681, autor (a) del trabajo de graduación titulado REDISEÑO DEL PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LLANTAS EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL AÑO 2025, presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de **Ingeniería Industrial**, SÍ / NO 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,

Geovanny Castro Méndez
304480681



**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.