

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

SANTIAGO – CHILE



Plan de mejora para disminución de rechazos para
industria manufacturera de neumáticos

Antonia Belén Basaure Boetto

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL MECÁNICO

Profesor Guía: Ing. Luis Guzmán Bonet

Profesor Co-referente: Ing. Nelson Álvarez Campillay

Agosto 2021

AGRADECIMIENTOS

Que difícil llegar al punto de tener que escribir unas palabras para agradecer todo el proceso para llegar a ser una profesional.

Primero que todo tengo que agradecer a la gran familia que me acompañó durante todo este recorrido con altos y bajos, penas y frustraciones, pero también alegrías mías que eran las alegrías de todos. Mis padres Claudia y Gonzalo que sin ellos y toda su educación brindada no sería la persona que soy ahora, mis hermanos Karina y Gonzalo que entendían las horas de estudio y su apoyo incondicional para motivar el estudio.

Mis abuelos, mis tíos y toda la gran familia que me acompaña por su fiel convicción que sería una gran ingeniera, la primera en la familia.

No hay que olvidarse de las grandes personas que conocí en la universidad los amigos que me acompañaron durante todo este proceso, las ayudantías realizadas que fueron imprescindibles para mi desarrollo profesional. A mi amiga Bárbara que fue mi fiel compañera desde el día uno. A todos los amigos que estarán hoy y siempre, al gran equipo de apriétame la tuerca fue un gusto ser su capitana y espero que el equipo siga creciendo por nuevas mecánicas son unas mujeres espectaculares y ejemplo para seguir para cualquier persona.

A los amigos que fueron apareciendo al pasar los años a mi amiga Nicole que fue mi hermana pequeña que había que cuidar y guiar durante los primeros años y que ahora ya es una más de la familia, gracias por tu compañía incondicional durante todo este tiempo.

Agradecer al equipo de Goodyear que me ha apoyado y ayudado en mi crecimiento profesional, creyendo en mí y en mis capacidades, personas que ahora puedo decir que son amigos que me dado la vida.

Por último, agradecer a mis profesores, que siempre fueron un ejemplo a seguir que confiaron en lo que uno puede ofrecer como profesional y nos potencian a ser mejores personas, mejores profesionales e ingenieros para este mundo que se encuentra en cambio día a día.

DEDICATORIA

*Dedicada a mi familia y a todos los que
confiaron en mis capacidades*

RESUMEN

El siguiente trabajo, corresponde al proyecto de titulación para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico. El cual consiste en la generación de una propuesta para reducir la falla de productos de una empresa Manufacturera de Neumáticos, denominada “**Neumáticos Fuera de Balanceo**” consistentes en la presencia de mayor peso en forma radial en el neumático superior al valor especificado por los estándares de la empresa.

Para generar la propuesta se utiliza la metodología DMAIC. Este método consta de la aplicación de una serie de etapas ya definidas para que el proyecto sea efectivo al momento de la implementación el cual va desde la gestión hasta la operación de este, y se divide en cinco fases.

- Definición (En inglés Define): Es la primera etapa del proceso en el cual se clarifica el objetivo del proyecto, la forma en que se va a medir, los beneficios potenciales y las personas que van a intervenir. Con la finalidad de dar a conocer que es un problema, que es cuantificable y puede estar afecto a mejora.
- Medir (En inglés Measure): En esta segunda etapa se entiende con mayor detalle el proceso y se valida el sistema de medición de las métricas involucradas, estableciendo una línea base.
- Analizar (En inglés Analyze): Tercera etapa del proceso es esta fase se procesa la información recopilada en las etapas anteriores con el fin de encontrar las causas raíz, para luego priorizarlas, definir planes y las propuestas de solución.
- Mejorar (En inglés Improve): En esta etapa se implementan las soluciones que atiendan las causas raíz, para asegurarse de corregir o reducir el problema.
- Controlar (En inglés Control): En esta última etapa se generan e implementan medidas para la sostenibilidad de la mejora en el tiempo.

La propuesta apunta en la disminución de balanceo dinámico mediante el ajuste e implementación de sistemas de mejoras esperando obtener una disminución del 40% del total de la falla, estimándose un ahorro de 64.954 $\left[\frac{USD}{anual} \right]$ por neumático vulcanizado.

ABSTRACT

The following work corresponds to the degree project to qualify for the title of Mechanical Civil Engineer. This consists of the generation of a proposal to reduce the failure of products of a Tire Manufacturing company, called "Tires out of balance ", consisting of the presence of greater radial weight in the tire greater than the value specified by the company's standards. To generate the proposal the DMAIC methodology is used. This method consists of the application of a series of stages already defined so that the project is effective at the time of implementation, which goes from management to operation, and is divided into five phases.

- **Define:** It is the first stage of the process in which the objective of the project is clarified, the way it is going to be measured, the potential benefits, and the people who will intervene. To make it known that it is a problem, that it is quantifiable, and may be subject to improvement.
- **Measure:** In this second stage, the process is understood in greater detail and the measurement system of the metrics involved is validated, establishing a baseline.
- **Analyze:** It is the third stage of the process, in this phase the information collected in the previous stages is processed with the end to find root causes, then prioritizes them, define plans, and solution proposals.
- **Improve:** In this stage, the solutions that address the root causes are implemented, to make sure about correct or reduce the problem.
- **Control:** In this last stage, measures are generated and implemented for the sustainability of the improvement over time.

The proposal aims at decreasing dynamic sway, expecting to obtain a reduction of 40% of the total failure, estimating a saving of 64,954 [USD / year] per cure tire.

GLOSARIO

HVA: Alto nivel de Desempeño, del inglés “*High Value Added*”, corresponde al área de construcción que está automatizada en la división. Hace referencia al tipo de neumáticos que se fabrican en la planta de alta gama.

HF: Área de construcción de neumáticos en verde, esta constituida por 24 máquinas, su nombre se debe a la empresa fabricante (*Harburg Freudenberg*).

DBM: Del inglés “*Dynamic Balance Machine*” (Máquina de Balanceo Dinámico), la cual se encuentra en el área de Final Finish, utilizada para el balanceo de neumáticos vulcanizados.

FVM: Del Inglés “*Forced Variation Machine*” (Máquina de Variación Forzada), la cual se encuentra en el área de Final Finish y es utilizada para el control de calidad del neumáticos probándolo en condiciones de servicio.

ASRS: Del inglés “*Automated Storage Retrieval System*” (Sistema Automatizado de Recuperación y Almacenamiento)

NPT: Del inglés “*Non Powered Transportation*” (Transporte Sin Potencia), es todo medio físico de transporte de material que no requiera estar energizado, tales como, spool, cassette, carros, entre otros.

UMA/B: Unidad de Manufactura.

EAD: Equipo de Alto Desempeño, el cual se conforma de 4 ingenieros encargados del área (Producto, Proceso, Persona y Confiabilidad).

Índice de Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
GLOSARIO.....	v
1. Introducción.....	6
2. Problemática	7
3. Objetivos.....	8
3.1 Objetivo General.....	8
3.2 Objetivos Específicos	8
4. Marco Teórico	9
4.1 Seis Sigma.....	9
4.2 Metodología DMAIC.....	9
4.2.1 Definir (D)	10
4.2.2 Medir (M)	11
4.2.3 Analizar (A).....	11
4.2.4 Mejorar (M)	12
4.2.5 Controlar (C)	12
4.3 Herramientas de estudio y análisis.....	12
4.3.1 Análisis de Pareto	13
4.3.2 SIPOC.....	14
4.3.3 Diagrama de Flujo	15
4.3.4 Diagrama de Causa-Efecto.....	15
4.3.5 Capacidad de proceso.....	17
5. Goodyear Chile S.A.I.C.....	20
5.1 Contextualización de la planta	20

5.1.1	Iniciativa de Optimización de Planta.....	20
5.2	Tipos de Proyectos dentro de la empresa.....	23
5.3	Partes del Neumático	24
5.4	Áreas Productivas de la Empresa.....	25
6.	Aplicación Metodología DMAIC.....	28
6.1	Definición del problema	28
6.1.1	Definición	32
6.2	Medir.....	34
6.2.1	Proceso Extrusión de banda.....	34
	Plan de medición.....	35
6.3	Analizar.....	36
6.3.1	Análisis Causa Raíz	36
6.3.2	DIAGRAMA DE ARBOL	39
6.3.3	Análisis Vectorial	42
6.3.4	Prueba de velocidad de extrusión	44
7.	Mejorar	47
7.1	Implementación Control Loop Extrusora	47
7.2	Plan de seguimiento	49
8.	Costos y Ahorros	50
9.	Conclusiones.....	51
	Anexos.....	53
	Bibliografía.....	63

Índice de Figura

Figura 1 Las 5 etapas en la realización de un proyecto seis sigma (Fuente: (Gutiérrez & Salazar, 2009).....	10
Figura 2 Ejemplo Diagrama de Pareto (Fuente: Ejemplo diagrama de Pareto Minitab Inc.2019)	13
Figura 3 Ejemplo Diagrama de Flujo. (A) Actividad que genera valor, (B) Actividad que no genera valor. (Fuente: Traducido de (Damelio, 2011)).	15
Figura 4 Ejemplo Diagrama de Ishikawa. Fuente: (Minitab, 2018).....	17
Figura 5 Diagrama QFD de la Optimización de Planta Goodyear. Fuente: (The Goodyear Tire and Rubber Company , 2013)	22
Figura 6 Descomposición neumático. Fuente: (Company, The Goodyear Tire & Rubber, 2009)	24
Figura 7 Diagrama de Flujo desde la llegada de Materia Prima, hasta la llegada del neumático a bodega. (Fuente: Elaboración propia por medio de plataforma Draw.io)	27
Figura 8 Diagrama de Pareto con las 10 principales familias de neumáticos por fuera de balanceo estático. (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365.).....	30
Figura 9 Clasificación de neumáticos por compuesto utilizado en banda de rodamiento. (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365.)	31
Figura 10 Clasificación de tipo de balanceo en neumáticos Ass Weather Ready con compuesto N5-7T9. Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365.).....	31
Figura 11 Mapa de proceso para el área de Extrusión.	34
Figura 12 Capacidad de proceso para máquinas balanceadoras.....	36
Figura 13 Análisis de espina de pescado considerando problemática principal (Fuente: Elaboración propia mediante plataforma gratuita Draw.io).....	37
Figura 14 Diagrama de Árbol considerando procesos claves en la fabricación del neumático. (Fuente: Elaboración propia mediante plataforma gratuita Draw.io).	40

Figura 15 Análisis vectorial para neumático RHJL40 (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).....	42
Figura 16 Análisis vectorial para neumático RHJR40 (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).....	43
Figura 17 Promedio de Balanceo estático en extrusión de banda de rodamiento en función a la velocidad de línea de conveyor (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).	44
Figura 18 Desviación estándar en extrusión de banda de rodamiento en función a la velocidad de línea de conveyor (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).....	45
Figura 19 Prueba de extrusión de Banda.....	45
Figura 20 Sistema RTS para contorno y área de banda de rodadura.....	48
Figura 21 Software de control para banda de rodamiento dentro de este se especifica el valor de área que se quiere obtener para que el control loop la mantenga dentro de los valores especificados.	48
Figura 22 Porcentaje Scrap Assurance Weather Ready una vez implementada la mejora de Control Loop en máquina extrusora.	50
Figura A. 1 Estratificación de datos utilizando análisis de Pareto para identificar la oportunidad.....	53
Figura A. 2 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 1.....	55
Figura A. 3 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 2.....	56
Figura A. 4 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 3.....	57
Figura A. 5 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 6.....	58
Figura A. 6 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 7.....	59
Figura A. 7 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 8.....	60

Índice de Tablas

Tabla 1 Ramas principales en 6M, y sus factores principales para considerar.	16
Tabla 2 SIPOC de proceso para banbury donde se identifican los distintos elementos que interactúan en el área.	33
Tabla 3 SIPOC de proceso de Construcción donde se identifican los distintos elementos que interacturan en el Área.....	33
Tabla 4 Velocidades de extrusión para cassettes Bandas de Rodamiento.....	46
Tabla A. 1 Desglose de costos de neumático en verde y vulcanizado.	53
Tabla A. 2 Datos tabulados análisis de capacidad maquinas balanceadoras ..	54
Tabla A. 3 Tabla análisis vectorial RHJL40.....	61
Tabla A. 4 Tabla análisis vectorial RHJR40	62

1. Introducción

El proceso productivo del neumático se divide en 2 grandes áreas, la unidad manufacturera A (UMA) comienza con la sección de Mixing, en donde ingresan las materias primas para obtener el compuesto según las especificaciones del diseño de neumático, luego comienza el área de Extrusión, en la cual se lamina y corta el caucho para la fabricación de bandas de rodamiento y laterales. A continuación, los componentes pasan a la unidad manufacturera B (UMB), la cual parte en construcción HF, obteniendo así el neumático en verde para luego pasar al área de vulcanizado en el cual el neumático se somete a altas temperaturas para formar así el proceso de vulcanización. Finalmente, estos neumáticos son transportados hasta el sector de Final Finish en el cual se realizan las pruebas de fuerza y balanceo.

Durante muchos años la empresa ha intentado disminuir de distintas maneras todas las dificultades que se le van presentando.

El departamento de mejora continua se ha encargado de llevar a cabo proyectos basados en la metodología DMAIC (R, Milliken, 2013) en todas sus plantas a nivel mundial.

Esta memoria utiliza como base la metodología anteriormente mencionada junto a herramientas de análisis de procesos y datos, todo lo anterior visto bajo una mirada de ingeniería mecánica, la cual en base a datos recolectados sea capaz de generar contramedidas para atacar el problema encontrado durante la aplicación de la metodología.

Con esto se espera contribuir de forma positiva a la disminución de desperdicios y generar conciencia no solo en esta empresa en particular sino en todo el rubro manufacturero, en base a metodologías de trabajo enfocada en el mejoramiento continuo e ideas innovadoras.

2. Problemática

Los estudios se realizaron desde diciembre a marzo del año 2020 en la planta manufacturera de neumáticos ubicada en Santiago de Chile.

Estos estudios mostraron considerables desperdicios de neumáticos por diferencia de valores de balanceo hasta de 300 [neumáticos/mes], lo que implica pérdidas de $13600 \left[\frac{USD}{mensual} \right]$, esto sumado al impacto en la uniformidad del neumático, uno de los factores críticos de la calidad del producto en la compañía, y el parámetro diferenciador con gran parte de las competencias, junto con la vida útil, y la funcionalidad de este.

Actualmente, no se sabe realmente donde se ocasiona el problema de balanceo, por lo que ha sido una ardua búsqueda por parte del equipo de Calidad de la organización, especialmente la gerencia de calidad, para así generar medidas de mitigación y prevención temprana de la falla.

El proceso de construcción de un neumático comprende una serie de etapas y diversas variables, las cuales convergen en las “pruebas finales del neumático ya vulcanizado”. Dentro de esta etapa se visualiza un problema de “Fuera de balanceo” el cual ha sido crónico para ciertos códigos de neumáticos y su impacto en los costos ha sido considerable ya que el costo de un neumático vulcanizado es mayor a uno en verde. Es aquí donde se ha encontrado una oportunidad de mejora para el área de uniformidad para así encontrar la causa raíz a esta problemática.

3. Objetivos

En la siguiente sección se muestran los objetivos del presente trabajo, la cual se dividen en objetivo general y específicos.

3.1 Objetivo General

Determinar una solución para disminuir los rechazos de neumáticos en industria manufacturera.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de información acerca de los distintos parámetros y condiciones que puedan provocar el rechazo de neumáticos por falla de balanceo.
- Identificar variables y definir el problema respecto a la situación actual del proyecto.
- Realizar análisis causa raíz, con el objetivo de entender el fenómeno e identificar las posibles fallas.
- Generar una propuesta de mejora junto con un plan de seguimiento para el control de la propuesta de mejora.
- Estimar costos y potencial de ahorro de la mejora propuesta en términos monetarios.

4. Marco Teórico

En el siguiente capítulo se procede a definir los conceptos previos que servirán como base para el planteamiento de las propuestas de mejora de los procesos desarrollados en este trabajo.

4.1 Seis Sigma

Seis Sigma (6σ) es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de negocio. Esta estrategia se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. (Gutiérrez & Salazar, 2009)

4.2 Metodología DMAIC

El DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es la metodología de mejora de procesos usado por Seis Sigma y es un método iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos o pruebas y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada.

En la **Figura 1** Se muestra el resumen de las etapas de aplicación de la metodología antes señalada, en donde se puede apreciar que las etapas Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, generan un ciclo, el cual, si no lograr el objetivo planteado se vuelve a la etapa medir, con el fin de no reformular por completo el proyecto.

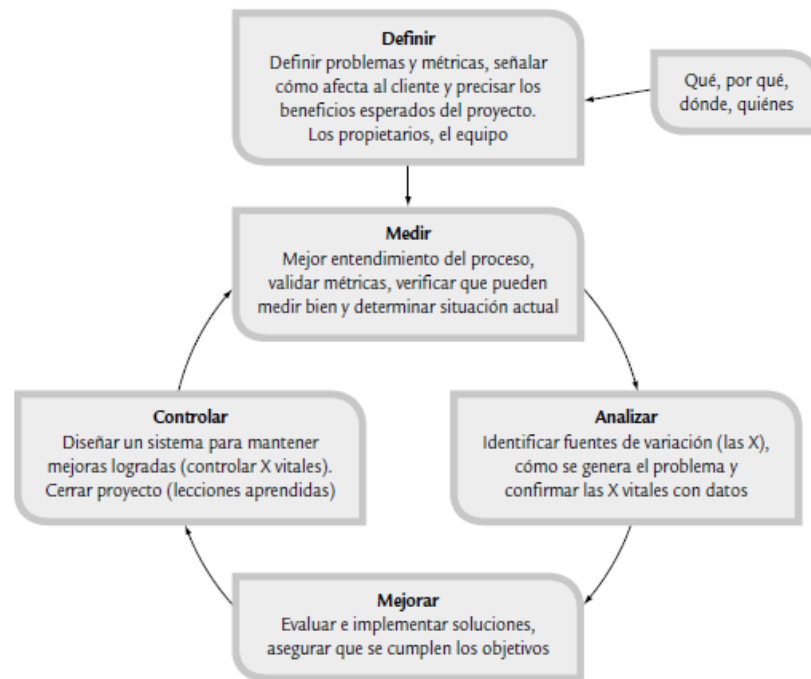


Figura 1 Las 5 etapas en la realización de un proyecto seis sigma (Fuente: (Gutiérrez & Salazar, 2009).

4.2.1 Definir (D)

En esta etapa se delimitan y se sientan las bases del proyecto. En esta fase de debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen. (Gutiérrez & Salazar, 2009)

Para comenzar es necesario estratificar los datos con análisis de Pareto para explicar por qué el proyecto ha sido seleccionado, documentar el título del proyecto, las pérdidas específicas, el alcance del proyecto y los ahorros estimados.

Por otra parte, es fundamental organizar el equipo de trabajo del proyecto estableciendo así un equipo multidisciplinario dado que la metodología requiere la participación de distintas entidades de la organización que sean claves para el proyecto, determinando fechas y hora de reuniones para el planteamiento de cada etapa del proyecto.

4.2.2 Medir (M)

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud de la situación que aborda el proyecto, además se debe mostrar evidencia de que se tiene un sistema de medición confiable y adecuado. (Gutiérrez & Salazar, 2009)

Para ayudar al entendimiento general, se genera un mapa de proceso detallado del proceso, o un diagrama de flujo en donde se mientras las entras y salidas del proceso. Luego verificar la fiabilidad del sistema de medición ya sea por medio de estudios de repetibilidad, análisis de capacidad de procesos, entre otros, para luego reunir los datos con los cuales se determina la línea base (base-line) del proyecto y los objetivos de mejora establecidos, además de determinar los ahorros potenciales los cuales deben ser verificados por el equipo financiero.

4.2.3 Analizar (A)

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que estas generan el problema y confirmar las causas con datos. Entonces se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundar y confirmarlas con datos, para esto es necesario identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas del problema. (Gutiérrez & Salazar, 2009)

Existen distintas herramientas de utilidad para desarrollar la etapa de Analizar, por ejemplo, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, cartas de control, diagrama de árbol, entre otros. Una vez identificadas las causas con sus respectivas soluciones, estas se estratifican y se clasifican por orden de ejecución según su imparto y costo de implementación.

4.2.4 Mejorar (M)

Es la cuarta etapa de la metodología es en donde se proponen, implementan y se evalúan soluciones que atienden las causas raíz del problema. (Gutiérrez & Salazar, 2009) Es importante luego de implementar cada contramedida determinar el efecto que esta tuvo sobre los KPIs, para así obtener la aprobación de liderazgo para mantener las mejoras seleccionadas a largo plazo y se mantendrán luego de finalizar el proyecto.

4.2.5 Controlar (C)

Es la última etapa de la metodología en donde se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas. La dificultad de esta etapa radica en que las acciones de mejora implementadas se vuelvan permanentes y se generalicen para todos los que participan en el proceso, a final de cuentas el reto de esta etapa es que las mejoras soporten la prueba del tiempo. Generalmente se genera un plan de control en el cual se realizan los siguientes planes:

- Desarrollar y poner en marcha un plan para mantener las mejoras a largo plazo.
- Generar un plan de replicación de las contramedidas a otras máquinas o procesos similares.
- Desarrollar un plan de entrenamiento para ofrecer la formación necesaria a los trabajadores y asociados que actualmente participan en el proceso.

4.3 Herramientas de estudio y análisis

La calidad no solo se basa en metodologías y estrategias, sino que también en herramientas de análisis y estudio para poder identificar, medir y controlar. Estas en su mayoría poseen un fundamento estadístico que las avalan, pero no se necesita mayor conocimiento en el área para poder desarrollarlas. A continuación, se presentan las herramientas más utilizadas y las que se llevarán a cabo durante el desarrollo del proyecto.

4.3.1 Análisis de Pareto

El diagrama de Pareto o más conocido como la “Ley 80-20” tiene como objetivo mostrar los elementos más críticos en un fenómeno, el cual se basa en que el 20% de las causas (fallas) generan la mayor cantidad de problemas 80%, permitiendo así la priorización de una serie de causas o factores que afectan a un determinado problema

Un ejemplo de gráfico de Pareto se muestra en la **Figura 2** en donde se muestran distintas fallas para una problemática general.

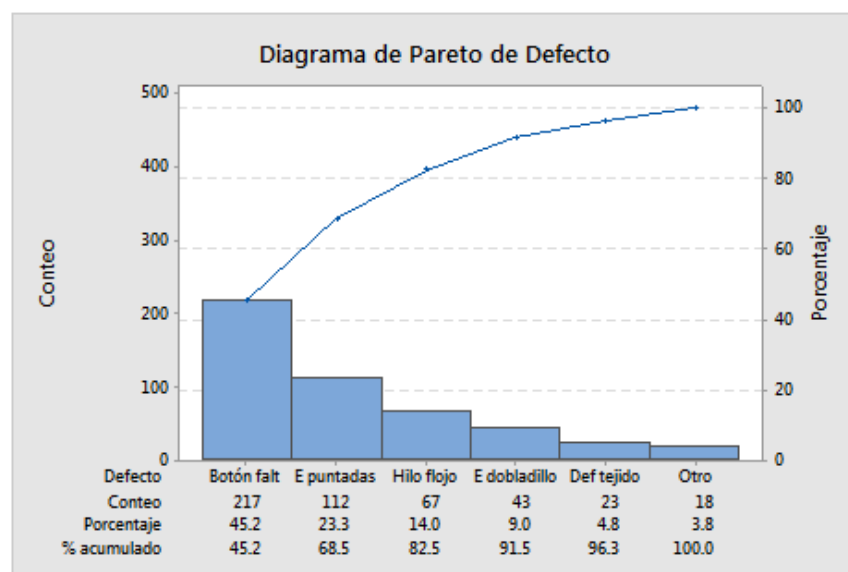


Figura 2 Ejemplo Diagrama de Pareto (Fuente: Ejemplo diagrama de Pareto Minitab Inc.2019)

En el ejemplo anterior se muestra los defectos de la ropa en una fábrica de vestuario, donde el 42,2% corresponde al defecto de botón faltante y 23,3% son errores de puntadas. El porcentaje acumulado de botones faltantes y errores de puntadas es de 68,5%. Por lo tanto, la mayor mejora a todo el proceso se podría lograr resolviendo los problemas de botones faltantes y puntadas.

Generalmente en el eje de las ordenadas del costado izquierdo se encuentra la frecuencia de ocurrencia del problema principal mientras que en el eje de las ordenadas del costado derecho muestra el porcentaje acumulado en base al número total de ocurrencia. Por otro lado, en el eje de las abscisas se muestran las causas de las fallas.

4.3.2 SIPOC

Diagrama consistente en una tabla donde se nombran los componentes generales que interactúan en el negocio, su nombre proviene del acrónimo en inglés de *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Costumers* (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes). Con este diagrama se puede analizar de manera rápida lo que ocurre con el proceso y su entorno, su procedimiento de elaboración comprende de las siguientes actividades (Gutiérrez & Salazar, 2009):

1.- Acotar proceso y hacer diagrama de flujo general donde se especifiquen las etapas principales.

2.- Identificar cuáles son las salidas del proceso, y cuales son los resultados que genera el proceso.

3.- Especificar los usuarios /clientes, que son quienes reciben o se benefician con las salidas del proceso.

4.- Establecer las entradas (materiales, información, etc.) que son necesarias para que el proceso funciones de manera correcta y adecuada.

5.- Por último, hay que identificar los proveedores, es decir, quienes proporcionan las entradas.

Es necesario mencionar que estas actividades no necesariamente deben realizarse de manera consecutiva, es decir, más que una serie de pasos corresponde a los requisitos mínimos que debe tener un diagrama SIPOC para poder cumplir los objetivos.

4.3.3 Diagrama de Flujo

Durante el desarrollo de un proceso DMAIC es necesario conocer el proceso y representar gráficamente las partes de un proceso. Un diagrama de flujo es una de las formas de mapear procesos, en donde se representan de forma gráfica la secuencia de actividades de un trabajo con el fin de obtener un producto específico. Es posible categorizar aquí las actividades que agregan y no agregan valor en el proceso. (Damelio, 2011). Los diagramas de flujos poseen una serie de normas para su nomenclatura las cuales se representan en la **Figura 3**.

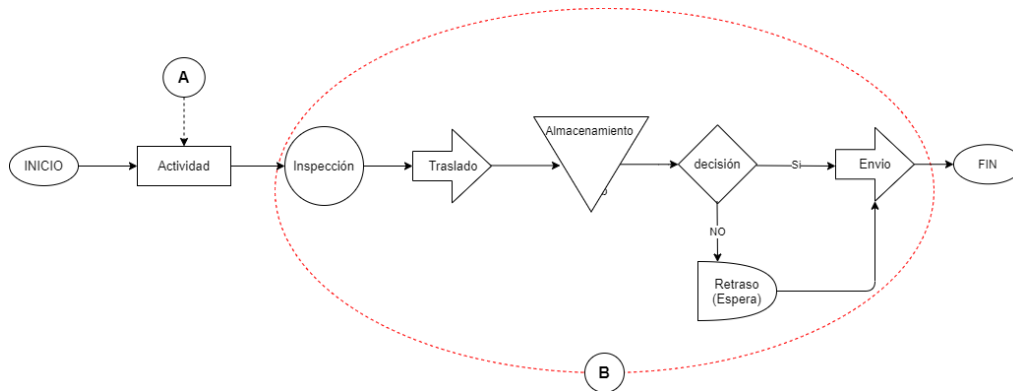


Figura 3 Ejemplo Diagrama de Flujo. (A) Actividad que genera valor, (B) Actividad que no genera valor. (Fuente: Traducido de (Damelio, 2011)).

4.3.4 Diagrama de Causa-Efecto

El diagrama de causa- efecto es un método grafico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas, sino que trata de ver el problema desde diferentes perspectivas. (Gutiérrez & Salazar, 2009).

Existen varias formas de realizar este diagrama, dentro de las cuales destacan 3: Método de las 6 M, Método tipo flujo de proceso y Método de estratificación o enumeración de causas.

El método que se utilizará en la generación de esta mejora es el de las 6 M, el cual consiste en agrupar las distintas causas en 6 ramas o áreas principales (Materiales, Mano de obra, máquina, mediciones, medio ambiente, métodos). Estos seis elementos definen de manera global todo el proceso y todos aportan variabilidad al producto final.

La contribución a la calidad por parte de esta rama es fundamental, ya que por un lado cuestiona si están bien definidos los métodos de trabajo, las operaciones y las responsabilidades; por el otro, en caso de que estén definidas, cuestiona si son las adecuadas.

Tabla 1 *Ramas principales en 6M, y sus factores principales para considerar.*

Ramas Principales	Factores para considerar
Mano de obra	-Conocimiento -Entrenamiento -Habilidad -Capacidad
Métodos	-Estandarización -Excepciones -Definición de operaciones
Maquinas	-Capacidad -Condiciones de operación -Comparación entre máquinas -Herramientas -Ajustes -Mantenimiento
Materiales	-Variabilidad -Cambios -Proveedores -Tipos de Materiales
Medición	-Disponibilidad -Definiciones -Tamaño de muestra -Repetibilidad -Reproducibilidad -Calibración
Medio Ambiente	-Ciclos -Temperatura

A continuación, se presenta un ejemplo de diagrama de causa y efecto de una empresa manufacturera que descubrieron que la mayoría de las partes son rechazadas

debido a defectos de superficie. El equipo identificó varias causas de defectos de superficie, que es el efecto o variable dependiente.

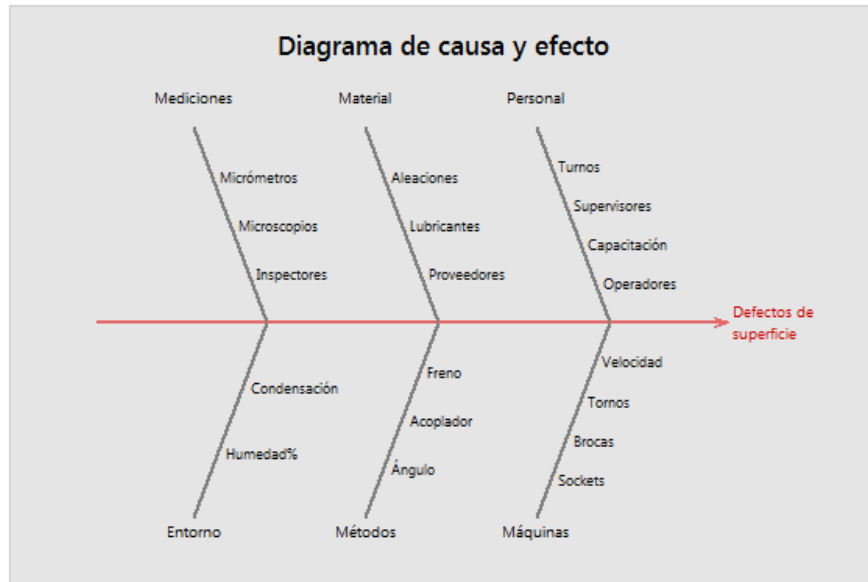


Figura 4 Ejemplo Diagrama de Ishikawa. Fuente: (Minitab, 2018)

4.3.5 Capacidad de proceso

El cumplir las especificaciones no es suficiente si lo que se requiere es alcanzar estándares de clase mundial. Los procesos tienen variables de salida o de respuestas las cuales tienen que cumplir con ciertas especificaciones con el fin de asegurar que el proceso esté funcionando de manera satisfactoria. Para poder cuantificar esto, la Metodología seis sigma posee indicadores que permiten ver que tan capaz es un proceso de cumplir sus objetivos, tanto en el largo como en el corto plazo, a estos indicadores se les conoce como: Métricas seis sigma.

MÉTRICAS DE CORTO PLAZO:

La capacidad de proceso en el corto plazo viene dada por los índices C_P , C_{pk} y C_{pm} . El uso y validez de estos viene dado por que tan centrada en la media de su distribución.

Cuando la muestra está centrada en la media, resulta necesario aplicar el índice C_p :

$$C_p = \frac{E_s - E_i}{6\sigma}$$

Donde $E_{s/i}$ corresponde a las especificaciones superiores e inferiores respectivamente, y σ es la desviación de la muestra, o bien la desviación en el corto plazo del proceso.

Cuando la muestra no está centrada en la media existen dos alternativas, que ambas entregan información confiable como para sacar conclusiones, en este caso no es necesario saber el valor nominal de la especificación, en esta última instancia se utiliza el índice C_{pm} , calculado como el mínimo entre la capacidad superior (C_{ps}), y la inferior (C_{pi}).

$$C_{pm} = \min\{C_{ps}, C_{pi}\}$$

Con C_{ps} y C_{pi} :

$$C_{ps} = \frac{E_s - \mu}{3\sigma} ; C_{pi} = \frac{\mu - E_i}{3\sigma}$$

Donde μ corresponde a la media de la muestra, o el promedio en el corto plazo del proceso. Otra alternativa, esta vez cuando se conoce el valor nominal de la métrica, es posible obtener un índice de capacidad más realista, conocido como C_{pk} que se conoce como índice de capacidad real del proceso o índice de Taguchi:

$$C_{pk} = \frac{E_s - E_i}{\sqrt{\sigma^2 + (VN - \mu)^2}}$$

Donde $E_{s/i}$ corresponde a las especificaciones superior e inferior respectivamente, σ es la desviación estándar del proceso en el corto plazo, μ es la media del proceso y VN es el valor nominal de la Especificación. El uso de cada indicador puede discriminarse a partir del indie de descentrado K el cual indica que tan centrada esta la distribución de un proceso con respecto a las especificaciones de una característica dada, dado por la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(E_s - E_i)}$$

Como se aprecia, este indicador mide la diferencia entre la media del proceso μ , y el valor objetivo o nominal N (*target*). Si el signo del valor de K es positivo significa que la media del proceso es mayor al valor nominal y será negativo cuando $\mu < N$. (Gutiérrez & Salazar, 2009)

5. Goodyear Chile S.A.I.C

La empresa fue fundada el año 1898 en Akron, Ohio bajo el nombre de The Goodyear Tire & Rubber Company, el que fue fundado con este nombre en homenaje al descubridor del proceso de vulcanización Charles Goodyear.

En Chile la primera empresa productora de neumático estaba en manos de la Industria Nacional de Neumáticos (INSA), para luego en el año 1978 esta pasara a ser Goodyear. Hoy en día la empresa cuenta con la certificación de diversas normas, como es la ISO 9001 de calidad, IHSAS 18001 de seguridad, ISO 14001 de medio ambiente, y la norma ISO/TS 16949 de proveedor de equipo original para la industria automotriz.

5.1 Contextualización de la planta

Dentro de las actividades que se realizan en la planta, se tienen una serie de iniciativas para mantener la optimización

5.1.1 Iniciativa de Optimización de Planta

La iniciativa fue planificada desde el año 2006, y puesta en marcha desde el año 2013 con el objetivo de eficientar, y mejorar los procesos a los estándares internacionales de manufactura de neumáticos. Consta principalmente de nueve pilares fundamentales, y tres cimientos que conforman la casa de calidad de la empresa.

La base de la casa de calidad consta de 3 fundamentos culturales de la compañía y se construyeron en base a los valores, misión y visión de la empresa.

- **PEC:** Del inglés *People and Enviroment Care* (Cuidado por las personas y el medio ambiente), este consiste en la implementación de una cultura con conciencia ambiental, tomando conciencia de que el producto elaborado se realice con la menos cantidad de residuos contaminantes posibles, teniendo en cuenta la responsabilidad social y medioambiental que tienen las industrias con la comunidad.
- **One Goodyear Way:** Un Camino Goodyear implica que todas las plantas pertenecientes a la compañía a lo largo de todo el mundo trabajen alineadas

según una misma metodología, independiente de los distintos tipos de producciones.

- **Zero Losses:** El cimiento Cero Perdidas consiste en obtener nuevas ideas de mejora para las distintas áreas constantemente, asegurando que los proyectos que se realicen en la empresa sean un beneficio real para los distintos niveles dentro de la empresa.

Una vez que los cimientos son implementados resulta necesario el generar métodos de trabajos que apuntes a realizar las tareas de manera más eficiente. Es por esto que existen pilares en los cuales se sostiene el plan de optimización de la planta.

- **WPO:** Del inglés *Work Place Organization* (Organización del Lugar de Trabajo), equipo de trabajo encargado de estandarizar y distribuir el lugar de trabajo dentro de la planta, promoviendo el orden y limpieza de este, no solo con el fin de mantener un ambiente limpio y grato, si no que para identificar fuentes de posibles riesgos para las personas.
- **CSD:** Del inglés *Continuum Skills Development* (Desarrollo Continuo de Habilidades), su función principal es mantener una continua capacitación para el personal productivo de la planta para así disminuir la brecha existente entre el método de trabajo y el empleador.
- **DEC:** Del inglés *Daily Equipment Care* (Cuidado Diario de los Equipos), este pilar se encarga de identificar y prevenir riesgos en los equipos. Con el propósito de disminuir la cantidad de paradas, alargando así la vida útil de los equipos y promover la responsabilidad del operador.
- **RE:** Del inglés *Reliability Excellence* (Excelencia en Confiabilidad), son los encargados de realizar los estudios de confiabilidad en la empresa.
- **FI:** Del inglés *Focused Improvement* (Mejora Enfocada), corresponde al equipo de mejoramiento continuo de la compañía enfocado en los equipos y sistemas más críticos para la generación de mejoras.

Finalmente existen cuatro pilares avanzados en la casa de calidad de la compañía, los cuales se irán desarrollando a medida que los pilares anteriores ya sean parte de la cultura general de la organización:

-**PF**: Del inglés *Production Flow* (Flujo de Producción).

-**QP**: Del inglés *Quality Process* (Calidad de Proceso).

-**EMM**: Del inglés *Early Equipment Management* (Gestión anticipada de los equipos), luego de tener implementada la gestión preventiva de los equipos, el objetivo bajo este pilar es generar una gestión predictiva, para así anticiparse a la falla y asegurar un máximo aprovechamiento de sus funciones.

-**NPI**: Del inglés *New Product Industrialization* (Industrialización de Nuevos Productos).



Figura 5 Diagrama QFD de la Optimización de Planta Goodyear. Fuente: (The Goodyear Tire and Rubber Company , 2013)

5.2 Tipos de Proyectos dentro de la empresa

Dentro de la compañía, los proyectos se clasifican según tres criterios, los cuales se diferencian en su nivel de alcance, inversión y duración de la implementación.

- **Just do it:** Corresponden a iniciativas a corto plazo orientadas a eliminar dificultades cuya causa y solución ya son conocidas, tienen un tiempo de duración de dos a tres semanas y su nivel de inversión es bajo. Por lo general estos proyectos corresponden a mejoras impulsadas por los mismos trabajadores para mejorar la calidad del proceso en su día a día.
- **White Belt:** Proyectos de mediano a corto plazo mayormente vinculados a la reducción de fallas recurrentes con una falla conocida y su duración va de uno a dos meses. Los líderes de estos proyectos pasan por una capacitación del equipo de mejoramientos y por lo general son asesorados por un Green Belt entrenado por la empresa para el desarrollo del proyecto.
- **DMAIC:** Proyecto de mediano a largo plazo enfocado en la corrección o eliminación de fallas crónicas de causa desconocida, reciben este nombre debido a que se desarrolla por medio de la metodología llamada de la misma forma. Su duración nominal es de tres meses, aunque es relativo ya que existen proyectos DMAIC que necesitan más tiempo para conocer la causa raíz del problema.

Cabe destacar que cualquier proyecto a realizarse dentro de la planta debe ser aprobado por la Gerencia, y el POT (Plant Organization Team), una vez que se obtiene la aprobación, el proyecto oficialmente ingresa a la plataforma de mejoras.

5.3 Partes del Neumático

El neumático HVA se compone principalmente de seis partes, las cuales van variando de cantidad o tipos dependiendo del neumático del cual se está fabricando, diferenciándose en tamaño, uso o hasta de las condiciones climáticas en las que se esté expuesto este.

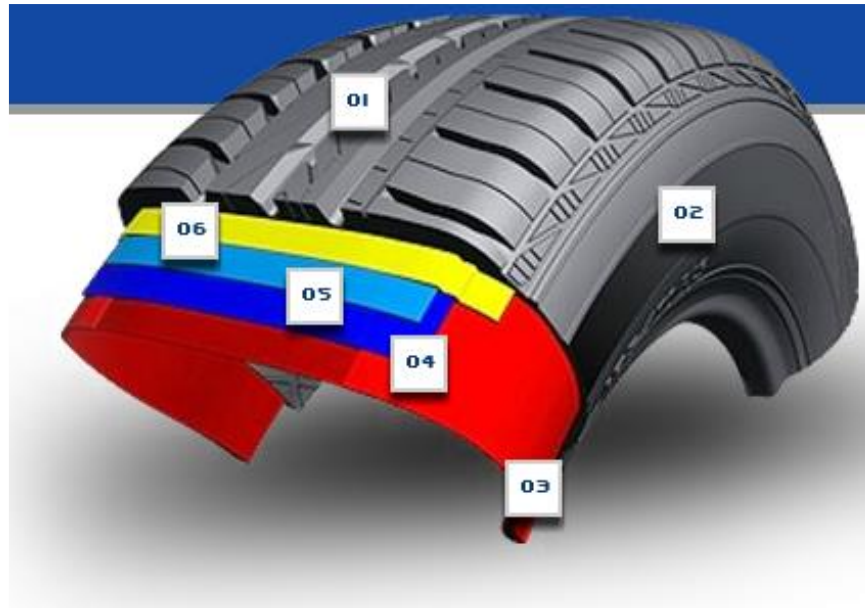


Figura 6 Descomposición neumático. Fuente: (Company, The Goodyear Tire & Rubber, 2009)

La parte más externa del neumático es la que tiene interacción del caucho con el suelo, señalada en la **Figura 6** se llama banda de rodadura (1) encargada de proporcionar la tracción y adherencia, su diseño y composición determinan muchas características de rendimiento importantes del neumático. Las Bandas Laterales (2), se encarga principalmente en amortiguar los golpes recibidos por la banda de rodadura y proteger de posibles impactos laterales en esta banda se encuentra escrita la información del neumático, las bandas laterales además constan con una franja divisoria denominada “chaffer” teniendo como función envolver los conjuntos ápex pestaña para agregar firmeza al producto. Las pestañas (3) corresponde a un alambre de acero, empalmado con caucho que asegura un ajuste adecuado entre el neumático y la llanta del auto.

Por su interior el neumático está compuesto por la carcasa o cojín (4) estas telas están compuestas de caucho, poliéster y fibras naturales las cuales tienen como función

aportar estanqueidad en reemplazo lo que antiguamente era la cámara de un neumático convencional. Además de amortiguar, soportar cargas y aportar flexibilidad al neumático. Los Breaker (5) corresponden a disipadores de energía mecánica dentro del neumático el cual consta de acero engomado, su función es brindar estabilidad mejorando así el contacto con el suelo y aumentando la resistencia contra impactos, cortes y perforaciones. Finalmente, el Overlay (6), es una capa que se utiliza para complementar la función del breaker, minimizando las deformaciones producidas, aumentando la resistencia y robustez a la estructura.

5.4 Áreas Productivas de la Empresa

Existen distintas áreas dentro de la organización encargadas de llevar a cabo el proceso de fabricación de un neumático HVA, esta se divide en 8 áreas productivas correspondiente a una agrupación de procesos principales para la fabricación. Cabe señalar que estas son coordinadas por 7 EAD's (Equipo de Alto Desempeño), grupo conformado por 4 ingenieros que coordinan el área de Calidad del Producto, Producción, Personal y Mantenimiento.

- **Banbury:** Producción de caucho a partir de la mezcla de materias primas, estos se componen de tres niveles que involucran el mezclado inicial, tratamiento con negro de humo, y molino laminador de componentes.
- **Extrusión:** Área Encargada de la fabricación de Bandas de Rodamiento y Laterales, cuenta con dos grandes máquinas. La Hexaplex de 6 turbinas, de las cuales se utilizan cuatro, las otras dos son redundancia, capaz de producir 72 metros de longitud por minuto. La extrusora Cuadruptex con la cual se fabrican los laterales cuenta con 4 toberas para los distintos componentes de esta.
- **Preparatorio:** Área encargada de la producción de telas, cojín y breaker cuenta con dos Calandras, la Calandra Z, cuya función es la fabricación de rollos de tela para ser cortadas posteriormente, la Calandra GUM, encargada de la fabricación del cojín del neumático, además de los hombros para la tela primera. Por otro lado, existen 6 máquinas Steelpastics

y 6 máquinas Creel encargadas de la fabricación del Breaker. Existen 2 Cortadoras Fischer, cuya función es el dimensionamiento de las telas, La cortadora Cameron, utilizada para dividir el compuesto laminado proveniente de la calandra GUM.

- **Ápexer y Pestañas:** Constituida por tres máquinas conformadoras de pestañas y ocho máquinas de apexado. En esta área el 80% de las pestañas son hexagonales y un 20% son pestañas planas.

Las áreas mencionadas anteriormente pertenecen a la UMA (Unidad Manufacturera A), mientras que las siguientes tres pertenecen a la UMB (Unidad Manufacturera B).

- **Construcción:** Son los encargados del ensamble de las partes del neumático generando así el Neumático en Verde, cuenta con 24 máquinas automatizadas denominadas HF por la marca del proveedor. Una vez generado el neumático es conducido a un conveyor que conduce a ASRS, o por medio de carros GT que posteriormente son trasladados a la inspección de estos, asegurando así el cumplimiento de los objetivos de producción.
- **Vulcanizado:** En esta área por medio de moldes calientes se da la forma final al neumático, estos moldes graban la Banda de Rodamiento y la información asociada al neumático en sus Laterales. Cuenta con 6 líneas de 10 prensas manuales con capacidad para 2 neumáticos, y 6 líneas de prensas automáticas, que recibe los neumáticos directos de ASRS.
- **Final Finish:** Área encargada de testear el balanceo y someter el neumático a condiciones de servicios, además de corregir defectos superficiales menores. El área cuenta con 17 máquinas FVM y 8 DBM, cabe mencionar que todos los neumáticos son sometidos a análisis en estas máquinas para poder evaluar los parámetros de uniformidad.

A continuación, se presenta un esquema explicativo del funcionamiento general de la planta para entender de mejor manera los macro procesos involucrados explicados anteriormente.

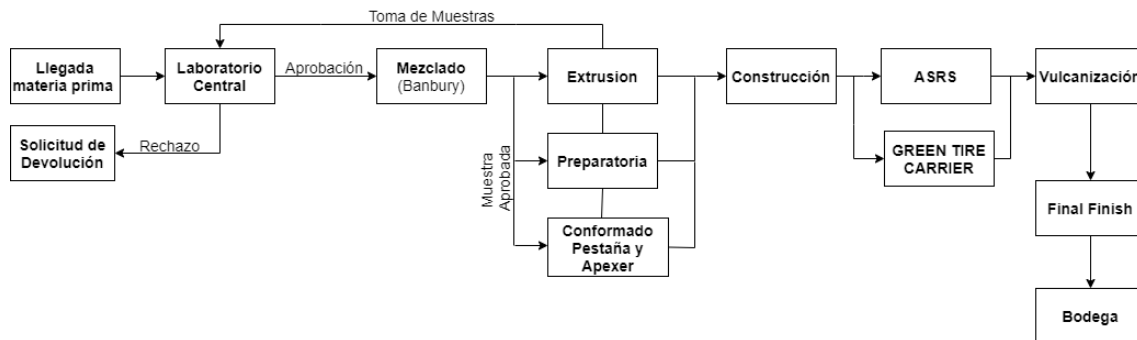


Figura 7 Diagrama de Flujo desde la llegada de Materia Prima, hasta la llegada del neumático a bodega. (Fuente: Elaboración propia por medio de plataforma Draw.io)

6. Aplicación Metodología DMAIC

En este capítulo se da a conocer la planificación, gestión y desarrollo de las distintas etapas dentro del ciclo DMAIC. Se dará mayor énfasis y desarrollo a las primeras tres etapas. Cabe mencionar, que la pauta de trabajo (R, Milliken, 2013) no necesariamente ocupa las herramientas recomendadas para cada etapa en términos académicos, por lo que pueden existir ciertas diferencias con la metodología convencional.

A continuación, se aplica metodología para un caso particular visto en la empresa manufacturera Goodyear Chile S.A.I.C en donde se aprecia una considerable cantidad de desperdicio en cuanto a materiales y tiempos de producción.

6.1 Definición del problema

Se informa problemas dentro de la planta Goodyear Chile, en donde se identifican desperdicios de neumáticos vulcanizados principalmente en el área de uniformidad por diversas fallas generadas por los materiales. Por lo que es necesario disminuir la cantidad de neumáticos defectuosos para aumentar la calidad y disminuir los desperdicios.

Para corroborar lo informado, se presenta la información adquirida desde la base de datos de Goodyear en la sección Anexo, donde en la **Figura A. 1** muestra la estratificación de las fallas más recurrentes para neumáticos vulcanizados normalizados en base a la producción total de neumáticos quedando en claro que la falla de fuera de balanceo se encuentra entre las 3 primeras fallas de la planta por lo que es acá donde se enfoca el proyecto.

Se comienza definiendo la uniformidad, este concepto viene de un conjunto de características de rendimiento de los neumáticos que describe la tendencia de estos a generar variaciones de fuerza y momentos mientras esté en contacto con la carretera. La variación de fuerzas y momentos generados se transmiten a través de la estructura neumático-llanta y el sistema de suspensión de la carrocería provocando vibraciones y ruidos que pueden comprometer la comodidad de los ocupantes del vehículo en este caso el cliente final. Estas vibraciones excesivas generadas por la falta de uniformidad pueden

perturbar el manejo, crear fatiga y acortar la vida útil de los neumáticos. La falta de uniformidad puede provenir de imperfecciones en el proceso de fabricación, algunos aspectos de diseño de neumático o incluso de una instalación precaria.

El equilibrio en el neumático es una característica relacionada con la uniformidad la cual representa una distribución desigual de la masa de los neumáticos con respecto a su eje de rotación. (Goodyear Tire & Rubber, 2018)

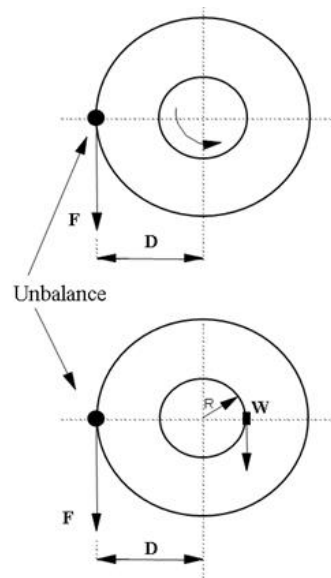


Figura 8 Diagrama de fuerza desbalanceada.

Durante los meses de diciembre, enero y febrero 2020 se están desperdiciando 270 neumáticos mensualmente por encontrarse fuera de los parámetros de balanceos exigidos. Luego se analiza la familia de neumáticos para focalizar el proyecto y se realiza un Top Ten de las familias de neumáticos con mayor rechazo por fuera de balanceo.



Figura 9 Diagrama de Pareto con las 10 principales familias de neumáticos por fuera de balanceo estático. (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365.)

Las 10 principales familias de neumáticos que se muestran en la **Figura 9**, en donde el principal ofensor es el “ASSURENCE WEARTHHER READY” con 437 unidades rechazadas en 3 meses de investigación, siendo este el 53,75% del total de rechazos por encontrarse fuera de balanceo.

Dentro de la familia “ASSURENCE WEATHER READY” existen una serie de neumáticos fabricados con distintos compuestos en su banda de rodamiento. A continuación, se presentan los neumáticos rechazados dependiendo del compuesto con el cual se está fabricando.

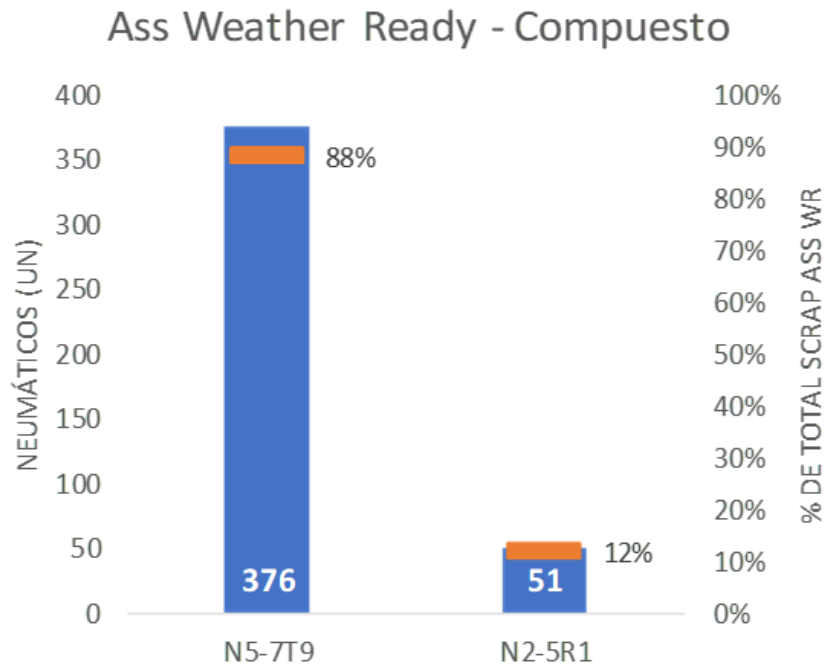


Figura 10 Clasificación de neumáticos por compuesto utilizado en banda de rodamiento. (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365.)

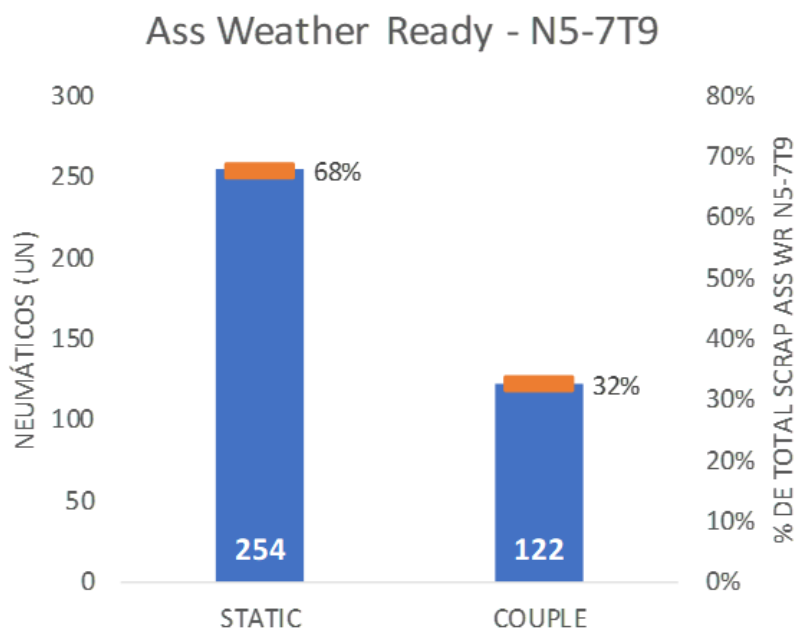


Figura 11 Clasificación de tipo de balanceo en neumáticos Ass Weather Ready con compuesto N5-7T9. Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365.)

Se ha detectado que el compuesto conflictivo es el N5-7T9 con más del 80% de rechazos por balanceo, siendo este el compuesto a investigar para la continuación del proyecto, visualizando más específicamente se debe disminuir el balanceo estático siendo este el mayor ofensor dentro de la familia de neumáticos Assurance Weather Ready con compuesto N5-7T9.

6.1.1 Definición

En el área de construcción se encuentran perdidas de materiales como de tiempos de producción, Se puede asegurar si un neumático esta fuera de balanceo solo si este ya se encuentra vulcanizado y ha sido testeado por el área de Final Finish.

Se generan mensualmente 270 neumáticos rechazados por balanceo, todo esto con un costo total aproximado que asciende a $13600 \left[\frac{USD}{mes} \right]$.

El compuesto N5-7T9 se encuentra principalmente en las bandas de rodamiento del neumático fabricado en el área de extracción dentro de la planta, estos ingresan en forma de rollos al área de construcción para ser utilizados en su totalidad, y luego llevados al área de vulcanización, terminando en el área de Final Finish donde son analizados y encontrados fuera de balanceo por máquina DBM. Por todo lo anterior es de suma importancia buscar una solución a dicho problema dado que no solo afecta económicamente a la compañía, sino que también afecta al medio ambiente, además si el balanceo no se detecta a tiempo, se podría producir un neumático con fallas estructurales, lo que presenta un riesgo inminente para el cliente.

Para entender de mejor manera la relación entre todas las partes involucradas, se desarrolla un diagrama SIPOC, en donde se ven las relaciones entre Proveedores (Suppliers), Entradas (Inputs), Proceso (Process), Resultados (Outputs), y Clientes (Costumers).

Tabla 2 SIPOC de proceso para banbury donde se identifican los distintos elementos que interactúan en el área.

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Banbury (Área)	-Caucho -Caucho reprocesado* -Energía -Recurso Humano	Extrusión	Bandas y Laterales	-Construcción (Área) -Control de Producción -Laboratorio Central -Stakeholders

En la **Tabla 2** se observan dos entradas iguales, pero de distintas procedencias, una viene directamente desde banbury mientras que otra fracción de materiales viene de reprocesos de este mismo, lo que implica que la calidad del producto puede verse afectada con burbujas de aire debido al reproceso. Por otra parte, es fundamental mantener una buena comunicación entre las áreas de Extrusión, Construcción y Laboratorio Central para mantener la cantidad de stock necesario y manteniendo la calidad en todo el proceso.

Para el caso del área de Construcción, existe una mayor cantidad de entradas ya que es en esta parte donde convergen todas las partes y piezas destinadas al ensamble del producto.

Tabla 3 SIPOC de proceso de Construcción donde se identifican los distintos elementos que interacturan en el Área.

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Extrusión Preparatoria	-Bandas y Laterales -Pestañas	Construcción	-Neumático en verde -Material Scrap	-Inspección en verde -Stakeholders
Ápexer y Pestañas	-Telas y Cojín -Recurso Humano -Energía			-Control de Producción -Vulcanización

6.2 Medir

Como se menciona anteriormente, el balanceo estático se genera en el compuesto N5-7T9 utilizado principalmente en la extrusión de bandas de rodamientos ya que esta es el material más robusto que posee el neumático. Este balanceo es verificado en las maquinas DBM, por lo que es necesario verificar el sistema de medición en el cual se basará el proyecto para poder validar las mediciones.

6.2.1 Proceso Extrusión de banda

El proceso de producción de bandas de rodamiento comienza con la llegada de los compuestos al supermercado véase **Figura 7**, las bandas se componen principalmente de tres componentes los cuales deben estar disponibles para su uso. En la **Figura 12** se distingue de manera gráfica el macroproceso de extrusión en la planta.

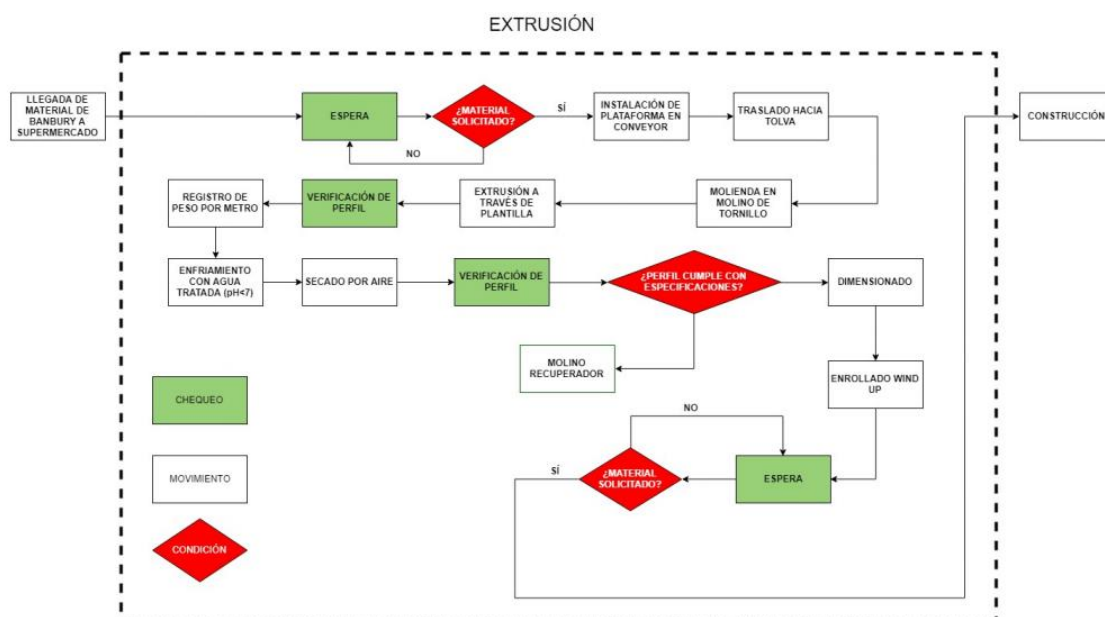


Figura 12 Mapa de proceso para el área de Extrusión.

1. Espera: El material en el supermercado no es solicitado todavía por lo cual no es utilizado momentáneamente hasta ser requerido.

2. Instalación Plataformas en conveyor y trasladado hacia tolva: Una vez que el material es requerido por el equipo de producción, se instalan las cuatro plataformas de compuestos en los cuatro conveyor, estos dirigen el material a la tolva donde se ubica el material en la cámara de molienda.
3. Molienda: La acumulación de material en la cámara de la molienda provoca un aumento en la presión y temperatura, en esta etapa es primordial que el compuesto soporte estas variaciones para que no se vulcanice antes de tiempo provocando daños en la maquina extrusora y en el producto final.
4. Extrusión: Cuando la cantidad de material es la necesaria se hace pasar por una plantilla dando la forma final a la banda de rodadura, la banda extruida además de venir con una alta temperatura requiere una verificación de su contorno para asegurar que la plantilla utilizada se encuentra dentro de los rangos especificador por el cliente. Luego la banda de rodamiento pasa por un área de enfriamiento en base de aire y agua y nuevamente se verifican los contornos. Si se cumplen las especificaciones esta es conducida por un conveyor a la zona de enrollado de wind up ubicada en la parte trasera de la máquina.

Plan de medición

Una vez los neumáticos se encuentran vulcanizados estos son trasladados al área de inspección de neumáticos vulcanizados y testeados en máquinas FVM y DBM es en esta última en la cual los niveles de balanceo son altos.

Para esto se realiza un análisis de capacidad de proceso en máquinas DBM el cual es necesario para verificar el sistema de medición en el cual se basará el proyecto para poder validar las mediciones. Se tomaron 105 neumáticos testeados (Ver Anexo **Tabla A. 2**) por balanceo para cada una de las 7 máquinas obteniendo los siguientes resultados.

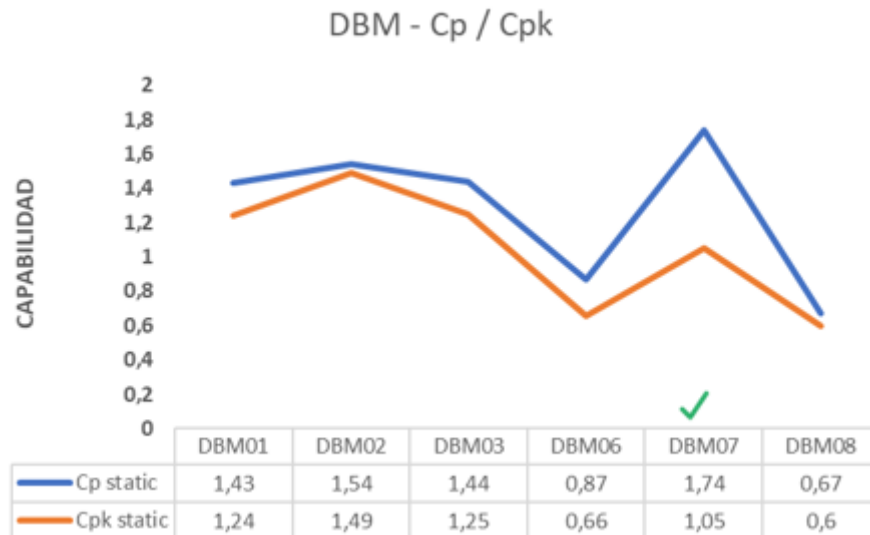


Figura 13 Capacidad de proceso para máquinas balanceadoras.

Al realizar el análisis de capacidad del proceso la máquina DBM 07 verificando de esta manera la maquina en la cual se llevarán a cabo las mediciones más confiables entre todas las DBM existentes dentro de la planta Goodyear Chile con un $C_p = 1,75$ y $C_{pk} = 1,05$ en función a la fuerza estática del neumático vulcanizado.

6.3 Analizar

6.3.1 Análisis Causa Raíz

Con las medidas ya realizadas, se tiene suficiente información para comenzar un análisis de la problemática del proyecto, para ello se trabaja en conjunto con distintas áreas y personas las cuales puedan aportar información e ideas relevantes para la solución del problema. Para esto es importante generar un cruce de información entre el área de Control de Producción y la información en terreno entregada por operarios, monitores y coordinadores de piso. Esto con el fin de obtener la información lo más honesta y confiable.

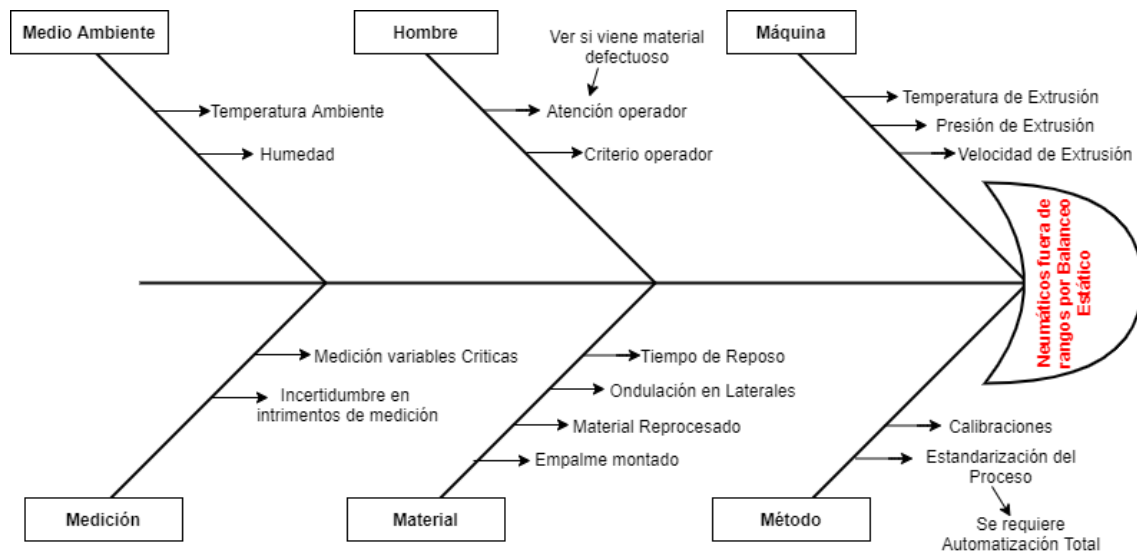


Figura 14 Análisis de espina de pescado considerando problemática principal (Fuente: Elaboración propia mediante plataforma gratuita Draw.io).

En la **Figura 14** se observan las diferentes causas relacionadas a los factores: mano de obra, material, medición, máquina, método y medio ambiente. A continuación, se estudia cada una de las causas que se encuentran en el diagrama de Ishikawa por cada una de las ramas de este.

Medio Ambiente

Temperatura ambiente y Humedad

Las propiedades del caucho van cambiando según la temperatura en la que se encuentra, es por esto que en el área de extrusión para la fabricación del lateral este pasa por un laberinto de enfriamiento antes de llegar al enrollado en spool para llegar a la temperatura ambiente. Además, es importante la temperatura en la cual realiza la extrusión ya que el caucho es muy variable dependiendo de la temperatura que está expuesto, generando así variaciones en la uniformidad del neumático.

Medición

Una causa importante es la medición de las variables críticas en la maquina extrusora al momento de discernir si un lateral es aceptado o rechazado, esto se realiza en base a un sistema conectado con el taller central en el cual se programa cuáles son la

tolerancias y especificaciones debe tener el lateral para que sea aceptado, se toma como rechazado cuando ya 3 mediciones consecutivas están fuera de rango, si bien la implementación en un sistema de medición podría evitar la utilización de material defectuoso, no se va a evitar la pérdida de material en esta área.

Maquina

Variables de Extrusión

Existen distintas variables que juegan un rol importante al momento de realizar la extrusión en las maquinas extrusoras, una de estas son la temperatura, tensión y velocidad de extrusión. Hoy en día los propios operarios pueden regular estos parámetros con el fin de mantener los parámetros de extrusión estables para que no sean rechazados, esto se ha estado controlando por medio de la configuración del “Control loop”, se sostiene que esta causa es una de las más importantes para la generación de solución para neumáticos fuera de balanceo ya que no se fabrican bandas laterales con demasiada fluctuación de parámetros para su estabilidad.

Mano de obra

Una de las principales causas que afectan esta problemática, es el poco entendimiento que se tiene de las repercusiones generadas cuando no se realiza el proceso de forma correcta. Es por esto que es necesario mantener el mismo criterio por parte de los operadores en los distintos turnos y el impacto que este puede causar en la uniformidad del neumático.

En la actualidad se ha observado la poca preocupación por los operadores al momento de la extrusión del material, recibiendo materiales defectuosos para cumplir con la cantidad de metros necesaria por turno. Es por esto que, si los monitores no están en constante movimiento, ellos son los que deben mantener en conocimiento a cada operador de la importancia del correcto uso y manipulación de los parámetros de extrusión.

Material

El material que entra a el área de extrusión viene del proceso anterior llamado banbury en el cual crean metros de caucho no procesado que entran a las extrusoras por medio de unas plantillas generando así los laterales del neumático. Es aquí donde en ciertas ocasiones existen fallas al momento de enrollar los spool, ya sea ondulación de material por falla en la extrusión, utilización de material reprocesado o el tiempo de reposo que este debe tener para luego ser utilizado en las constructoras HF.

En ciertas ocasiones el empalme montado afecta en los neumáticos fuera de rangos por balanceo estático una vez finalizados en las maquinas constructoras HF.

Método

Es necesario mantener dentro del área de extrusión la utilización de la estandarización de los procesos, ya que el monitor puede cambiar los parámetros de extrusión generando variabilidad durante la extrusión del material. Para esto se necesita generar la utilización del Control Loop en las máquinas de extrusión para que de manera automática que lleguen a los valores de calidad necesarios para disminuir el balanceo estático de los neumáticos.

6.3.2 DIAGRAMA DE ARBOL

Se identifican todas las partes involucradas en el proceso generando un desglose desde el neumático vulcanizado hasta las posibles causa raíces del problema, por medio de distintas pruebas se van descartando partes de la planta de producción.

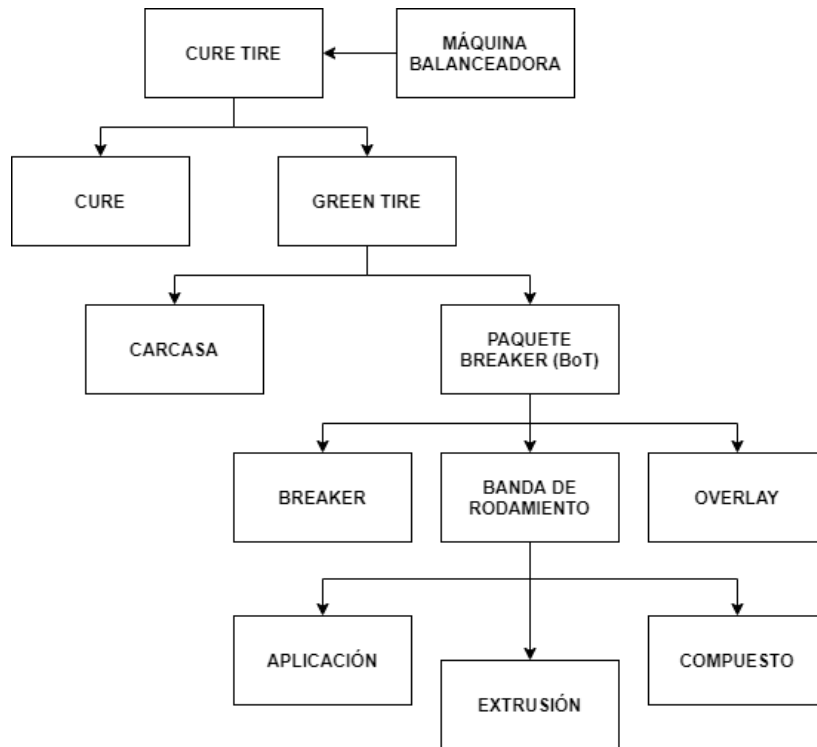


Figura 15 Diagrama de Árbol considerando procesos claves en la fabricación del neumático. (Fuente: Elaboración propia mediante plataforma gratuita Draw.io).

El diagrama de árbol comienza con el proceso de maquina balanceadora en la cual no se agrega masa hacia nuestro neumático por lo que pasamos al área de construcción de neumático en esta área el proceso se divide en Cure (Neumático vulcanizado) o Green Tire (Neumático en verde), siguiendo la misma línea anterior en el proceso de vulcanización no se inserta ningún tipo de masa adicional al neumático que pueda ocasionar una variación de masa que pueda afectar en el balanceo estático por lo que no es parámetro a medir, en cambio dentro del neumático en verde existen dos grandes conjuntos los cuales por un lado está la carcasa que se encuentra compuesta por el cojín, las telas y las pestañas y por otro lado el paquete de breaker en el cual se encuentra los breaker, el overlay y la banda de rodamiento siendo este el componente más robusto dentro de un neumático en verde.

Es necesario encontrar cual es el principal ofensor al momento de la generación del balanceo estático es por eso que se realiza una prueba para ir descartando etapas en el proceso que pueda llegar a provocar un aumento en la masa del neumático en un área específica y no ser uniforme en todo su diseño.

La hipótesis planteada hasta el momento indica que la variación de masa en el neumático se debe a una desigualdad entre el tambor de breaker y la carcasa del neumático para esto es necesario discernir cuál de los dos afecta en mayor proporción para la uniformidad del neumático.

6.3.3 Análisis Vectorial

Se realiza prueba de análisis vectorial para corroborar cual es el mayor ofensor al momento de la construcción de neumáticos por medio de programación en Excel. Para esto se toman dos modelos de neumáticos WeatherReady siendo estos el RHJL40 y RHJR40, ambos contruidos en las maquinas HF 106 y 102 respectivamente con una cantidad de 65 neumáticos por prueba. Véase en anexos **Tabla A. 3** y **Tabla A. 4**.

El análisis vectorial consta de una descomposición de vectores en este caso del vector estático el cual está conformado por una magnitud y un ángulo.

Para llevar a cabo la prueba se generaron dos condiciones de trabajo para cada modelo de neumático las cuales se separaron en dos grupos. En un primer grupo se tomaron las condiciones normales de trabajo y en una segunda condición se gira la carcasa del neumático en 180 grados para así comparar el impacto que este pueda tener en los valores de uniformidad del neumático.

A continuación, se presenta los resultados de las pruebas vectoriales:

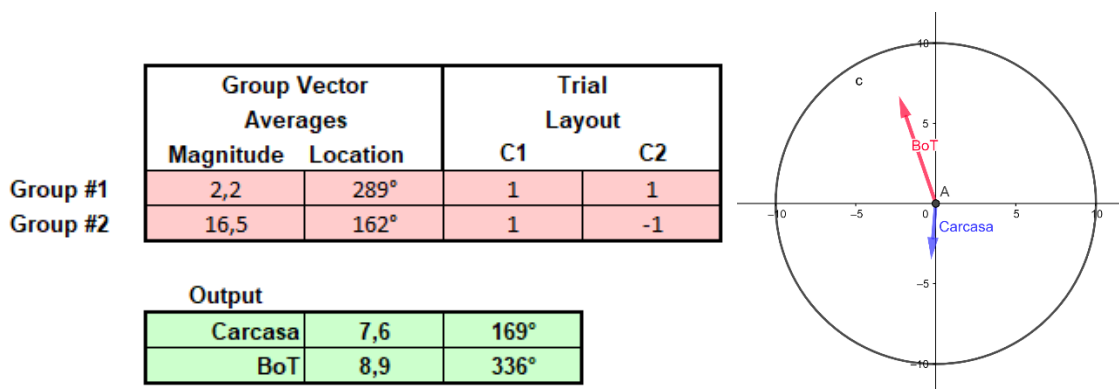


Figura 16 Análisis vectorial para neumático RHJL40 (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).

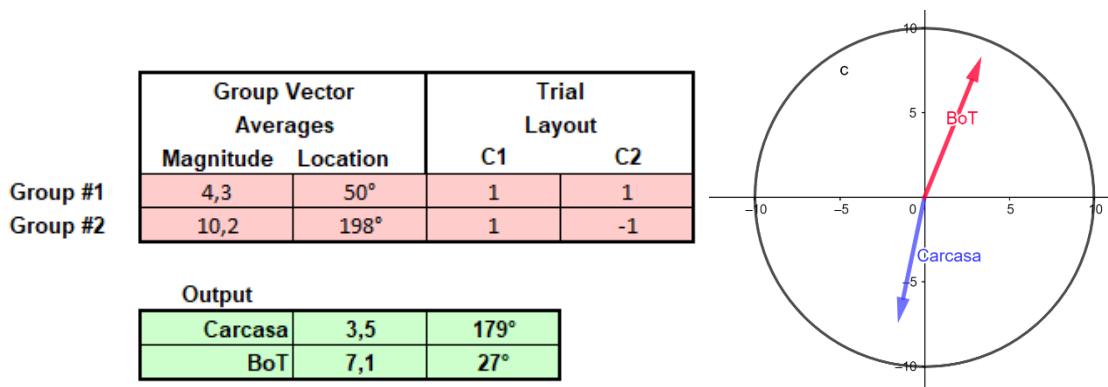


Figura 17 Análisis vectorial para neumático RHJR40 (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).

En ambos casos se puede apreciar que el vector de mayor impacto es el BoT (paquete de Breaker) el cual está conformado por breaker, overlay y banda. Por su parte el vector de la carcasa me mantiene dentro del mismo cuadrante para ambas pruebas a pesar del cambio en la aplicación lo cual representa que no existe impacto aparente en los valores de balanceo.

Al analizar la prueba realizada para el modelo RHJL40 se da cuenta que el vector estático relacionado al paquete de breaker es 8,9 ángulo 336 en comparación al vector obtenido por la carcasa el cual alcanzo un valor promedio de 7,6 ángulo 169. Esta diferencia debe al impacto que ocasiona el paquete de breaker sobre la carcasa en función a la diferencia de balanceo estático obtenidos una vez que el neumático es vulcanizado y testeado por la maquina balanceadora.

Al realizar el mismo análisis para el modelo RHJR40 el valor del vector de paquete de breaker es 7,1 ángulo 27 mientras que el impacto del vector carcasa es mínimo siendo este de 3,5 ángulo 179.

Con los datos recopilados se reconoce el efecto que tiene el paquete de breaker dentro del neumático. Este se compone del breaker, overlay y banda de rodamiento, analizando cada componente para saber cual es el mayor ofensor se tiene que revisar cuanto es la diferencia entre los componentes en los neumáticos analizados en este proyecto.

Al analizar el impacto del breaker en el neumático este no tiene incidencia ya que todos los neumáticos analizados utilizan el mismo compuesto y alambre TW00882 en la mayor cantidad de códigos de neumáticos Wheeler Ready, por lo que no será analizado en este estudio ya que no tiene efecto adverso en la uniformidad del neumático.

Por otro lado, el overlay utilizado para los neumáticos analizados dentro de este proyecto no cambia en función del código analizado por lo que siempre es el mismo no teniendo incidencia en la uniformidad del neumático.

Dado esto la investigación se centrará en la banda de rodamiento y como este afecta al balanceo del neumático final.

6.3.4 Prueba de velocidad de extrusión

La velocidad de extrusión de las bandas de rodamiento puede afectar directamente a la apariencia de esta ya que dependiendo de la velocidad del take-away (conveyor principal).

El compuesto N57T9 es muy susceptible a cambios en velocidad generando burbujas de aire dentro de él. Lo cual puede llegar a generar cambios en el peso de la banda y por ende en el balanceo del neumático vulcanizado.

La velocidad optima de extrusión para este compuesto es de 70 metros por minuto, pero esto se ve afectado al comportamiento del compuesto al momento de realizar la extrusión.

A continuación, se muestra la gráfica de construcción de banda de rodamientos con distintas velocidades de extrusión y como esta puede afectar al balanceo estático ya sea **promedio y desviación estándar**.



Figura 18 Promedio de Balanceo estático en extrusión de banda de rodamiento en función a la velocidad de línea de conveyor (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).



Figura 19 Desviación estándar en extrusión de banda de rodamiento en función a la velocidad de línea de conveyor (Fuente: Elaboración propia mediante software Microsoft Excel 365).

Se puede apreciar que al momento de existir variación en la velocidad de extrusión este genera un cambio en los valores de desviación estándar y promedio de balanceo. Bajo esta premisa se toman muestras de bandas de rodamiento con distintas velocidades para poder visualizar de mejor manera cual es el efecto del cambio de velocidad en la apariencia de las bandas.

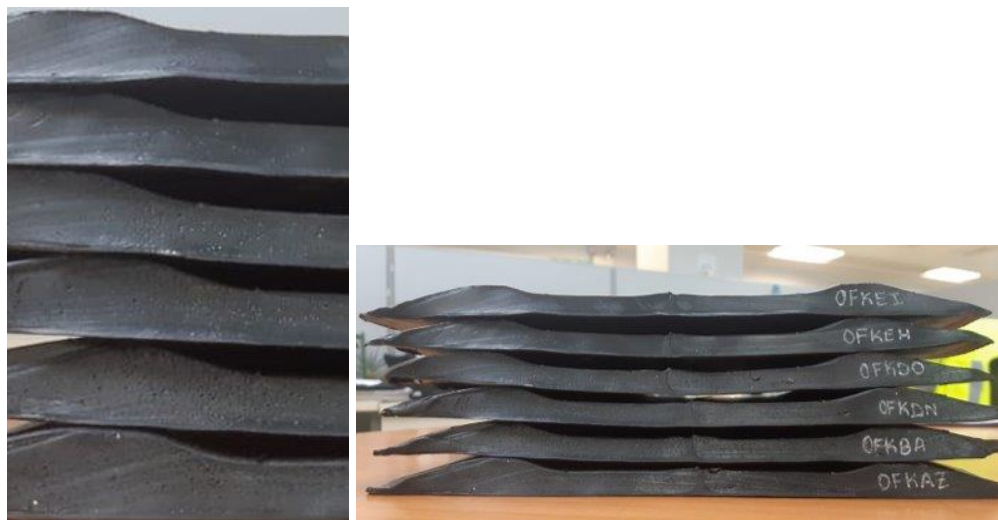


Figura 20 Prueba de extrusión de Banda.

Las pruebas se encuentran ordenadas de mayor a menor velocidad, se puede dar cuenta que existe una diferencia significativa entre las distintas velocidades de extrusión de banda a medida que la velocidad de la línea principal aumenta, la densidad por metro de banda extruida va disminuyendo, generándose burbujas de aire las cuales generan

diferencia de peso radiales al momento de testear los neumáticos contruidos en las máquinas balanceadoras.

A continuación, se muestra las velocidades a las cuales fueron extruidas los distintos spool de banda de rodamiento:

Tabla 4 Velocidades de extrusión para cassettes Bandas de Rodamiento.

Barcode NPT	Velocidad Extrusión $\left[\frac{m}{min}\right]$
OFKEY	37,8
OFKEH	37,8
OFKDO	57,7
OFKDN	57,7
OFKBA	83,5
OFKAZ	83,5

7. Mejorar

De acuerdo con la información recopilada durante la etapa de análisis, y considerando que el trabajo de título se cierra solo con la propuesta de implementación y control de las soluciones se proponen las siguientes medidas.

7.1 Implementación Control Loop Extrusora

Con el fin de disminuir los cambios manuales realizados por los propios operadores al momento de ajustar maquina a valores estandarizados por el cliente, se realiza implementación de Control Loop el cual es un programa que permite controlar el área de la banda regulando la velocidad de la línea en extrusoras de banda de rodamiento. Lo que realiza el programa es igualar el área real de la extrusión “Área FB” al área especificada por receta “Área SP”.

El control loop funciona como un sistema cerrado, donde el RTS mide el área de la banda y manda una señal al PLC para que este regule la velocidad de la línea de la máquina. Si el área esta baja, la velocidad disminuye. Si el área es superior a la especificada la velocidad de la línea aumenta generando un estiramiento de la banda disminuyendo de esta forma su área.

El RTS es “Real Time Scanner” el cual mide las características más significativas de la banda de rodadura. Para lo que nos compete el RTS mide el contorno y ancho de la banda para obtener de esta forma el área (área bajo la curva).

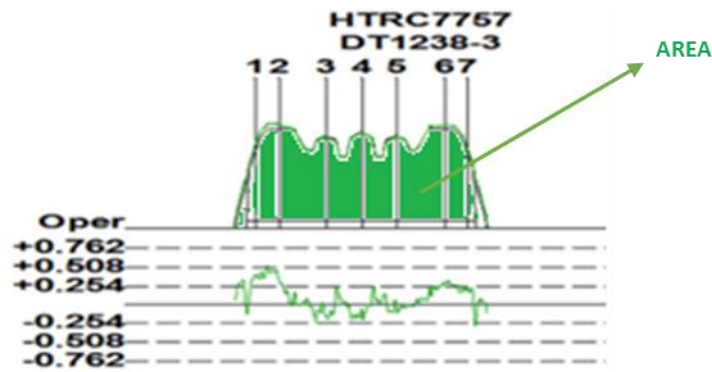


Figura 21 Sistema RTS para contorno y área de banda de rodadura.

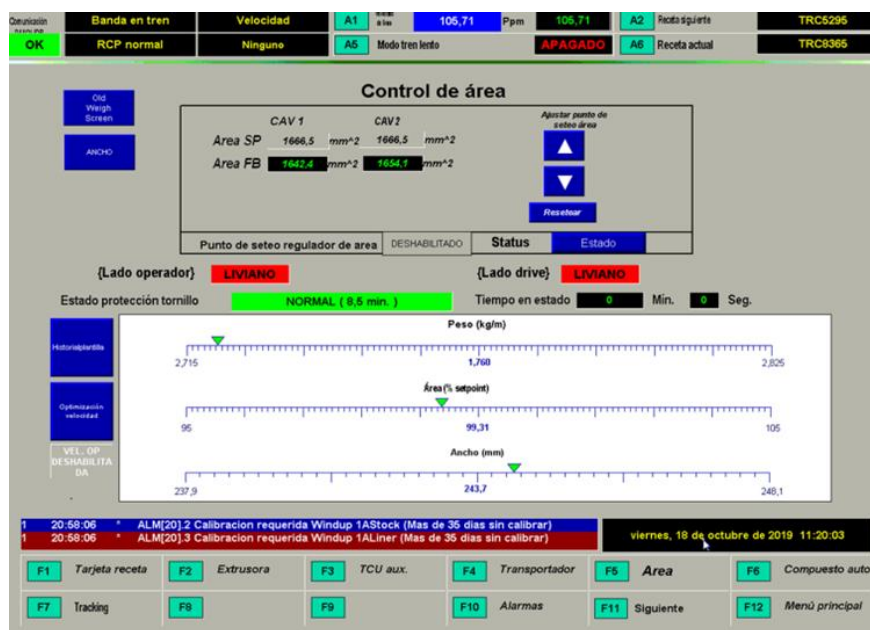


Figura 22 Software de control para banda de rodamiento dentro de este se especifica el valor de área que se quiere obtener para que el control loop la mantenga dentro de los valores especificados.

Existe distintos sistemas los cuales puedes ser implementados con el paso del tiempo y que cumple la misma función, pero para diferentes parámetros del proceso. Este es el control de presiones que complementa el control loop de área y trabaja con las velocidades de las extrusoras. Su desventaja va en el tiempo en que se demora en activar ya que este sistema espera que las velocidades se regulen y una vez estable, la maquina considera que esa es la presión adecuada. Cualquier variación en la presión, el sistema va a regular la velocidad de las extrusoras. Lo cual es una gran ayuda ya que así se mantiene el flujo constante y así la banda mantenga su área lo más estable posible ante cualquier paradilla de la maquina sea por falta de material o corte de suministros de goma.

7.2 Plan de seguimiento

Con la implementación de la acción de sistema de Control Loop dentro del área de extrusión específicamente en la maquina Hexaplex. Se lleva un registro de la utilización de Control Loop para diversos modelos de extrusión de bandas y se realiza seguimiento a los valores de uniformidad.

Con la implementación de este control se ayudará determinar el impacto que tiene el Control Loop y la posibilidad de ir avanzando con el tiempo a nuevos sistemas de control automático para la extrusión de bandas y de laterales.

La implementación de esta mejora en la máquina se lleva a cabo por medio de la modificación de la receta del neumático la cual es cargada por el ingeniero de producto del área de Extrusión. Los operadores no pueden modificar este parámetro a menos que el ingeniero de producto lo autorice. Es por esto que la implementación se a realizado de forma automática y no hay intervención de los operadores al momento de cargar la receta a la maquina extrusora de bandas de rodamientos.

Hasta la fecha se han modificado 88 códigos para funcionar en base al control por medio de Control Loop.

8. Costos y Ahorros

Con respecto a los costos de implementación de la mejora, no hubo gastos aparentes ya que el sistema de PLC y Control Loop estaban instalado en la máquina, pero inoperativo por motivos externos.

Con la implementación del sistema de control automático de área de extrusión solo se necesitó la participación de personal electrónico para su puesta en marcha y su futuro monitoreo gracias al equipo de alto desempeño del área de extrusión.

Durante el tiempo de duración del proyecto se llevó la medición de KPI en relación a los neumáticos defectuosos por la falla de “Fuera de Balanceo”. Dando como resultado una disminución de 0.08 puntos porcentuales en relación a la producción total y el código de neumático analizado durante el proyecto.

En términos de cantidad de neumáticos se obtuvo una disminución de 14 neumáticos diarios por fuera de balanceo a un promedio de 3 neumáticos diarios. Si esto se lleva a valores monetarios se obtuvo una ganancia de 11 neumáticos día generando ahorros de $495 \left[\frac{USD}{dia} \right]$.

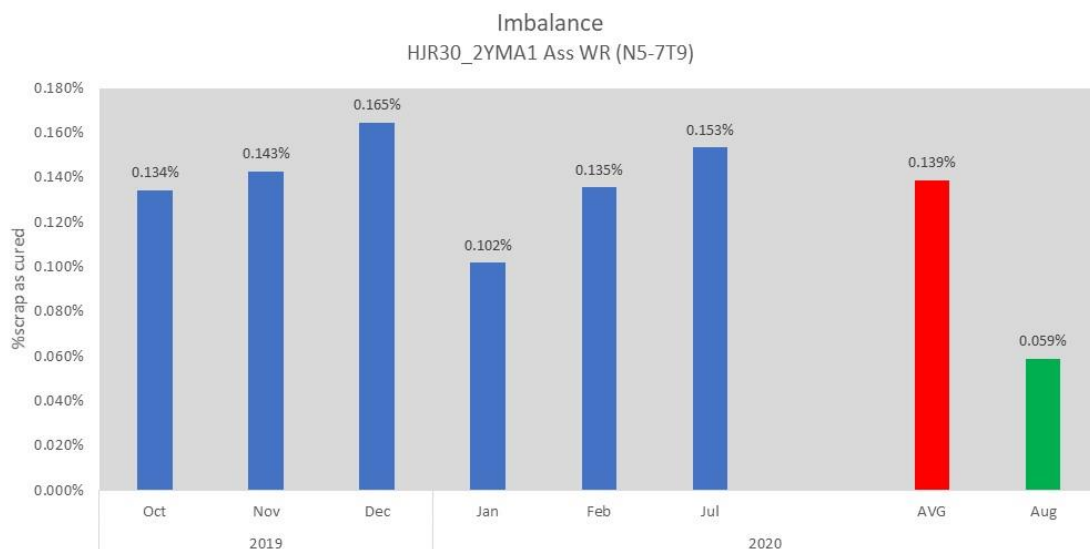


Figura 23 Porcentaje Scrap Assurance Weather Ready una vez implementada la mejora de Control Loop en máquina extrusora.

9. Conclusiones

La aplicación de la metodología DMAIC es un proceso en el cual se necesita de gran colaboración y apoyo de todas las áreas involucradas y afectadas por el problema, en conjunto con la alta dirección para apoyar en la implementación de la mejora obtenidas en el proyecto y ayudar de esta forma en la destinación de recursos para la puesta en marcha y el futuro desarrollo continuo de mejoras. En esta línea es necesario que las personas involucradas en el proceso se encuentren correctamente capacitadas e informados en el funcionamiento de la metodología para que su puesta en marcha sea llevada a cabo sin pasar por alto ninguna etapa o en su defecto dar por sentado alguna posible causa.

Dentro de las dos primeras etapas se logra identificar y definir el problema detectado en el área de Final Finish una vez que el neumático es testeado por las maquinas balanceadoras, la falla “Neumático fuera de balanceo” genera una cantidad de 258 [*neumaticos/mes*] lo cual asciende a una pérdida de 13600 [*USD/mes*], junto con el impacto al cliente afectado a los valores de uniformidad del neumático y su futura utilización en servicio.

Al realizar el levantamiento de información sobre la problemática planteada queda en evidencia que la falla fuera de balanceo se puede ocasionar por componentes fuera de uniformidad, empalmes pesados o estiramientos de materiales.

Luego de tener identificado el problema se da cuenta que el mayor ofensor se encuentra en el neumático Assurance Weather Ready para la falla de fuera de balanceo utilizando en su banda de rodamiento una goma con grandes variabilidades al momento de su extrusión. Es aquí donde se focaliza el estudio y la generación de pruebas.

El análisis de causa raíz comenzó con un diagrama de Ishikawa, herramienta fundamental dentro de la metodología ya que se formó un equipo multidisciplinario entre operadores, mantenedores, ingenieros y analistas del área, en donde fue fundamental no dejar ninguna posible causa fuera sin antes de analizar y conversar. Luego mediante un análisis en profundidad, se determinaron las posibles causas en la cual se llegó a la conclusión que obteniendo una extrusión de banda uniforme y

controlado se obtenían mejores valores en la uniformidad del neumático. Con esto se generaron las contramedidas del proyecto.

Luego de llevaron a cabo las mejoras en las cuales fuera fácil y rápido trabajar además de generar un gran impacto (Implementación del sistema Control Loop). Este consistió en la implementación de sistema PLC para extrusora de banda de rodamiento controlando de esta forma área de extrusión aumentando o disminuyendo la presión para así generar una banda dentro de especificaciones.

Para finalizar la metodología con la etapa de Controlar en donde se entregador planes de sostenimiento y seguimiento para mantener la mejora y lograr una clara disminución en neumáticos waste por fuera de balanceo.

La metodología DMAIC es una gran herramienta para la resolución de problemas dando una estructura y pasos claros para la generación de buenos resultados en la búsqueda de causas raíz en problemas sin solución aparente. Pero exige estudio y compromisos por parte de todo el equipo de trabajo disponiendo de tiempos de capacitación y reuniones semanales para el proyecto. En especial en esta empresa en la cual se involucran trabajadores de distintas áreas para el desarrollo del proyecto encontrándose en ciertas oportunidades rivalidades que en ocasiones son difíciles de sortear, en donde el Líder del equipo tiene que saber manejar la situación y anteponerse. Además, se requiere que el líder sea motivador que inste a los integrantes del equipo el cumplimiento de sus tareas dentro del proyecto.

Por último, siempre es necesario acotar las acciones de mejora, justo con los planes de seguimiento y sostenibilidad en el tiempo, para ayudar a mantener el problema controlado y seguir generando mejoras con el fin de disminuir los neumáticos scrap para en un futuro volver aplicar la metodología DMAIC.

Anexos

En el siguiente apartado, se encuentran los datos utilizados para el desarrollo del trabajo de título en formato más detallado, se entregan bases de datos tabulados con las cuales se construyeron tablas, así también los análisis de pruebas llevadas a cabo.

Tabla A. 1 Desglose de costos de neumático en verde y vulcanizado.

Neumáticos Scrap [Neumáticos]	300
Costo Neumático vulcanizado [USD]	45
Costo Total [USD/mes]	13500

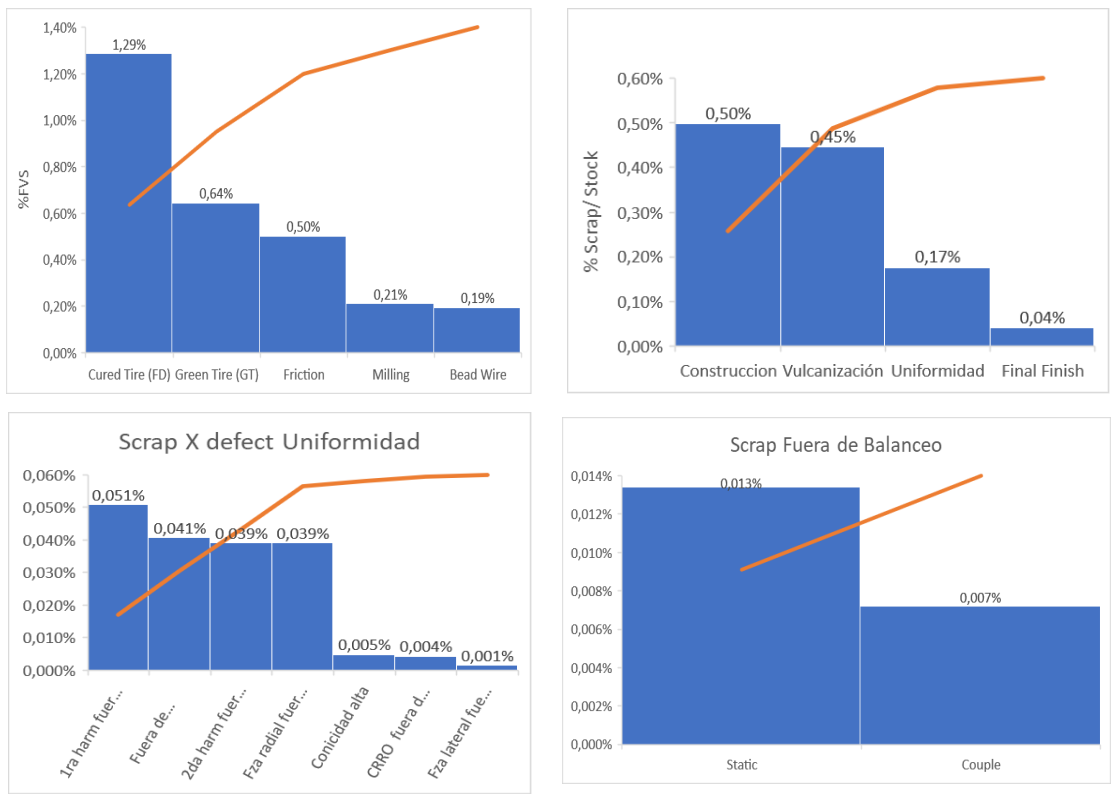


Figura A. 1 Estratificación de datos utilizando análisis de Pareto para identificar la oportunidad.

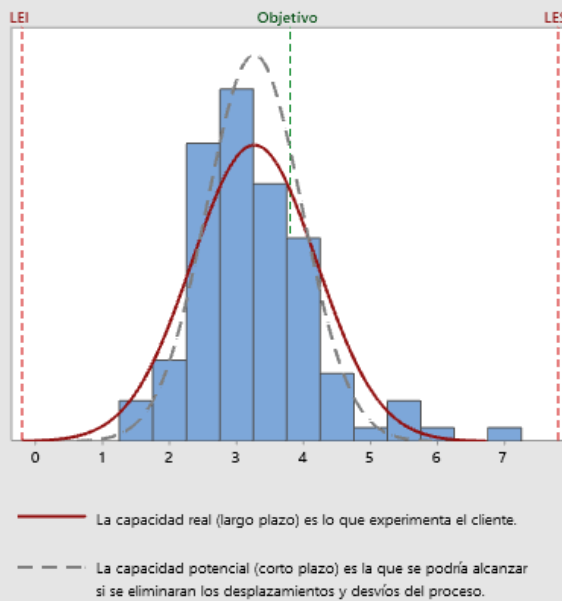
Tabla A. 2 Datos tabulados análisis de capacidad maquinas balanceadoras

DBM	STATIC	UPPER	LOWER	TOTAL	STATICK	UPPERk	LOWERk	TOTALk
DBM01	1,43	2,07	1,07	2,21	1,24	1,26	1,04	1,81
DBM02	1,54	1	1,34	1,66	1,49	0,68	1,31	1,41
DBM03	1,44	1,23	1,14	1,81	1,25	1,22	0,92	1,06
DBM06	0,87	0,81	1,49	1,19	0,66	0,46	1,02	0,75
DBM07	1,74	1,75	1,79	2,49	1,05	1,29	1,28	1,81
DBM08	0,67	1,34	0,67	1,1	0,6	1,03	0,58	1,05

|

Análisis de capacidad para STATIC Informe de desempeño del proceso

Histograma de capacidad ¿Están los datos dentro de los límites y cerca del objetivo?



Caracterización del proceso

N Total	102
Tamaño del subgrupo	1
Media	3,2645
Desviación estándar (largo plazo)	0,93030
Desviación estándar (corto plazo)	0,71308

Estadísticos de capacidad

Real (largo plazo)	
Pp	1,43
Ppk	1,24
Nivel Z	3,72
% fuera espec. (observado)	0,00
% fuera espec. (esperado)	0,01
PPM (DPMO) (observado)	0
PPM (DPMO) (esperado)	99
Posible (corto plazo)	
Cp	1,87
Cpk	1,62
Nivel Z	4,86
% fuera espec. (esperado)	0,00
PPM (DPMO) (esperado)	1

Figura A. 2 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 1.

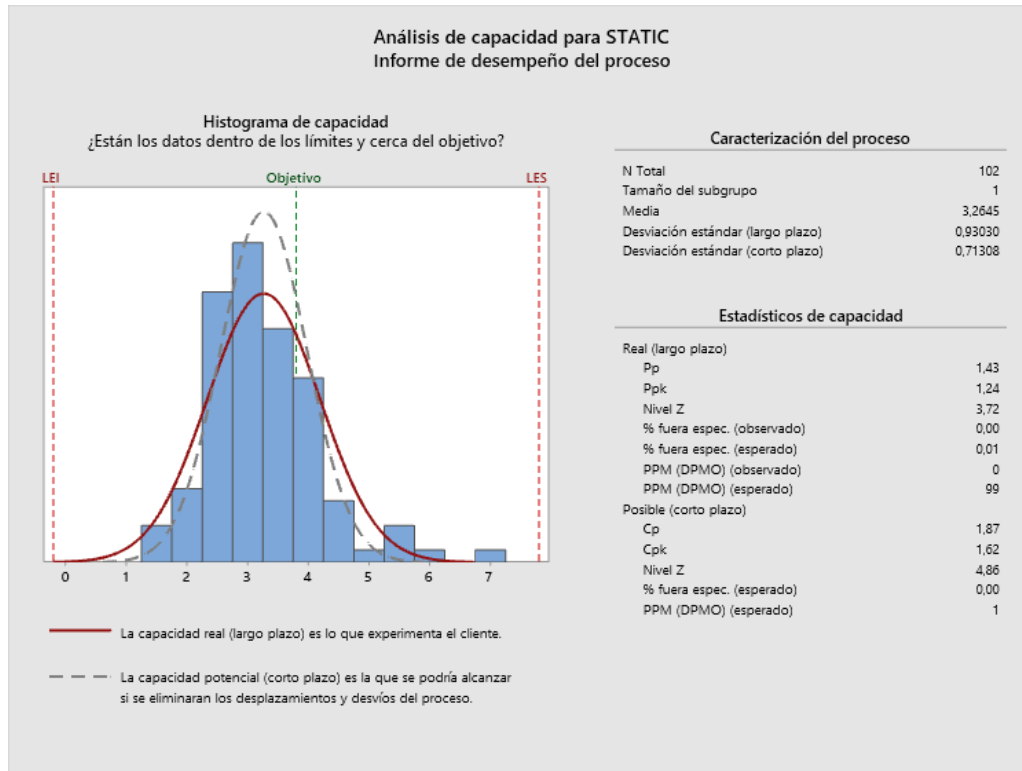
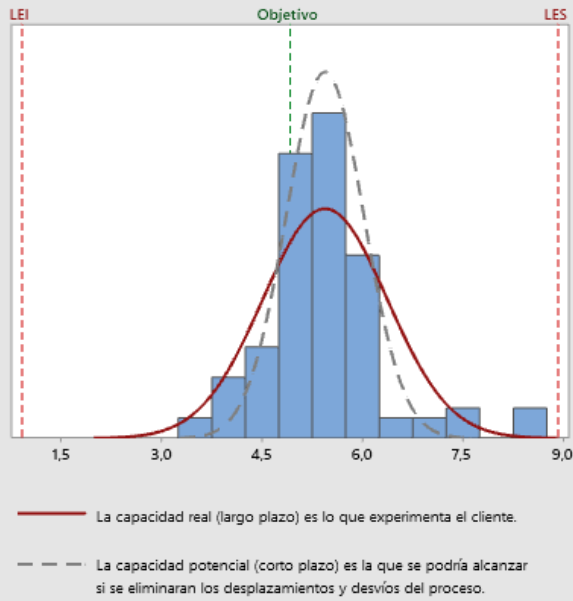


Figura A. 3 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 2

Análisis de capacidad para STATIC Informe de desempeño del proceso

Histograma de capacidad
¿Están los datos dentro de los límites y cerca del objetivo?



Caracterización del proceso

N Total	105
Tamaño del subgrupo	1
Media	5,4410
Desviación estándar (largo plazo)	0,92786
Desviación estándar (corto plazo)	0,58144

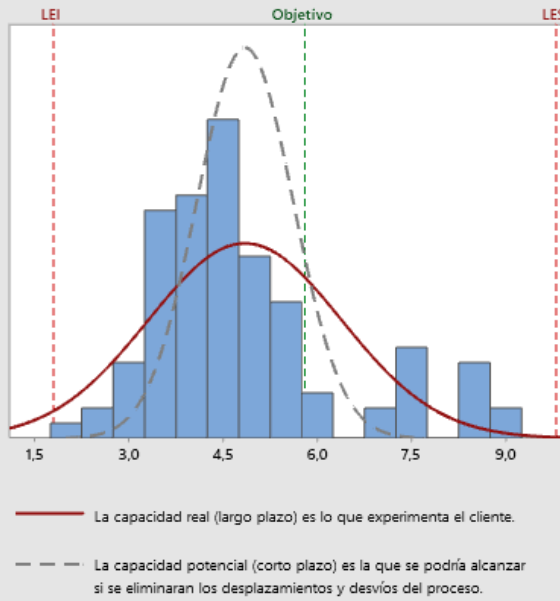
Estadísticos de capacidad

Real (largo plazo)	
Pp	1,44
Ppk	1,25
Nivel Z	3,75
% fuera espec. (observado)	0,00
% fuera espec. (esperado)	0,01
PPM (DPMO) (observado)	0
PPM (DPMO) (esperado)	89
Posible (corto plazo)	
Cp	2,29
Cpk	1,99
Nivel Z	5,98
% fuera espec. (esperado)	0,00
PPM (DPMO) (esperado)	0

Figura A. 4 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 3

Análisis de capacidad para STATIC Informe de desempeño del proceso

Histograma de capacidad ¿Están los datos dentro de los límites y cerca del objetivo?



Caracterización del proceso

N Total	99
Tamaño del subgrupo	1
Media	4,8484
Desviación estándar (largo plazo)	1,5378
Desviación estándar (corto plazo)	0,76748

Estadísticos de capacidad

Real (largo plazo)	
Pp	0,87
Ppk	0,66
Nivel Z	1,97
% fuera espec. (observado)	0,00
% fuera espec. (esperado)	2,44
PPM (DPMO) (observado)	0
PPM (DPMO) (esperado)	24360
Posible (corto plazo)	
Cp	1,74
Cpk	1,32
Nivel Z	3,97
% fuera espec. (esperado)	0,00
PPM (DPMO) (esperado)	36

Figura A. 5 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 6

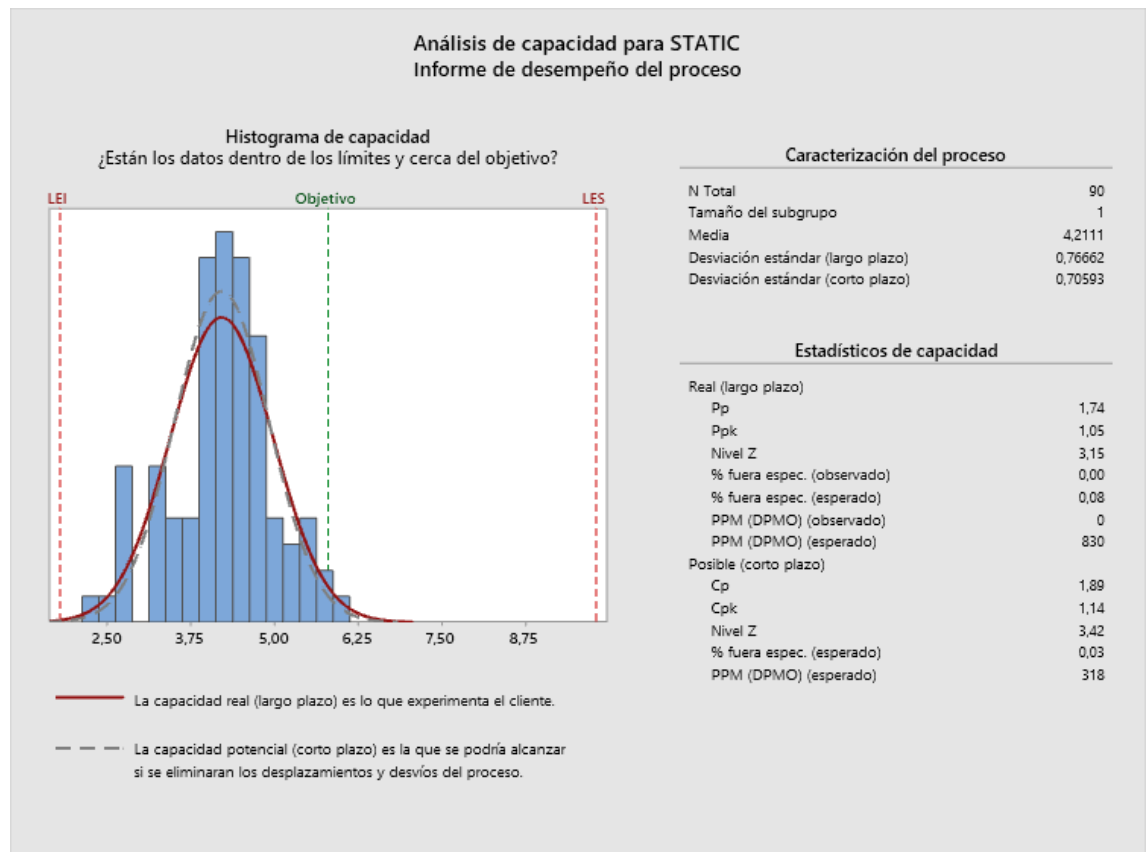


Figura A. 6 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 7

Análisis de capacidad para balanceo estático en balanceadora n8

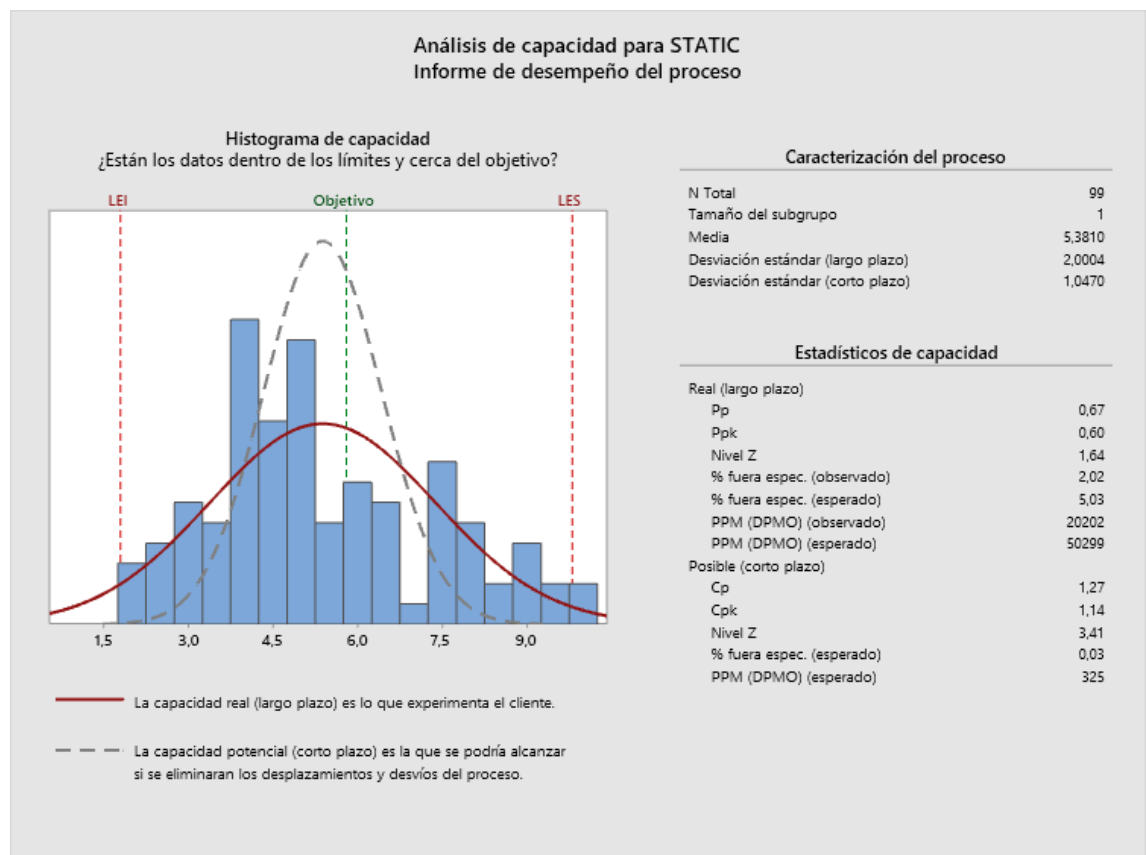


Figura A. 7 Análisis de capacidad para Balanceo estático en Balanceadora número 8

Tabla A. 3 *Tabla análisis vectorial RHJL40*

Machine	Barcode	statamt	statang
BAL07	3363029725	27,56	277
BAL07	3363029726	5,74	63
BAL07	3363029727	15,33	123
BAL07	3363029729	13,45	75
BAL07	3363029730	17,58	281
BAL07	3363029735	36,57	74
BAL07	3363029737	23,08	26
BAL07	3363029739	11,14	221
BAL07	3363029742	12,1	83
BAL07	3363029745	14,76	171
BAL07	3363029746	28,11	185
BAL07	3363029749	18,9	229
BAL07	3363029751	8,2	194
BAL07	3363029753	13,32	323
BAL07	3363029755	7,78	294
BAL07	3363029758	20,26	242
BAL07	3363029759	15,48	214
BAL07	3363029760	28,77	173
BAL07	3363029764	12,31	150
BAL07	3363029765	19,55	140
BAL07	3363029767	25,94	163
BAL07	3363029768	23,91	261
BAL07	3363029769	29,21	255
BAL07	3363029770	15,84	295
BAL07	3363029771	7,63	276
BAL07	3363029772	18,45	202
BAL07	3363029773	29,3	195
BAL07	3363029774	11,19	262
BAL07	3363029775	7,47	137
BAL07	3363029779	15,86	130
BAL07	3363029780	4,99	184
BAL07	3363029781	18,93	202
BAL07	3363029782	21,57	240
BAL07	3363029783	27,87	199
BAL07	3363029786	19,01	190
BAL07	3363029787	17,5	181

Tabla A. 4 *Tabla análisis vectorial RHJR40*

Machine	Barcode	statamt	statang
BAL07	3363031700	6,54	35
BAL07	3363031705	3,55	135
BAL07	3363031707	0,47	152
BAL07	3363031710	1,38	230
BAL07	3363031714	13,83	227
BAL07	3363031715	10,76	230
BAL07	3363031716	12,18	240
BAL07	3363031727	8,97	312
BAL07	3363031728	21,78	285
BAL07	3363031730	11,54	284
BAL07	3363031736	4,78	15
BAL07	3363031739	13,55	5
BAL07	3363031742	5,91	337
BAL07	3363031743	12,68	53
BAL07	3363031749	17,01	125
BAL07	3363031752	16,11	151
BAL07	3363031754	11,03	218
BAL07	3363031755	10,32	274
BAL07	3363031757	13,51	191
BAL07	3363031760	15,11	244
BAL07	3363031762	2,48	250
BAL07	3363031766	15,82	178
BAL07	3363031769	10,83	186
BAL07	3363031772	6,02	209
BAL07	3363031777	5,96	320
BAL07	3363031782	10,47	296
BAL07	3363031784	12,47	345
BAL07	3363031792	8,43	182
BAL07	3363031793	4,31	47
BAL07	3363031794	1,84	254
BAL07	3363031796	7,17	214
BAL07	3363031807	22,98	215
BAL07	3363031808	17,06	202
BAL07	3363031809	5,66	177
BAL07	3363031817	7,41	332
BAL07	3363031819	7,49	325
BAL07	3363031823	16,9	33
BAL07	3363031827	13,19	9
BAL07	3363031833	7,68	84
BAL07	3363031834	1,27	223
BAL07	3363031839	1,98	294
BAL07	3363031847	4,74	99

Bibliografía

- Company, The Goodyear Tire & Rubber. (2009). *Componentes y fabricación de un neumático*. Retrieved from Goodyear Argentina: http://www.goodyear.com.ar/tire_know/marketing_a_tire/
- Damelio, R. (2011). *The basics of process mapping*. CRC Press.
- Goodyear Tire & Rubber. (2018). *Uniformity Training*.
- Gutiérrez, H., & Salazar, R. d. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (Segunda edición ed.). Mc Graw Hill.
- Minitab, I. (2018). *Minitab relase 17: statical software for window*. Retrieved from <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/cause-and-effect-diagram/before-you-start/example-of-cause-and-effect-diagram/>
- R, Milliken. (2013). *Manual de Campo Metodologia DMAIC*. The Goodyear Academy. 5th ed.
- The Goodyear Tire and Rubber Company . (2013). *Plant Optimization*.

