



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
DE INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES
Y ADMINISTRATIVAS

SEMINARIO SEIS SIGMA, SISTEMA ESTRATÉGICO DE GESTIÓN DE NEGOCIOS

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN
DE SCRAP EN LA FABRICACIÓN DE BUMPER AUTOMOTRIZ”

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
I N G E N I E R O I N D U S T R I A L

P R E S E N T A N
ACHO ANDRADE MARTHA ANGÉLICA
CERVANTES SERENA SOFIA LINET
LOPEZ NUÑEZ JOSÉ PABLO
RANGEL LEÓN DULCE ANGÉLICA
REYES REA GABRIEL

Expositores

M. EN C. JUAN JOSÉ GONZÁLEZ BERMEJO
ING. FRUMENCIO FACUNDO DE JÉSUS BALDERAS
M EN C. CARLOS ALBERTO JARA BARRERA
ING. CARLOS LOPEZ ESTEVEZ

CIUDAD DE MÉXICO

2019

No. DE REGISTRO

17.2526



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

**UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE
INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES
Y ADMINISTRATIVAS
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**
Jefatura de Programa Académico de Ingeniería Industrial

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"
60 años de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos
70 Aniversario del CECyT No. 3 "Estanislao Ramírez Ruiz"
60 años de XEIPN Canal Once, orgullosamente politécnico
60 Aniversario del CECyT No. 4 "Lázaro Cárdenas"

Folio
S.Aca./JPAII/095/19

Asunto
Autorización de tema de titulación.

CDMX, 12 de abril de 2019

CC. PASANTES:
MARTHA ANGÉLICA ACHO ANDRADE
SOFIA LINET CERVANTES SERENA
PABLO LÓPEZ NÚÑEZ
DULCE ANGÉLICA RANGEL LEON
GABRIEL REYES REA
P R E S E N T E S.

Tengo el agrado de comunicarles que les ha sido autorizado el trabajo de titulación denominado **"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE SCRAP EN LA FABRICACIÓN DE BUMPER AUTOMOTRIZ"**, con el siguiente contenido:

ÍNDICE
RESUMEN
INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO I MARCO METODOLÓGICO
CAPÍTULO II MARCO CONTEXTUAL
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS (DIAGNÓSTICO)
CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN O MEJORA
CONCLUSIONES
REFERENCIAS

La tesina es dirigida por el M. EN A. JUAN GONZÁLEZ BERMEJO.

NOTA: Este oficio sustituye al S.Aca./JPAII/213/18.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"La Técnica al Servicio de la Patria"


M. en I.I. RAFAEL LOZANO LOBERA
JEFE DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



UPICSA

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
JEFATURA DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ccp. M. en C. María del Rosario Castro Nava.- Jefa de la Coordinación de Seminarios de Titulación.
LAI. María Elizabeth Peralta Calderón.- Jefa de la Oficina de Titulación.
Expediente.

RLL/eoa*

CARTA DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DE TRABAJOS ESCRITOS

Ciudad de México a los 16 días del mes de marzo Marzo de 2019.

LAI. María Elizabeth Peralta Calderón
Jefa de la Oficina de Titulación
P r e s e n t e

En cumplimiento al Artículo 27° del Reglamento de Titulación del IPN, hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo de titulación por la opción de Seminario denominado:

“APLICACIÓN DE LA METOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DEL SCRAP EN LA FABRICACIÓN DE BUMBER AUTOMOTRIZ”

Desarrollado por el (los) Pasante(s):

Programa Académico

Acho Andrade Martha Angélica	Ingeniería Industrial
Cervantes Serena Sofía Linet	Ingeniería Industrial
López Núñez José Pablo	Ingeniería Industrial
Rangel León Dulce Angélica	Ingeniería Industrial
Reyes Rea Gabriel	Ingeniería Industrial

Firma

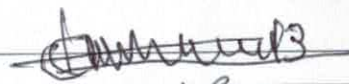
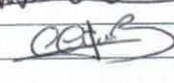
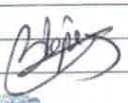
Y dirigido por M. en C Juan José González Bermejo

Considerando que éste reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador, no tenemos inconveniente en aprobarlo.

Atentamente
“La técnica al Servicio de la Patria”

Asesor/Expositor

Firma

De Jesús Balderas Frumencio Facundo	
Jara Barrera Carlos Alberto	
López Estévez Carlos	

Vo. Bo. Jefe de Programa Académico de Ingeniería Industrial

M. En I. I. Rafael Lagana



Autorización de uso de obra

Lic. Karina Elizabeth Domínguez Yebra
Jefa del Departamento de Servicios Estudiantiles
P r e s e n t e

Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **Martha Angélica Acho Andrade, Sofía Linet Cervantes Serena , José Pablo López Núñez , Dulce Angelica Rangel León y Gabriel Reyes Rea** (se anexa copia simple de identificación oficial), manifestamos ser los autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE SCRAP EN LA FABRICACIÓN DE BUMPER AUTOMOTRIZ**, en adelante “La Tesina” y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos a el Instituto Politécnico Nacional, en adelante El IPN, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente en todos los medios “ La Tesina “ por un periodo indefinido contando a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a “El IPN” de su terminación.

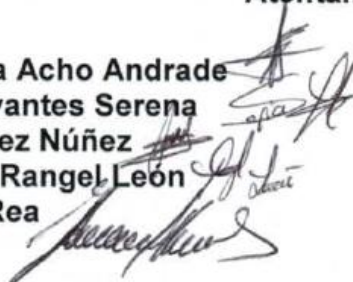
En virtud de lo anterior, “El IPN” deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de “La Tesina”.

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de “La Tesina”, manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de “La Tesina”, por lo que deslindamos de toda responsabilidad a El IPN en caso de que el contenido de “La Tesina” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, 16 de Marzo de 2019.

Atentamente

Martha Angélica Acho Andrade
Sofía Linet Cervantes Serena
José Pablo López Núñez
Dulce Angélica Rangel León
Gabriel Reyes Rea



Índice

Resumen	i
Introducción	ii
Capítulo I Marco metodológico	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Hipótesis.....	1
1.3 Objetivo general	1
1.4 Objetivos específicos	1
1.5 Justificación o relevancia del estudio.....	1
1.6 Técnicas o herramientas de medición	2
Capítulo II Marco contextual.	3
2.1 Bumper Automotriz.....	3
Capítulo III Marco teórico.	4
3.1 Metodología Seis Sigma	4
3.1.1 Origen e Impactos en la Industria	4
3.1.2 Definición de la metodología (definición de sigma).....	5
3.1.3 Características de los Proyectos Seis Sigma	6
3.1.4 Estructura funcional para proyectos Seis Sigma	7
3.1.4.1 Función de la Gerencia.....	7
3.2 Fase Definición.....	8
3.2.1 Definir el problema	8
3.2.2 Diagrama de Pareto	8
3.2.3 Identificación y voz del cliente.....	9
3.2.4 CTQ´s.....	9
3.2.5 Modelo Kano	10
3.2.6 Diagrama de tortuga.....	14
3.2.7 Mapas de proceso	15
3.2.8 SIPOC	15
3.2.9 Diagrama Causa-Efecto.....	16
3.2.10 <i>Project Charter</i> , actualización de la asignación del proyecto. .	17
3.3 Fase de medición	17
3.3.1 Medir en Seis Sigma	17
3.3.2 Diagrama de estratificación.....	19
3.3.3 Métricas del proceso	19

3.3.4 Plan de recolección de datos	20
3.4 Fase de Análisis	21
3.4.1 Análisis de capacidad.....	21
3.4.2 Lluvia de ideas	21
3.4.3 Diagrama Ishikawa	21
3.4.4 Análisis del Modo y Efecto de Falla	22
3.5 Fase de Mejora	27
3.5.1 RCM	28
3.5.2 Plan de capacitación	29
3.5.3 Diseño de experimentos (DOE)	30
3.5.4 Ingeniería de calidad Taguchi	32
3.5.5 Análisis de Regresión.....	34
3.5.6 Estandarización	34
3.6 Fase de Control.....	36
3.6.1 Control Estadístico de Procesos	37
3.6.2 Plan de Control.....	37
3.6.3 Graficas de Control	38
Capitulo IV Resultados y análisis (diagnóstico).....	40
4.1 Definición del Problema	40
4.1.2 Nivel Sigma Actual	42
4.1.3 Costos	42
4.1.4 Identificación de CTQ's.....	42
4.1.4.1 CTQS.....	43
4.1.4.2 MODELO KANO.....	44
4.1.5 Descripción del Proceso.....	46
4.1.6 Diagrama SIPOC.....	47
4.1.7 Mapa de Proceso fabricacion bumper automotriz.....	48
4.1.8 Mapa de Tortuga proceso aceleracion hule y manufactura preforma	49
4.1.9 Mapa de Tortuga proceso vulcanizado	50
4.1.10 KPIV y KPOV.....	51
4.1.11 Project Charter	53
4.1.12 Ejemplo de parte Bumper ensamblada.....	55
4.1.13 Analisis 5W + 2H.....	56
4.2 Análisis del problema	39
4.2.1 Diagrama de Ishikawa.....	39
4.2.2 Matriz de causa-efecto.....	39
4.2.3 AMEF.....	39

Capitulo V Propuesta de solucion o mejora	66
5.1 Propuesta de mejora para la falta de presión en el pistón de prensas 14, 15 y cuchillas desgastadas en máquina de extrusión para corte de preformas	66
5.2 Propuesta para mejorar la capacitación práctica operativa	68
5.2.1 Justificación	69
5.2.2 Propuesta de mejora plan de capacitación	71
5.3 Propuesta de mejora para estandarización del proceso de Vulcanizado con base a los resultados y analisis del AMEF	73
5.4 Propuesta de mejora para control de la presión en piston de prensas	78
5.4.1. Diseño de experimentos Taguchi en proceso de Vulcanizado.	78
5.4.2 Propuesta de formato Plan de Control Bumper Automotriz.	79
5.4.3 Recomendación mejor practica de modelo de secuencia de proceso para la validación del AMEF y la integración de Plan de control actual Bumper Automotriz proceso Vulcanizado variable presión en pistón de prensas	80
5.4.4 Recomendación para reducir la variabilidad en la medicion de la presion en el piston de prensas en el proceso de Vulcanizado y su integracion al Plan de Control	81
Conclusiones	82
Referencias	84

Resumen

En la actualidad el sector automotriz a nivel internacional se encuentra en crecimiento y constante cambio, es por ello que la industria automotriz busca cumplir con altos estándares de calidad y precios accesibles para lograr satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes, es por ello que la presente tesina aborda el tema de reducción de scrap en la fabricación de un **Bumper** automotriz con la aplicación de la metodología **Seis Sigma** en la empresa "**Bumper Automotriz**", la cual es 100% Mexicana.

En los capítulos I y II se presenta la historia y situación actual de la empresa, así como el planteamiento del problema, donde podemos identificar que el Bumper fabricado con la mezcla 902 es la que más kilogramos scrap genera dentro de "**Bumper Automotriz**". Siendo necesario el planteando del objetivo general "Formular y diseñar una estrategia para reducir la cantidad de scrap en el proceso de fabricación del componente **Bumper** de un 4.9% actual, a un 0.7% como propuesta inicial (2434 a 347 Kg) de scrap generado durante ocho meses, por medio de la aplicación de la metodología **Seis Sigma**, y que permita a "**Bumper Automotriz**" evitar la presencia de defectos de los componentes fabricados a partir de la mezcla 902.

En el capítulo III conocerá qué es la metodología **Seis Sigma**, su origen, los conceptos generales y las cinco fases que la conforman, representadas por el acrónimo "**DMAMC**", que hace significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar y que características debe cumplir un proyecto para que este pueda ser aplicable a la metodología. Así como cada una de las herramientas que son útiles para el desarrollo de cada una de las etapas de la metodología **Seis Sigma**.

Dentro del capítulo IV se aplican las tres primeras fases, siendo en la primera donde se determina un nivel de Sigma de 3, este con base a datos históricos de producción del **Bumper** automotriz en un periodo de 8 meses, analizando los datos con diagramas Pareto y definiendo las características críticas del producto con ayuda del Modelo Kano se propone como hipótesis: "El no contar con los controles de proceso óptimos sobre las variables implicadas en el proceso de fabricación del **Bumper** está generando un índice de scrap de 4.9% (2434kg) por la mezcla 902".

Con la aplicación del Diagrama de Pescado, Matriz de Causa-Efecto y Análisis del Modo y Efecto de Falla se identifican posibles variables críticas en los procesos involucrados en la fabricación del **Bumper**, una de las variables más críticas es la falta de presión en prensas de compresión, la cual genera que la fuerza de cierre sea insuficiente y en consecuencia la distribución de material al cerrar el molde no sea uniforme y el **Bumper** presente falta de hule e incremente la generación de scrap.

En el capítulo V finalmente se integran las propuestas de mejora y control para cada una de las variables críticas que provocan la variabilidad en el proceso de producción del **Bumper**. Se propone implementar la herramienta RCM la cual ayuda a determinar las actividades de mantenimiento adecuadas para evitar la falta de presión en maquinaria. Se propone un plan de capacitación para todo el personal y en especial para el personal de nuevo ingreso para evitar malas prácticas de manufactura. Y por último se propone una actualización y puntos clave para los planes de control ya existentes. Por medio de la aplicación de la metodología **Seis Sigma** y herramientas auxiliares se encontraron las causas principales a la variabilidad que genera scrap en el proceso de producción del **Bumper**, al disminuir esta variabilidad "**Bumper Automotriz**" alcanzará un nivel de Sigma de 4 tendrá un ahorro estimado \$ 163,497 MXN anual y al tener procesos similares se pronostica que este será aún mayor.

Introducción

Desde inicios del siglo XX el entorno industrial se ha caracterizado por la competitividad, la velocidad de los cambios y la inestabilidad de la demanda; desde entonces y hasta el día de hoy, todas las empresas tienen como objetivo principal el reducir los costos y aumentar la competitividad; todo esto aunado al aumento de las exigencias de los clientes en los mercados más estrictos, que requieren productos de calidad que se ajusten a las necesidades específicas, así como entregas más frecuentes y rápidas, lo que se manifiesta para los clientes en una gran gama de productos, y en la industria como la necesidad de una producción más flexible.

Para lograr este objetivo es primordial la eliminación de todas las operaciones que no agreguen algún valor al producto o servicio dentro del proceso, el aumento del valor de cada actividad realizada se logra eliminando lo que no se requiere, reduciendo los desperdicios y mejorando las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. En todos los procesos y en todas las áreas de una empresa existen desperdicios que únicamente adicionan costos y/o tiempo, los cuales el cliente no está dispuesto a pagar. Un desperdicio es el síntoma del problema, pero no es la causa raíz.

Y cuando se habla de reducción de desperdicios, la industria automotriz ha sido pionera en el desarrollo e implementación de diversas herramientas que ayuden a identificar, analizar y reducir aquellos factores que representen desventajas competitivas.

En **México**, la industria automotriz es una de las más dinámicas y competitivas que se han consolidado como un jugador importante del sector a nivel global. En las últimas décadas, México ha llamado la atención de los principales actores del sector automotriz debido al crecimiento sostenido en la producción de vehículos y autopartes, así como a la fortaleza y las perspectivas de crecimiento de su mercado interno. Hoy la industria automotriz mexicana vuelve a ser centro de atención en la escena global, debido a que se vive un proceso de transición de un perfil orientado principalmente a la manufactura, a uno en el que la innovación y el diseño juegan un papel preponderante.

Las ventajas competitivas por las que el país es reconocido a nivel mundial como un destino idóneo para el desarrollo de negocios globales —entre ellas, una ubicación geoestratégica, infraestructura de clase mundial, costos competitivos y capital humano altamente calificado—, explican en buena medida por qué en los últimos años **México** se ha consolidado como un importante polo de desarrollo para la industria automotriz y por qué se mantiene como un destino atractivo para la inversión de las principales compañías de los sectores automotriz y de autopartes a nivel global.

Hoy en **México** se producen vehículos que se venden en todo el mundo, autopartes que se integran con éxito a la cadena del valor de la industria global y se fortalecen nichos como el segmento de vehículos premium. Además, año con año el país incrementa su participación en actividades de ingeniería, diseño e investigación y desarrollo, y se suma a la búsqueda de alternativas para generar soluciones a los desafíos que enfrenta la industria a nivel global, como la sustitución de combustibles fósiles.

Es imposible no reconocer la relevancia de la industria automotriz como motor del crecimiento de la economía del país. El sector aporta más de 3% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y 18% del PIB manufacturero, genera divisas por más de 52,000 millones de dólares al año, y es responsable de alrededor de 900,000 empleos directos en todo el país. Con estos indicadores, **México** es el séptimo productor y el cuarto exportador de vehículos ligeros a nivel global.

Además, al sector automotriz se ha destinado la mayor proporción de la inversión extranjera directa realizada en **México** en los últimos seis años. En la industria automotriz se han invertido más de 21,000 millones de dólares, que se han traducido en el inicio de operaciones de seis nuevas plantas de ensamble de vehículos y motores, la ampliación de la capacidad de producción de cinco plantas ya instaladas en el país, y la atracción de un mayor número de proveedores directos en torno a los nuevos desarrollos.

La industria de autopartes en **México** mantiene una tendencia de crecimiento sostenido. En los últimos cinco años, el sector ha alcanzado cifras récord tanto en producción (82,000 millones de dólares anuales), como en exportaciones (65,000 millones de dólares anuales). Actualmente, **México** es el sexto productor más grande del mundo y la expectativa es que los próximos años el país avanzará varias posiciones.

Este crecimiento es resultado de una combinación de factores, entre los que están la apertura de nuevas plantas de manufactura, la localización geográfica del país y el crecimiento de la industria en Estados Unidos, el principal destino de las exportaciones mexicanas de autopartes.

Con base en los pronósticos de manufactura de autos ligeros en la región del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), podemos prever que para 2020 la producción de autopartes en México alcanzará un valor de 100,000 millones de dólares, lo que nos situará en el cuarto lugar mundial de producción, detrás de China, Estados Unidos y Japón, y superando a países como Corea del Sur y Alemania.

La presente tesina tiene como principal objetivo reducir el scrap generado por la variabilidad en el proceso productivo de una mediana empresa mexicana dedicada a la fabricación de autopartes, por medio de la aplicación de la metodología **Seis Sigma** y las diversas herramientas que ésta conlleva.

Seis Sigma es una filosofía de negocios enfocada hacia la satisfacción del cliente utilizando una metodología para disminuir el desperdicio a través de la reducción de la variación en los procesos. La metodología de **Seis Sigma** se apoya en herramientas estadísticas y administrativas para mejorar, de manera tangible, los resultados del desempeño de los procesos, productos y/o servicios de una empresa. El nivel de sigma representa una forma de cuantificar la variación de un proceso.

Las fases de la metodología de **Seis Sigma**, representadas por el acrónimo "**DMAMC**", significan definir, medir, analizar, mejorar y controlar, los objetivos en cada una se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) La fase de definición plantea identificar las oportunidades de mejora
- b) La fase de medición describe el proceso a detalle, define las métricas para verificar el desempeño, obtiene datos del proceso y evalúa el sistema de medición para cuantificar los errores
- c) La fase de análisis hace uso de las herramientas estadísticas para la recolección, estudio e interpretación de los datos tales como el diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, diagrama de correlación, histograma y gráficos de control, entre otras
- d) La fase de mejora establece nuevas condiciones en el proceso, así como los beneficios asociados con la solución propuesta, investiga y resuelve los diferentes modos de falla, y finalmente busca implementar y verificar las mejoras

- e) La fase de control se refiere a la estandarización de los nuevos métodos, así como la verificación y documentación de las lecciones y mejoras obtenidas, sobre todo el impacto previsto en los resultados y el rendimiento financiero

La clave de la aplicación de la metodología está en conocer los requerimientos del cliente y buscar alcanzarlos por medio de la apreciación y el entendimiento de la variación en los resultados del proceso llevado a cabo en la producción, así como la interpretación correcta de la información. Parfraseando a Taiichi Ohno, el creador del sistema de producción de Toyota, *“Lo que buscamos es el tiempo ciclo desde que se genera la orden por parte del cliente hasta el punto de que recibimos la utilidad, y estamos reduciendo ese tiempo ciclo por medio de la eliminación de desperdicios que no generan ningún valor agregado”*.

Capítulo I Marco metodológico

1.1 Planteamiento del problema

La empresa “**Bumper Automotriz S.A de C.V**” se dedica a la fabricación de partes automotrices a base de hule y hule-metal, dentro de la gama de productos de hule encontramos diferentes tipos de mezclas, así como distintas partes fabricadas a base de cada una de ellas.

Actualmente se ha detectado variabilidad en el proceso de fabricación de la parte llamada **Bumper**, hecha a base de la mezcla 902, misma mezcla que está generando un índice de scrap en alrededor de un 10% de una producción de 42,409 kg en el periodo de Enero - Agosto 2018.

Por tal razón, se propone la aplicación de la Metodología **Seis Sigma** para ayudar a identificar las causas de la variabilidad en el proceso, así como proporcionar herramientas para el control del mismo, reduciendo los niveles de scrap generado durante el proceso productivo.

1.2 Hipótesis

El no contar con los controles de proceso óptimos sobre las variables implicadas en el proceso de fabricación del **Bumper** está generando un índice de scrap de 4.9% (2434kg) por la mezcla 902.

1.3 Objetivo general

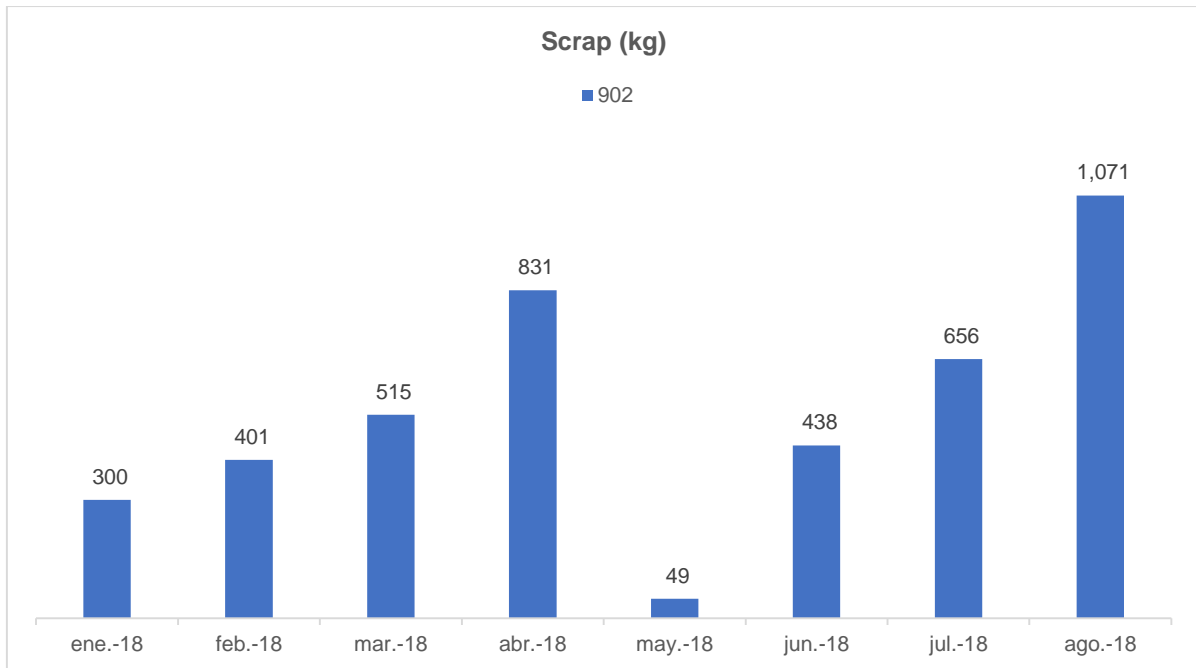
Formular y diseñar una estrategia para reducir la cantidad de scrap en el proceso de fabricación del componente **Bumper** de un 4.9% actual, a un 0.7% como propuesta inicial (2434 a 347 Kg) de scrap generado durante ocho meses, por medio de la aplicación de la metodología **Seis Sigma**, y que permita a “**Bumper Automotriz**” evitar la presencia de defectos de los componentes fabricados a partir de la mezcla 902.

1.4 Objetivos específicos

- Identificar las causas que generan la variabilidad en la fabricación del **Bumper** automotriz por medio de las herramientas de la metodología **Seis Sigma**.
- Analizar y generar la propuesta de solución a las causas raíz identificadas.
- Implementar controles en el proceso de la fabricación del **Bumper** por medio de las herramientas CEP.

1.5 Justificación o relevancia del estudio

La variabilidad en el proceso de fabricación del **Bumper** impacta de forma negativa al margen de utilidad de la empresa siendo el producto con mayor índice de scrap generado a base de la mezcla 902.



*Ilustración 1: Desviación estándar de mezcla 902 con tendencia incremental y cíclica.
Fuente elaboración propia,*

1.6 Técnicas o herramientas de medición

Las herramientas utilizadas en la presente tesina son aquellas propuestas para la aplicación de la metodología **Seis Sigma**.

- I. Diagrama de Ishikawa
- II. Estratificación
- III. Gráficos de control
- IV. Diagrama de Flujo
- V. Plantillas de inspección
- VI. Histograma
- VII. Diagrama de Pareto
- VIII. Diagrama de dispersión

Capitulo II Marco contextual

2.1 “Bumper Automotriz”

Es una empresa 100% mexicana que tiene sus inicios en los años 60’s, el fundador trabajaba como operador de línea en otra fábrica donde conoció a detalle los procesos de producción de soportes automotrices y con el transcurso del tiempo se convirtió en un experto en el tema. En 1961 decidió invertir sus ahorros para montar un pequeño taller en el Distrito Federal (hoy Ciudad de México), para la fabricación de partes automotrices de hule, hule-metal y metal para equipo de refacción y original, logrando crecer rápidamente en el sector automotriz adquiriendo maquinaria de tecnología italiana para proveer directamente a líneas de grandes empresas como General Motors Mx y en 1963 realizó su primera entrega a FORD MX.

En 1967 la organización vivió un crecimiento exponencial, razón por la cual ampliaron las operaciones en 3 plantas e instalaron nuevas máquinas. A la primera planta se le asigna los procesos de estampado, cementado y desengrase para la transformación del metal adquirido en herrajes listos para el proceso de vulcanizado, la segunda planta se asignó para la aceleración del hule y el preformado, y finalmente la tercera planta fue asignada para el vulcanizado de las piezas finales a cliente.

Fue en los años 80’s cuando “**Bumper Automotriz**” dio un gran paso, convirtiéndose en proveedor Tier 1 para Volkswagen México, adquiriendo con ello una gran responsabilidad en el mercado automotriz como proveedor mexicano.

En el año 2000 toma una gran decisión al dejar de solicitar servicio de diseño y desarrollo de moldes y troqueles para la producción, inaugurando el taller de “Diseño, Troqueles y Moldes”, para desarrollar todo proyecto nuevo desde sus inicios y dar mantenimiento a los ya implementados.

El mercado automotriz en México estaba logrando un gran crecimiento y para “**Bumper Automotriz**” no era la excepción, en el año 2005 inicia a exportar a países como Argentina, Brasil, Venezuela, Estados Unidos para suministrar componentes directamente al OEM (*Original Equipment Manufacturer*) y fue en este mismo año cuando fundan su primera oficina de ventas en el extranjero.

En 2013 sigue creciendo su cartera de clientes, logrando adquirir importantes empresas en el sector automotriz, gracias a este crecimiento “**Bumper Automotriz**” en 2014 se ve en la necesidad de inaugurar una 4^{ta} planta asignada como la segunda para el vulcanizado de piezas de equipo Original, adquiriendo grandes proyectos con AUDI y GM.

Hoy día “**Bumper Automotriz**” sigue en vías de desarrollo con más de **50 años de experiencia** en la manufactura del sistema de antivibración para la industria automotriz, logrando su **certificación en IATF 16949:2016** por primera vez en 2003, también **cuenta con certificación en ISO 14001:2015 desde el 2002** para brindar mejor confianza y productos de alta calidad a sus clientes. Gracias a su extensa experiencia en el mercado se ha convertido en un proveedor líder para fabricantes automotrices de equipo original y partes de repuesto para el mercado de refacciones.

La capacidad actual de “**Bumper Automotriz**” para el desarrollo de nuevos proyectos, producción y distribución le permite llegar a todos sus clientes a nivel nacional e internacional, sus productos han alcanzado países como Estados Unidos, Brasil, Argentina, Japón y China, entre otros.

Capítulo III Marco teórico

3.1 Metodología Seis Sigma

3.1.1 Origen e Impactos en la Industria

La industria tanto en nuestro país como en el mundo ha pasado por una serie de etapas como consecuencia de los diferentes avances tecnológicos suscitados como la Revolución Industrial, la invención de nuevas tecnologías y herramientas para el trabajo.

Existen numerosas metodologías y herramientas utilizadas actualmente en la industria que buscan aumentar y llevar un desarrollo equilibrado de la producción, como la metodología utilizada para la presente tesis denominada, metodología **Seis Sigma**.

Encontramos que la metodología **Seis Sigma** tiene como principal propósito lograr la satisfacción de los clientes, en ese orden se enfoca en comprender sus necesidades, recolectar información, y por medio de un análisis estadístico encontrar oportunidades de mejora, o una mejora consistente.

El interés en **Seis Sigma** creció de manera asombrosa. Por lo menos el 25 por ciento de las empresas listadas en la Fortune 200 asegura tener un programa serio de esa índole, y entre ellas se cuentan Ford Motor, Bank of América, Eastman Kodak y DuPont. En junio de 2001, durante una conferencia sobre mejora de rendimiento, se interrogó a los participantes sobre el uso de **Seis Sigma** en sus empresas. De las 65 encuestadas, 40 estaban aplicando la metodología, y casi todas las restantes tenían planes de empezar muy pronto. Los esfuerzos de las empresas no son menores. Ford, por ejemplo, capacitó a 2,500 Black Belts, y tiene casi 2,000 proyectos en marcha.

Otras empresas involucradas en **Seis Sigma** son: American Express, Allied Signal, Lockheed, NASA, Black & Decker, Mabe, Johnson Controls, Kenworth, etc. Empresas comprometidas con la satisfacción del cliente en la entrega oportuna de productos y servicios, libres de defectos y a costos razonables. **Seis Sigma** es una metodología que involucra a toda la organización y utiliza herramientas y métodos estadísticos y no estadísticos y está basada en la mejora continua o círculo de Deming, para Definir los problemas y situaciones a mejorar, Medir para obtener la información y los datos, Analizar la información recolectada, Incorporar y emprender mejoras al o a los procesos y finalmente, Controlar o rediseñar los procesos o productos existentes, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, lo que a su vez genera un ciclo de mejora continua. GE Medical Systems recientemente introdujo al mercado un nuevo scanner para diagnóstico (con un valor de 1,25 millones de dólares) desarrollado enteramente bajo los principios de **Seis Sigma** y con un tiempo de scan de sólo 17 segundos (lo normal eran 180 segundos). En otra de las divisiones: GE Plastics, se mejoró dramáticamente uno de los procesos para incrementar la producción en casi 500 mil toneladas, logrando no sólo un beneficio mayor, sino obteniendo también el contrato para la fabricación de las cubiertas de la nueva computadora iMac de Apple.

Seis Sigma ha ido evolucionando desde su aplicación meramente como herramienta de calidad a incluirse dentro de los valores clave de algunas empresas, como parte de su filosofía de actuación.

Seis Sigma es un proceso de disciplina, y este busca la perfección en la calidad de productos y servicios. La palabra **Seis Sigma** nos remite a la estadística la cual nos permite medir que tanto se desvía nuestro proceso de la perfección. La idea principal de esta metodología es que se pueda medir cuantos defectos se tiene en el proceso, por medio de la estimación sistemática para eliminarlos y llevarlos lo más cercano a los cero defectos. **Seis Sigma** nos ayuda a tomar decisiones basadas en datos, en un proceso mediante el cual se hace un uso sistemático de las herramientas

estadísticas, que identifican causas de raíz y llevan a la reducción de la variabilidad de nuestros productos y procesos.

Con la utilización de esta metodología podemos generar resultados financieros superiores, usando estrategias de negocios que no solo reviven compañías, pero también les permite ir a la cabeza de sus competidores en ganancias económicas, ya que este simplifica sistemas y procesos, mejora la habilidad, y encuentra la forma de controlar los sistemas y los procesos permanentemente.

Es importante entender que **Seis Sigma** se aplica a una característica crítica de calidad (CTQ's), no a un producto. De esta manera en lugar de decir que un producto es **Seis Sigma**, decimos que el promedio de oportunidades de no conformidad en un producto es **Seis Sigma**.

El resultado final de un producto o servicio esta dictado por lo que pasa durante su proceso. Tengan en mente que **Seis Sigma** y la estrategia de mejora de resultados, son dos elementos distintos, **Seis Sigma** es la filosofía y la meta.

3.1.2 Definición de la metodología (definición de sigma)

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos creada en Motorola por el ingeniero Bill Smith en la década de los 80, esta metodología está centrada en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (**DPMO**), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

Para entender que es **Seis Sigma** conviene primero entender que es variación y como se mide: Sigma (σ) es una letra griega que significa una unidad estadística de medición, usada para definir la desviación estándar de una población, esta mide la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos y se calcula con la desviación estándar.

El nivel sigma es una medida de que tan buenos son los procesos y se relacionan con los defectos por millón de oportunidades (**DPO**) de la siguiente manera:

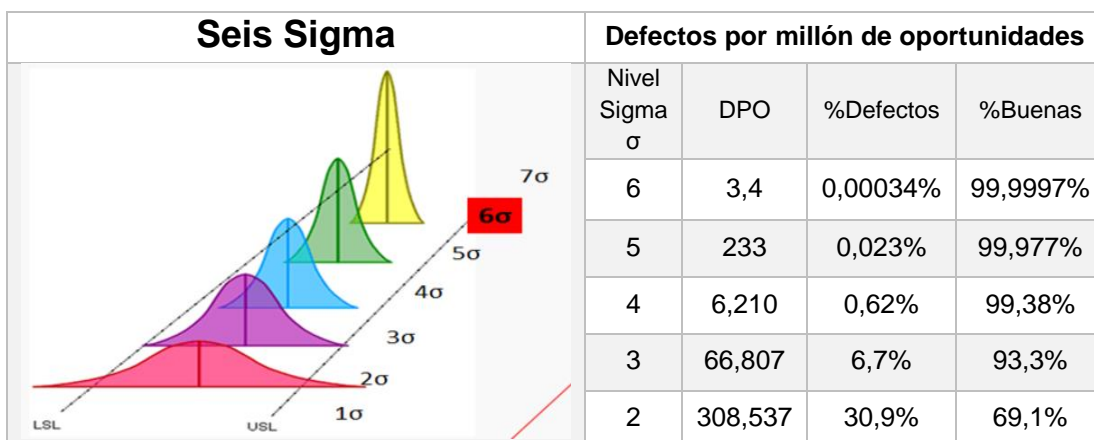


Tabla 1 Defectos según Nivel sigma Fuente: Soconnini L., 2016

3.1.3 Características de los Proyectos Seis Sigma

Definición del “Problema”

De acuerdo a Hostani (1992), un problema es la diferencia que existe entre un estado ideal (objetivo) y un estado real o actual.

Ejemplo 1 Situación adversa. El desperdicio en cierta operación es de 10%. El objetivo es tener 1%.

Ejemplo 2 Proyecto de mejoramiento. El tiempo de respuesta a llamadas de clientes es de 10 minutos, pero se desea reducirlo a 5 minutos.

En la siguiente tabla se muestra una clasificación de problemas propuesta por Hosotani (1992).

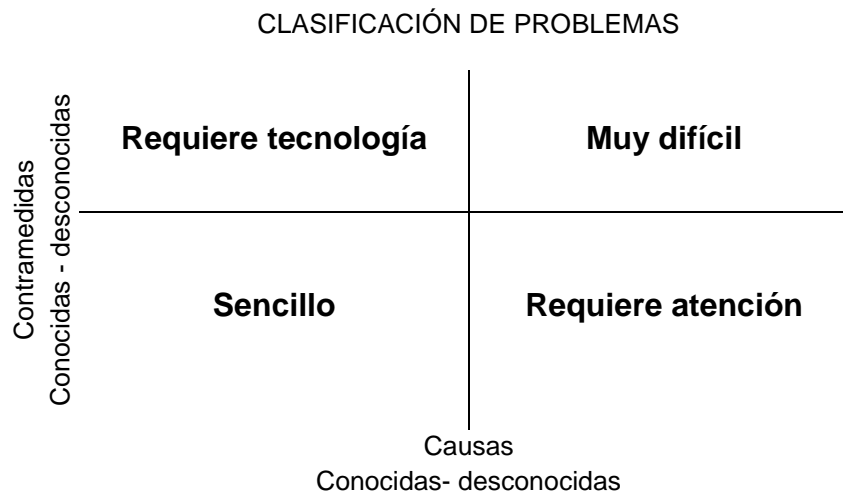


Tabla 2 Clasificación de problemas Fuente: Hostani, 1992

De acuerdo con la tabla anterior, se puede decir que un problema sencillo se resuelve usando las herramientas básicas para la solución de problemas. La aplicación de la metodología **Seis Sigma** estaría reservada para los problemas que requieren atención y para los problemas muy difíciles. Los problemas que requieren tecnología pueden tratarse con otro brazo de **Seis Sigma** que es el DFSS (Diseño para **Seis Sigma**).

Selección de un proyecto **Seis Sigma**

De acuerdo con Snee (2001), “la buena selección es crítica, pero otras consideraciones importantes incluyen la asignación del Campeón, Cinta Negra y Cinta Verde adecuadas, la terminación a tiempo (de tres a seis meses), y el apoyo y participación de una variedad de funciones y revisiones administrativas para mantener los proyectos enfocados y a tiempo”. (Adaptado de Hostani, 1992 y Snee, 2001)

Las características de un buen proyecto /problema son:

1. Ligado a las prioridades del negocio y relacionado con algún parámetro importante para el cliente. CTQ's (*Critical-to-Quality*, característica crítica para la calidad, CCC)
2. De gran importancia y entendible para la organización
3. De alcance razonable
4. Común a todos los miembros del equipo
5. Tiene una métrica adecuada
6. Cuenta con el apoyo y aprobación de la administración
7. El impacto financiero debe ser validado por el área de finanzas

En general los proyectos seleccionados están enfocados a mejorar la calidad, disminuir costos y/o mejorar el servicio. Una manera de hacerlo a un nivel operativo podría ser con base en los indicadores de operación que están bajo el control del equipo. Se pueden usar las siguientes preguntas como ayuda:

1. ¿Qué problema está afectando más actualmente?
2. ¿Qué indicadores se pueden mejorar más?

3.1.4 Estructura funcional para proyectos Seis Sigma

La estructura y capacitación de recursos en un proyecto **Seis Sigma** tiene la particularidad de que se produce sobre la base de una experiencia práctica. Existen diferentes niveles de formación: Ejecutivos, Champions, Green Belts y Black Belts entre los más usuales, y según su nivel, lideran e implementan cierta cantidad de proyectos durante su capacitación. (Adaptado de *Torres San Marco, 2005*)

3.1.4.1 Función de la Gerencia

El compromiso de la dirección de la empresa no se trata únicamente en brindar una charla o conferencia introductoria sobre la metodología, es vital que toda la gerencia incluyendo alta y media, reciba un entrenamiento formal en la metodología **DMAMC**, así como sus responsabilidades y roles que cada uno cumple en el despliegue de **Seis Sigma** y el lenguaje asociado con la misma. De esa manera se elimina la barrera natural debida a la falta de conocimiento de las técnicas utilizadas dentro de los proyectos y se facilita la comunicación de los gerentes con los líderes de los mismos.

Sostener las mejoras alcanzadas es vital para fortalecer el convencimiento dentro de la organización de que **Seis Sigma** no es solo una moda o “el programa del mes” sino que constituye una forma de trabajar o de tomar decisiones de negocio.

Una vez desplegada la metodología **Seis Sigma**, el éxito de su continuidad dependerá en gran medida de la habilidad de los líderes para movilizar a la organización más allá del mero cumplimiento de los “estándares” propuestos por **Seis Sigma**. Debieran motivar al personal para que esté comprometido con los principios de reducción de defectos, el enfoque basado en datos para la toma de decisiones y la mejora continua.

3.2 Fases de la Metodología Seis Sigma

3.2 Fase Definición

Dentro de la fase de definición encontramos como primer paso definir el problema con una declaración del problema de alto nivel, esto incluye identificar específicamente los clientes del proceso o producto, que son afectados por el problema.

Una vez que se tiene el alcance del proyecto en un nivel específico manejable, es necesario definir las características críticas de la calidad, para finalmente documentar las actividades de esta fase en una asignación del proyecto.

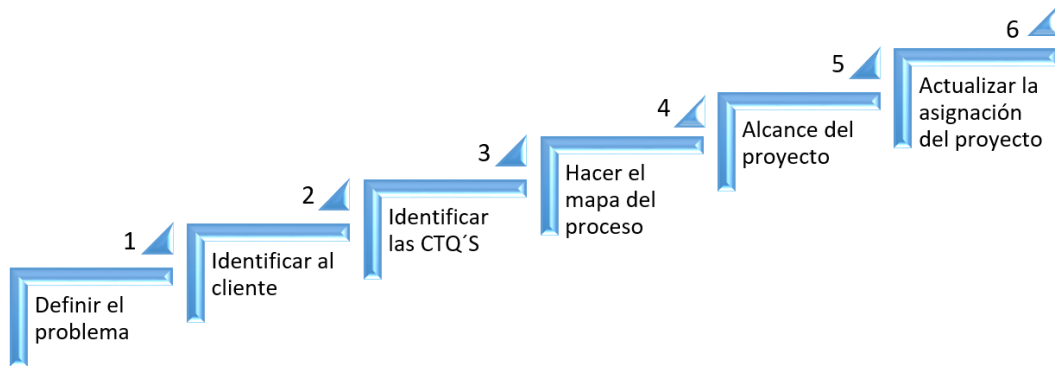


Tabla 3 Pasos en la fase de definición Fuente: Vásquez J.,2005

3.2.1 Definir el problema

El primer paso es reconocer el problema. Se entiende como problema tanto una situación no deseable en la que algo está funcionando mal, como una situación que trabaja correctamente, pero que se desea mejorar. La formulación del problema debe ser una descripción concisa y centrada en aquello que está mal, siempre que sea posible, será conveniente cuantificar el problema en términos de costo, pues esto permitirá cuantificar la mejora conseguida al final del proceso. (Vásquez J. 2005)

3.2.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica de barras para datos de conteo o categóricos, ordenadas de forma descendente con respecto a su frecuencia y unido a una ojiva que mide la frecuencia acumulada. El análisis de Pareto se basa en el principio de que los elementos decisivos en una situación son relativamente pocos, mientras que son muchos los que tiene menor importancia, propuesto por Wilfredo Pareto, economista italiano, quién a finales del siglo XIX observó que el 20% de las personas en el mundo controlaba el 80% de la riqueza.

Se utiliza para visualizar rápidamente qué factores, causas o valores de un problema o una situación determinada son los más importantes. Con ello se puede saber cuáles hay que atender en forma prioritaria, a fin de solucionar el problema o mejorar la situación.

Puede ser empleado en la etapa de definir y analizar de la metodología Seis Sigma, para tener un enfoque de los recursos del proyecto sobre los productos, los departamentos, los problemas, los defectos o las causas que generan el mayor rendimiento. (Socconini L., 2016)

El procedimiento se puede resumir a:

- 1.- Decidir qué problemas se van a investigar y cómo recoger los datos.
- 2.- Diseñar una hoja para recolectar los datos.
- 3.- Recolectar los datos de frecuencias y ordenarlos de mayor a menor.
- 4.- Calcular los totales acumulados.
- 5.- Calcular los porcentajes y sus acumulados.
- 6.- Realizar una gráfica.

3.2.3 Identificación y voz del cliente

Esta etapa es de gran importancia ya que es donde se definen las expectativas del cliente en términos de calidad, precio y entrega.

Una vez que se tiene la declaración del problema de alto nivel, el siguiente paso es identificar al cliente, se debe identificar quien absorbe los costos asociados con el problema, es decir buscar una mejora de valor de la satisfacción del cliente.

Voz del Cliente es un término que describe el proceso exhaustivo de captar e interpretar con regularidad las expectativas, preferencias y experiencias del cliente con los productos y servicios que ofrecen las empresas.

Se basa en técnicas de investigación cualitativa y su objetivo no es definir un conjunto de prioridades de mejora, sino identificar un completo rango de atributos que potencialmente inciden en la satisfacción del cliente. El resultado ha de ser la obtención de una base bien fundamentada para desarrollar posteriormente una investigación cuantitativa mediante cuestionarios y encuestas. (*Escalante Vásquez, Edgardo. 2008*)

El proceso de despliegue de la Voz del Cliente se lleva a cabo en varias fases:

1. Obtención de la opinión del cliente.
2. Análisis de la Voz del Cliente.
3. Identificación y organización de atributos.

Derivado del análisis que se obtenga con el diagrama de Pareto, sabremos cual es la pieza que tenemos que analizar y estudiar. Es decir, se analizará de manera profunda el proceso de fabricación. Sin embargo, no solo es suficiente analizando y estudiando el proceso de fabricación. También se tiene que hacer un estudio de Voz del cliente para estar al tanto de cuáles son las expectativas del cliente al recibir el producto y así sabremos si además de mejorar la calidad del proceso de fabricación, también será necesario mejorar el servicio post venta que ofrece la empresa a su cliente final.

3.2.4 CTQ´s

CTQ´s son las siglas en inglés *Critical to Quality*, parámetros clave en los requerimientos de calidad formulados por un cliente. Su elaboración implica la jerarquización de prioridades en el resultado exigido y la eliminación de aquellos rasgos que no son fundamentales para satisfacer las demandas del cliente. También se conoce como 'Crítico para la calidad' y se refiere a los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa.

Un CTQ's en cualquier producto, proceso o servicio es aquella característica que satisface un requerimiento clave para el cliente o el proceso. (*Escalante Vásquez, Edgardo. 2008*)

Los atributos más importantes de un CTQ's en el trabajo de investigación es que vienen trasladados directamente de la voz del cliente y esto nos da un panorama completo de las necesidades del cliente.

3.2.5 Modelo Kano

El Modelo de Kano es una herramienta que permite extraer aquellas necesidades que no se mencionan, pero que sin embargo son de gran importancia para que el nuevo producto se introduzca con éxito en el mercado.

Noriaki Kano establecido en 1984 tres tipos de requisitos o necesidades que subyacen en el mercado, con respecto a un determinado producto:

1. Requisitos de calidad básica •
2. Requisitos de calidad mejorable •
3. Requisitos de sobre calidad

Fases de aplicación

Definición estratégica

Oportunidades de mejora: sobre calidad Análisis de fallos: calidad básica sin resolver

Diseño de concepto

Clasificación de prestaciones Clasificación de soluciones / concepto

¿En qué consiste?

Generalmente el usuario expresa sus necesidades en torno a un producto en términos de atributos:

- 1.- Modos de operación del producto **requisitos funcionales** •
- 2.- Descripción subjetiva de las especificaciones deseadas **requisitos de calidad demandada** •
- 3.- Modos de fallo **requisitos de fiabilidad**

Pasos a seguir para aplicación del Modelo Kano

1. Definición de las características/prestaciones del producto.
Es importante no obviar las más básicas (requisitos legales, normativos, de funcionalidad básica, de durabilidad mínima, etc.), así como aquellas que el equipo de diseño entienda pertinentes a tener en cuenta en el nuevo diseño.
2. Diseño de cuestionario. Pareja de preguntas
3. Selección de una muestra representativa del segmento de mercado objetivo
4. Tratamiento de los datos de los resultados de la encuesta

Beneficios Modelo Kano

- 1.- Permite detectar las innovaciones demandadas implícitamente por el mercado. •
- 2.- Define la base sobre la que innovar, es decir, los elementos o prestaciones del producto básicos desde el punto de vista del cliente. Su ausencia significaría el rechazo del producto final. •
- 3.- Aporta un criterio para la valoración justificada del producto final desde el punto de vista del nivel de calidad percibido por el cliente

<https://es.scribd.com/document/14599651/modelo-kano> febrero del 2019

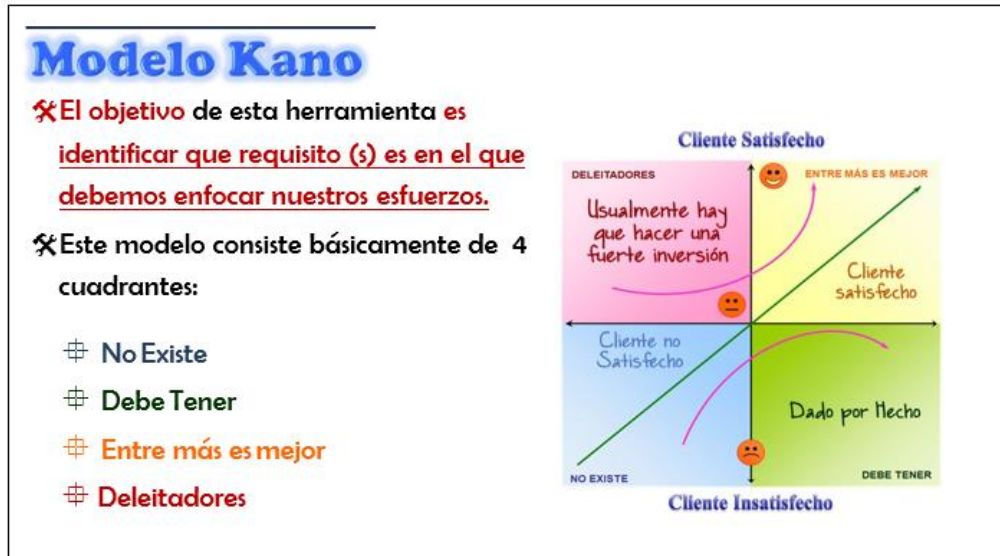


Tabla 4 Modelo Kano Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

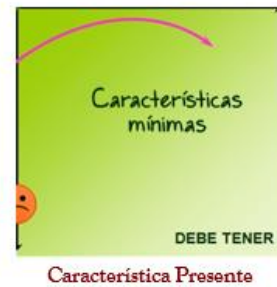


Tabla 5 Modelo Kano Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

Modelo Kano

Debe Tener

☆ Colocamos en este cuadrante las características “Básicas” que mi producto o servicio DEBE poseer y ya posee.



Son las características que se da por hecho que ya se cuentan con ellas

Tabla 6 Modelo Kano Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

Modelo Kano

Entre más es Mejor

× Colocamos en este cuadrante las características que entre más se tenga en nuestro Producto o Servicio es “MEJOR”. Este es el cuadrante de la optimización.



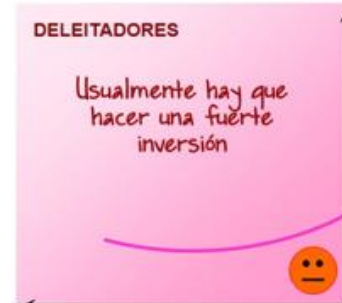
Si no existe algún requisito en el cuadrante azul, nos enfocamos en alguno de estos requisitos

Tabla 7 Modelo Kano Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

Modelo Kano

Deleitadores

☆ Colocamos en este cuadrante las características que nos encantaría
ofréceles a nuestros clientes



Estas características no pueden ser incluidas en nuestros productos o servicios por cuestiones de \$COSTOS\$ u otras

Tabla 8 Modelo Kano Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

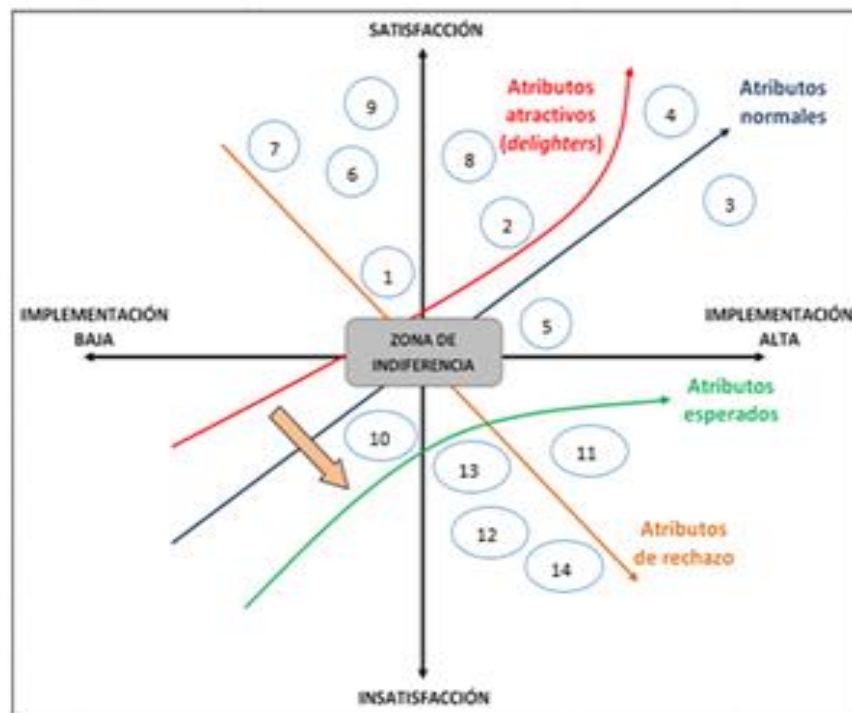


Tabla 9 Representación gráfica Modelo Kano: M en. Carlos Alberto Jara Barrera. Febrero 2019

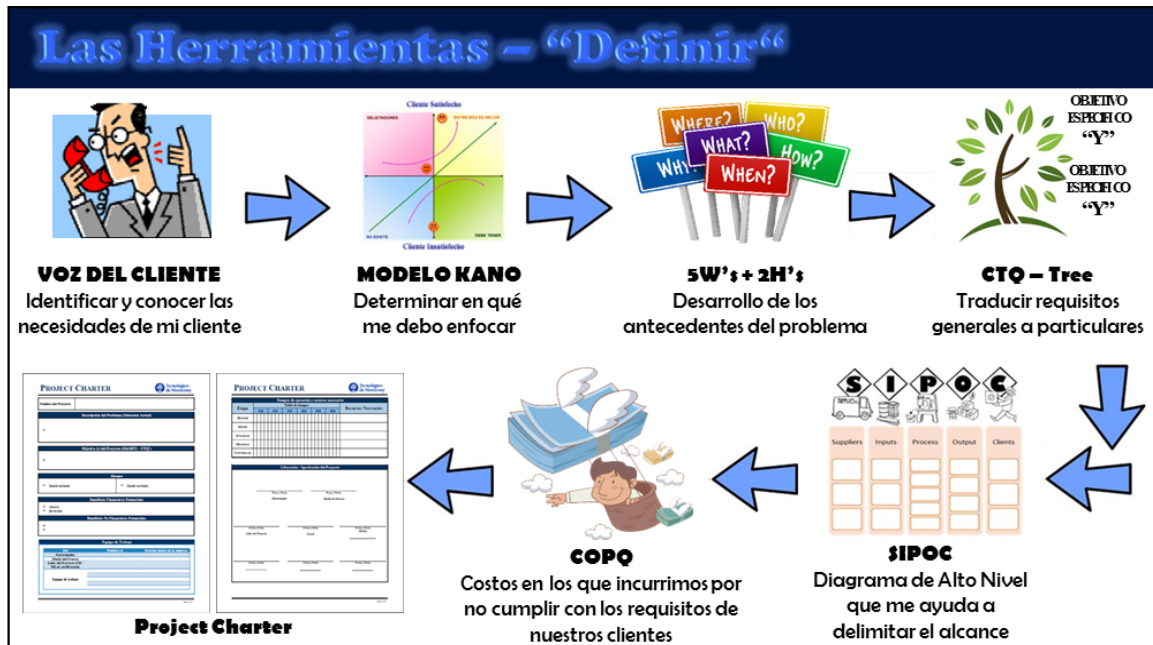


Tabla 10 Las Herramientas de la fase de Definición Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

3.2.6 Diagrama de Tortuga

Es una herramienta que se utiliza a fin de describir cada uno de los procesos, de la misma manera, ayuda a conocer sus interacciones dentro del Sistema de Gestión de Calidad y los dueños, así como con los procesos, además identifica los requisitos del cliente para obtener el producto resultante del proceso.

Pasos a seguir para construir Diagrama de Tortuga

1. Se identifica el proceso (de realización del servicio, de gestión, de provisión de los recursos)
2. Se definen los “**Elementos de Entrada**”, son los insumos o requerimientos de la parte interesada
3. Se definen los “**Elementos de Salida**”, es el producto o resultado del proceso
4. Se define “**¿Con Qué?**”, es decir los recursos necesarios para la realización del proceso (equipos, materiales, etc.)
5. Se define “**¿Con Quién?**”, es decir, el recurso humano necesario para que se lleve a cabo el proceso.
6. Se define el “**¿Cómo?**”, es decir, los documentos relevantes que se requieren para la realización del proceso (procedimiento, métodos e instrucciones)
7. Definir el “**Seguimiento, Medición y Análisis**” del desempeño del proceso, es decir, establecer indicadores para el proceso.

Aplicaciones del Diagrama de Tortuga

- Planificación estratégica
- Implementación y mantenimiento del SGC
- Planificación y ejecución de auditorías
- Revisión por la dirección y toma de decisiones

Ing. Miguel Hernández Mendoza junio de 2015

3.2.7 Mapas de proceso

La representación gráfica de los procesos a través de diagramas proporciona una herramienta homogénea, clara y concisa para la estandarización, documentación y comunicación de los procesos en una organización. Los diagramas admiten diferente nivel de detalle en cuanto al número de actividades a explicar, según el objetivo perseguido. *(Pérez Fernández, 2012)*

Un mapa de procesos es una representación gráfica de los procesos de una organización, es útil para comprender el proceso, puede describir la secuencia del producto, contenedores, papeleo, acciones del operador o procedimientos administrativos. Es el paso inicial para la mejora de procesos, ya que facilita la generación de ideas.

El mapa de proceso debe ser de “alto nivel”, pero debe incluir todos los pasos primarios necesarios para obtener la mejora deseada (es decir, los pasos con valor agregado relativos a los CTQ, CTC, CTD). *(Humberto. De la Vara Román. 2004)*

Cabe mencionar que la elaboración de mapas de proceso son requerimientos necesarios para estudiar de manera más específica el proceso de fabricación que presenta variabilidad al fabricar el **Bumper**. Incluso se puede decir que posterior a la visita que se hace en planta se realizan propuestas diferentes de mapas de procesos de fabricación y así cada integrante tiene una comprensión más amplia del proceso de producción y las áreas que están involucradas.

3.2.8 SIPOC

El SIPOC es un diagrama que permite analizar un proceso de una manera más detallada reconociendo al respectivo proveedor, así como también identificando todas las entradas y salidas del proceso, además nos permite determinar los clientes vinculados a cada paso del proceso.

Se denomina SIPOC por sus siglas en inglés: supplier, input, process, customer.

- Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso.
- Entrada (input): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- Salida (output): Es el resultado que genera el proceso.
- Cliente (customer): la persona que recibe el resultado del proceso.

Ejemplo de estructura común de un diagrama SIPOC.

SIPOC				
SUPPLIER	INPUT	PROCESS	OUTPUT	CUSTOMER
Proveedor	Entrada	Proceso	SALIDA	Cliente

Tabla 11 Formato SIPOC Fuente de elaboración propia

Una vez que se haya estudiado el proceso de fabricación, que se conozca cuáles son las necesidades y expectativas del cliente con respecto al producto final y que cada miembro del equipo de investigación tenga una idea clara y sensata del proceso de fabricación entonces se podrá realizar un diagrama SIPOC. (Escalante Vásquez, Edgardo. 2008)

3.2.9 Diagrama Causa-Efecto

Los diagramas de causa y efecto, también conocidos como diagramas de pescado, ilustran la manera en que diversos factores pueden estar vinculados con un problema o efecto potencial.

En 1952 fue aplicado por primera vez el diagrama Causa-Efecto por Kaoru Ishikawa y de las siete herramientas básicas de la calidad, es la única de naturaleza no estadística. (Evans. J. Lindsay, W, 2015)

- Estos diagramas obligan al equipo a concentrarse en el contenido real o en la naturaleza del problema, además de generar una imagen del conocimiento colectivo.
- Ayudan a crear un consenso sobre las causas raíz y a sustentar las soluciones que no resulten.
- Concentran al equipo del proyecto en las causas, en vez de en los síntomas (X, no Y)

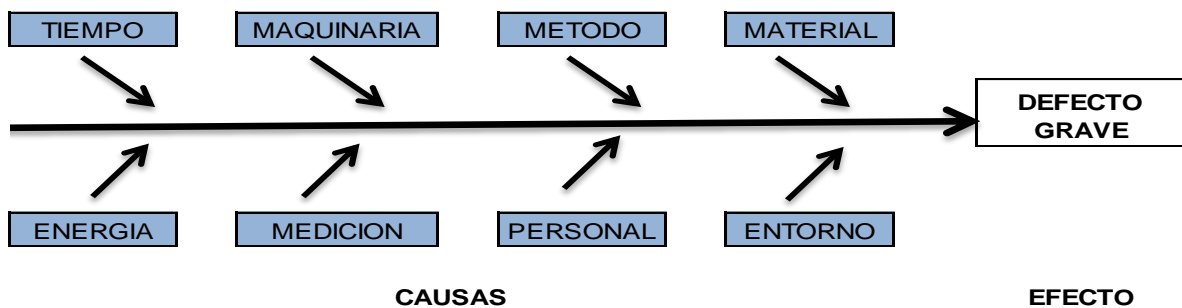


Tabla 12 Estructura básica de un diagrama Ishikawa Fuente: Pande, P. & Holpp, L. 2002

El objetivo fundamental de la metodología **Seis Sigma** es reducir la variabilidad dentro de un proceso de fabricación. En relación con el estudio que estamos desarrollando en la empresa **Bumper S.A** el desarrollo de un diagrama de causa – efecto es parte medular para la investigación ya que esta herramienta analiza cada una de las variables que están involucradas en la fabricación. Lo que permitirá tener un panorama más específico de las oportunidades de mejora que hay que atacar.

3.2.10 Project Charter, actualización de la asignación del proyecto.

Es una herramienta vital para el desarrollo de toda actividad, durante el transcurso de la fase de definición, se agregará la información a la asignación hasta que este se complete, El acta de Constitución de Proyecto, detalla cada uno de los aspectos fundamentales y cruciales del Proyecto, el alcance del proyecto, el plan, metas intermedias, y funciones y responsabilidades.

A partir de aquí donde definimos los objetivos, establecemos entregables, delimitamos el alcance, definimos las posiciones asignamos responsabilidades, definimos planes financieros, de recursos y de calidad, y se tienen en cuenta consideraciones como riesgos y restricciones.

En proyectos Seis Sigma se debe agregar:

- Definición de condición defectuosa
- CTQ (Crítico para la Calidad)
- Métricas Y clave, así como secundarias

(Pande, P. & Holpp, L. 2002)

Como lo menciona la descripción, este documento es vital, es forzosamente necesario que se elabore un formato “proyect chárter” para el proyecto que se está llevando a cabo en la empresa “**Bumper Automotriz**” Sera la forma práctica y técnica en que le comunicaremos a los involucrados cuales son nuestros alcances y delimitaciones durante el desarrollo del trabajo de investigación.

3.3 Fase de medición

La fase de medición consiste en entender la condición actual del proceso, y ayuda a establecer las técnicas para la recolección de la información, una vez identificados los procesos internos que influyen en las características críticas para la calidad en la fase anterior, llamada fase de definición, y así medir los defectos generados relativos a estas características.

Es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe, llamadas variables de desempeño, y que parámetros son los que afectan este desempeño. A partir de estas variables el primer paso en esta fase es definir la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema, y se termina una vez que se haya recolectado una muestra suficiente para la siguiente fase de análisis.

Algunas preguntas que pueden permitir comprender mejor esta etapa son: ¿Cuál es el plan para recolectar información? Este debe incluir el tipo de información que se necesita, las medidas claves para proporcionarla y las técnicas para recolectar. ¿Cómo aseguramos la precisión y consistencia de la información recolectada?

3.3.1 Medir en Seis Sigma

Para términos del método DMAIC el procesar el mejoramiento es tan importante como la medición, recordemos que generar mediciones cuesta tiempo y dinero, pero los beneficios de tener información adecuada suelen ser más altos que los costos para conseguir estas mediciones.

Una manera de determinar la repercusión de la variación en un proceso es medir las actividades y salidas del proceso en comparación con las especificaciones.

Encontramos entonces que existen tres tipos de mediciones clave: Entrada, Proceso y salida., al determinar estas medidas para el proceso, se debe tratar de buscar un equilibrio entre estos elementos.

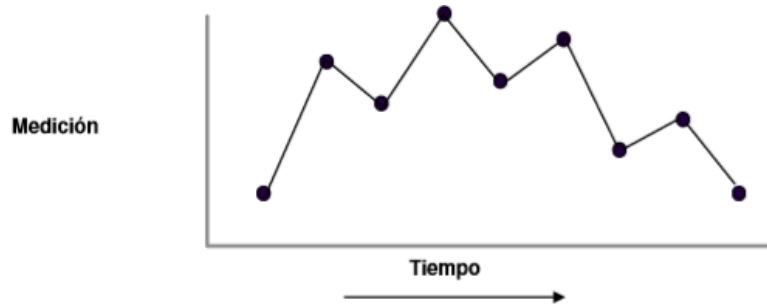


Ilustración 2 ejemplo de variación de medidas en el tiempo, Fuente: Elaboración propia

La variación es normal y puede ser influenciada por múltiples factores.

- Todas las actividades repetitivas de un proceso tienen una cierta cantidad de fluctuación.
- Las medidas de entrada, proceso, y salida también fluctúan.
- Esta fluctuación se llama variación.

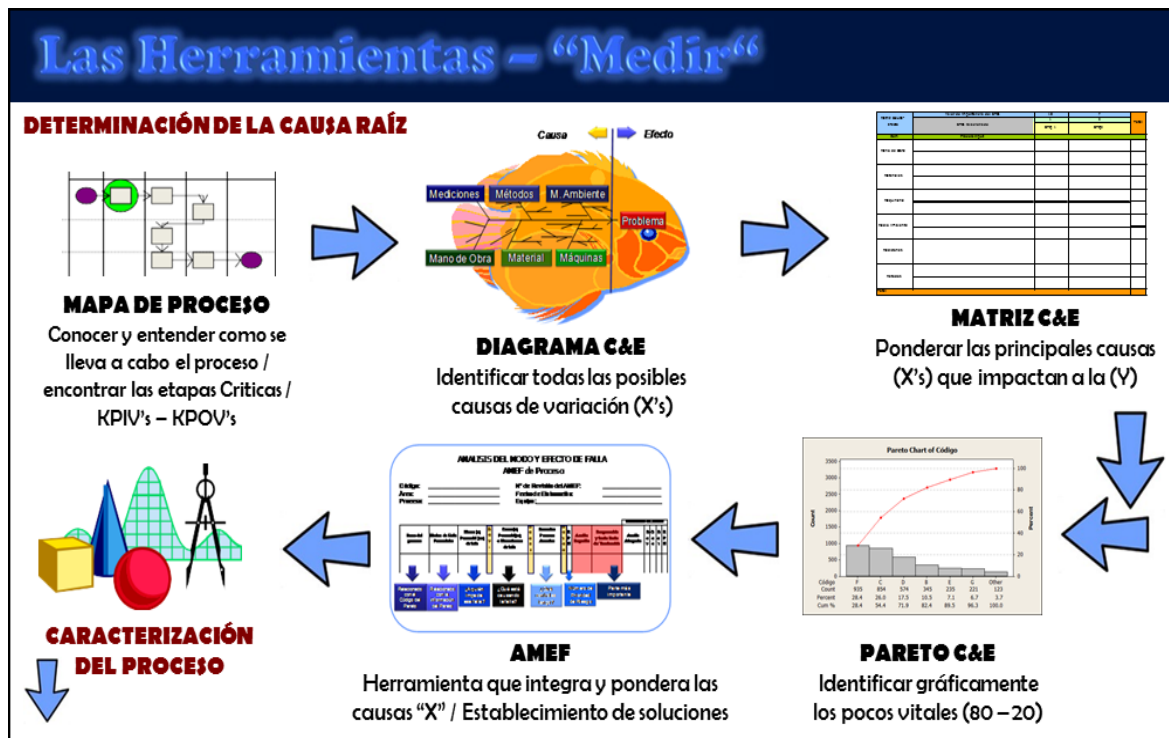


Tabla 13 (1 de 2) Las Herramientas de la fase de Medición Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

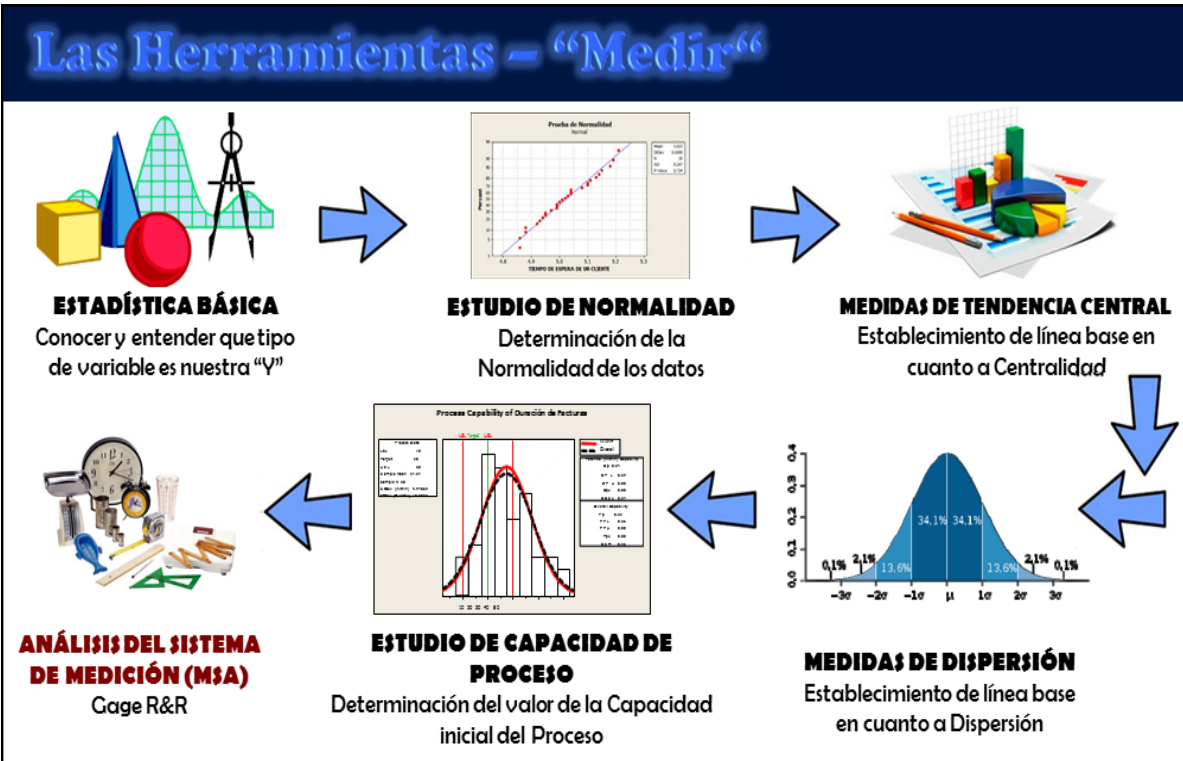


Tabla 14 (2 de 2) Las Herramientas de la fase de Medición Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

3.3.2 Diagrama de estratificación

La estratificación es una estrategia inicial, no es por sí misma una herramienta que permita solucionar un problema, sino que es una representación para comprenderlo mejor, mediante la separación y clasificación de los datos disponibles. Un mismo conjunto de datos puede ser agrupado de diferentes maneras y su interpretación puede variar según el punto de vista de la clasificación, por lo que se debe agrupar las observaciones de acuerdo con su naturaleza o con otros factores que influyan en el problema, a fin de analizar una por una y analizar su posible relación con respecto a los datos en general. (initelabs, 2018)

En término de este proyecto, un diagrama de estratificación nos será de utilidad para estratificar respecto a conceptos, como mano de obra, maquinaria, materiales y función en la operación principalmente.

3.3.3 Métricas del proceso

PPM, DPMO’s, DPU’s, son medidas que expresan cómo se está comportando su producto o proceso, con base en el número de defectos. La selección de la métrica de calidad apropiada ayuda a evaluar el rendimiento versus las expectativas del cliente. Igualmente puede desarrollar líneas base de proyectos y objetivos de mejora, así como también comunicar el nivel de conformidad a sus clientes.

Defectos por unidad (DPU) es el número de defectos en una muestra dividido entre el número de unidades de la muestra.

Defectos por oportunidad (DPO) es el número de defectos en una muestra dividido entre el número total de oportunidades de defectos

Defectos por millón de oportunidades (DPMO) es el número de defectos en una muestra dividido entre el número total de oportunidades de defectos multiplicado por 1 millón. DPMO estandariza el número de defectos en el nivel de oportunidad y es útil porque permite comparar procesos con diferentes complejidades.

En **Seis Sigma** el objetivo es lograr que DPMO sea inferior a 3.4 DPM (*Olofsson, 2011*)

Con estas métricas obtendremos la línea base para comprender la posición de la empresa en cuanto a su rendimiento, y de esta manera poder actuar conforme a la metodología.

3.3.4 Plan de recolección de datos

La aplicación de la metodología **Seis Sigma** no tiene sentido sin las técnicas de recolección de datos, estas técnicas conducen de forma directa a la verificación del problema planteado que genera la variabilidad en el proceso.

Antes de iniciar con la recolección de datos es necesario trazar un plan. Esta actividad la podemos ejecutar apoyándonos en una hoja de verificación. Esto con la finalidad de asegurar que las prácticas de recolección sean constantes.

La Hoja de Verificación debe enumerar:

- Características que serán medidas
- Métodos de Medición
- Instrumentos o base de datos que serán empleados
- Periodo de tiempo definido para la recolección de datos
- Personas que realizarán la recolección de datos.

La elección del método depende de la estrategia de recopilación de datos, el tipo de variable, la precisión necesaria, el punto de recopilación, etc. Los vínculos entre una variable, su origen y los métodos prácticos para su recopilación (pueden ayudar a escoger métodos apropiados. Los métodos de recopilación apropiados para este proyecto son: (*Cáceres, 2015*)

- Registros
- Observaciones directas

Los datos nos brindan la capacidad de determinar dónde nos encontramos y dónde queremos ir, debemos de tomar gran importancia a esta etapa, ya que la precisión, la constancia y las estrategias a través de las cuales se recolectan los datos, ejercen una gran influencia en la habilidad de analizar con exactitud, mejorar y controlar.

La fase de medición comienza identificando el tipo de información que se debe recolectar, y esta termina una vez que se ha recolectado una muestra suficiente de información, para apoyar la siguiente fase, la fase de análisis.

Al terminar esta fase el equipo debe tener suficiente información para el análisis del problema, con base en un sistema de medición validado que asegure la precisión y consistencia de los datos.

3.4 Fase de Análisis

En esta fase nos enfocamos en las oportunidades de mejora, pues los datos obtenidos de la fase de medición son observados a detalle.

Con lo anterior se establece una capacidad básica de desempeño del problema de alto Nivel que se encuentra en estudio, todo lo analizado servirá como punto de comparación una vez que se apliquen las mejoras al proceso.

La fase de análisis concluye una vez que se hayan identificado las posibles principales mejoras durante la fase de Mejora

3.4.1 Análisis de capacidad

El primer paso de esta fase es establecer la capacidad del proceso que se encuentra en estudio, el objetivo es establecer la capacidad del proceso expresada con un valor **Seis Sigma** a corto plazo, con el fin de poder realizar comparaciones con los cambios que se realicen en el futuro.

Seis Sigma es un valor medible universalmente, al utilizar sigma como un medible, el desempeño de cualquier proceso se puede comparar con el de otro proceso sin importar el tipo de información. (Vazquez J., 2005)

3.4.2 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas o *Brainstorming* se basa en una discusión grupal que se genera a partir de una pregunta planteada por el moderador que se ha responder. Es una técnica que posibilita la creatividad. El *Brainstorming* tiene un propósito exploratorio y puede llevarse a cabo tanto en escenarios formales como naturales. No existe una estructuración de preguntas.

Por su carácter exploratorio, se puede utilizar en las primeras etapas de una investigación. También se utiliza como combinación con otras técnicas, por ejemplo, para iniciar una discusión grupal, y constituye la primera fase de un grupo nominal. (Ferreira, 2006)

3.4.3 Diagrama Ishikawa

El diagrama de causas-efecto de Ishikawa, así llamado en reconocimiento a Kaoru Ishikawa ingeniero japonés que lo introdujo y popularizó con éxito en el análisis de problemas en 1943 en la Universidad de Tokio durante una de sus sesiones de capacitación a ingenieros de una empresa metalúrgica explicándoles que varios factores pueden agruparse para interrelacionarlos.

Este diagrama es también conocido bajo las denominaciones de cadena de causas-consecuencias, diagrama de espina de pescado o "fish-bone". El diagrama de Ishikawa es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables. Se usa el diagrama de causas-efecto para:

- analizar las relaciones causas-efecto
- comunicar las relaciones causas-efecto
- facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución.

En este diagrama se representan los principales factores (causas) que afectan la característica de calidad en estudio como líneas principales y se continúa el procedimiento de subdivisión hasta que están representados todos los factores factibles de ser identificados. El diagrama de Ishikawa permite apreciar, fácilmente y en perspectiva, todos los factores que pueden ser controlados usando distintas metodologías. Al mismo tiempo permite ilustrar las causas que afectan una situación dada, clasificando e interrelacionando las mismas. El diagrama puede ser diseñado por un individuo, pero es aconsejable que el mismo sea el resultado de un esfuerzo del equipo de trabajo quien previamente utilizó el diagrama de afinidades. (Instituto Uruguay, (2009)

A partir de este diagrama, la información obtenida se vacía a una matriz causa y efecto para su análisis, que por medio de los CTQ's deberán ser ponderadas las causas, según su impacto en estas características críticas de la calidad, y de este modo limitar el estudio a las causas principales que inciden en el problema.

3.4.4 Análisis del Modo y Efecto de Falla

El análisis de modo y efecto de fallas (AMEF/FMEA) es un grupo sistemático de actividades con el propósito de:

1. Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, y los efectos de dichas fallas.
2. Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
3. Documentar todo el proceso.

EL AMEF de proceso se enfocar en las razones de fallas potenciales durante manufactura, como resultado del incumplimiento con el diseño original, o el incumplimiento de las especificaciones del diseño (Aldridge & Taylor, 1991).

De acuerdo con (Gilchrist 1993), aunque los problemas o las fallas generalmente surgen durante la producción, realmente se originan en las fases de planeación y diseño del producto.

Dentro de esta tesina el AMEF nos ayudará a generar un análisis de la información, y de esta manera priorizar las principales áreas de oportunidad que surjan de este análisis, esta priorización se realizará por medio de las siguientes tablas, (SEV, OCU, DET)

Historia del AMEF

Metodología creada por la industria aeroespacial en los años 60's. Se creó con el compromiso de las empresas hacia la mejora continua tanto de productos como de procesos; el AMEF se convirtió en una técnica para identificar y ayudar a eliminar posibles problemas. Ford comenzó a utilizar el AMEF en 1972.y posteriormente fue incorporada por Ford Motor Company, Chrysler y General Motors en 1988. La AIAG (Automotive Industry Action Group) y la ASQC (American Society for Quality Control) crearon y controlaron los estándares del AMEF en 1993.

¿Qué es AMEF?

Un AMEF puede ser descrito como un grupo sistemático de actividades dirigidas a: (a) identificar y evaluar fallas de producto/proceso y efectos de esas fallas, (b) identificar acciones que pudieran eliminar o reducir la probabilidad de ocurrencia de dichas fallas potenciales y (c) documentar los procesos completos. Esto es complementario al proceso de definir lo que un diseño ó proceso debe hacer para satisfacer a los clientes.

El AMEF es una técnica analítica que ayuda a identificar posibles fallas futuras en un proceso. Hace énfasis en métodos de prevención de defectos. Se elabora cuando se trata de procesos nuevos y se actualiza después de acciones tomadas para evitar alguna queja de cliente, cuando se genera algún cambio de ingeniería, así como con la información generada en los periodos a evaluar.

Abarca el proceso completo, esto es, desde la entrada de material hasta el embarque de producto final al cliente. Define: Qué puede fallar, Qué es lo que pasa cuando la falla ocurre, Qué tan seguido ocurre la falla, Qué tan bien puede la falla ser detectada si esta ocurre

El documento del AMEF identifica las acciones requeridas en el proceso para prevenir defectos en el producto. Lo anterior asegura la calidad del producto, de acuerdo a las expectativas de nuestros clientes

El AMEF resume los esfuerzos de un equipo de trabajo, incluyendo un análisis de las posibles fallas en base a experiencias pasadas, para la planeación del arranque de un proceso futuro.

El AMEF permite asignar prioridad a las acciones correctivas de acuerdo a la gravedad de cada falla. Documenta los resultados de la planeación del proceso de manufactura

Debe considerarse un documento “vivo”, debe de actualizarse cada vez que se tenga una queja de cliente, que se detecten nuevos modos de falla o se implementen nuevos cambios y controles.

Tipos de AMEF'S

Diseño (D) AMEFD

O Proceso (P) AMEFP

Diseño: Materiales, subensambles y producto terminado.

Proceso: Proceso de ensamble, métodos de trabajo, equipo y maquinaria, pruebas, inspecciones, auditorías, manejo de materiales y empaques, etiquetado, cambios de modelo, retrabajos.

Todos los AMEFs se enfocan al diseño, ya sea del producto ó del proceso.

Uno de los factores más importantes para la exitosa implementación de los programas AMEF's, es oportunidad. Esto significa que son acciones “antes de evento” y “no ejercicio después del hecho”.

Para lograr su gran valor, los AMEFs deben hacerse antes de que los modos de las fallas de productos ó proceso se hayan incorporado en los productos ó proceso mismos. El tiempo anticipado y usado apropiadamente en la terminación de un AMEF, cuando cambios en el producto/proceso pueden ser implementados más fácil y económicamente, minimiza crisis de cambios posteriores.

Un AMEF puede reducir ó eliminar la probabilidad de implementar cambios correctivos/preventivos que pudieran generar una preocupación mayor. La comunicación y coordinación debiera ocurrir dentro de todos los equipos de AMEF.

Propósitos del AMEF


Propósitos principales:

Identificar acciones que pueden eliminar o reducir la oportunidad de que alguna falla se presente.
 Documentar el proceso. Acción antes de y no después de ...


Beneficios del uso del AMEF

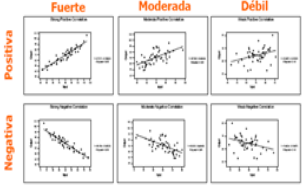
- Identifica posibles modos de falla del proceso o producto.
- Calcula el efecto potencial del modo de falla.
- Identifica las posibles causas del modo de falla.
- Identifica variables del proceso en las cuales enfocarse para reducir la ocurrencia o mejorar la detección.
- Genera una lista ordenada de modos de falla potenciales.
- Asigna prioridad a las acciones correctivas por orden de importancia.
- Documenta los resultados del proceso.
- Control desde que el producto entra a la planta hasta que sale

Las Herramientas - "Analizar"



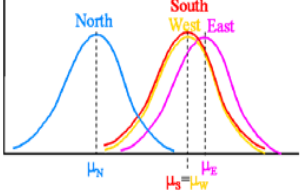
PRUEBA DE HIPÓTESIS
Desarrollo de Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa





CORRELACIÓN
Determinación de la relación entre 2 variables

Tipos de variables		OUTPUT -Y	
		ATRIBUTOS	VARIABLES
INPUT-X	VARIABLES	Prueba de "Chi-cuadrada"	1. Pruebas de Z para una y dos medias. 2. Pruebas de t-student para una y dos medias. 3. Análisis de Varianza (ANOVA).
	ATRIBUTOS	Regresión Logística: Binaria, nominal y ordinal	1. Análisis de Regresión. 2. Análisis de Correlación.



ANOVA
Comparación de 2 poblaciones para determinar si son estadísticamente iguales

Tabla 15 Las Herramientas de la fase de Analizar Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

SECUENCIA DE ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA POTENCIAL

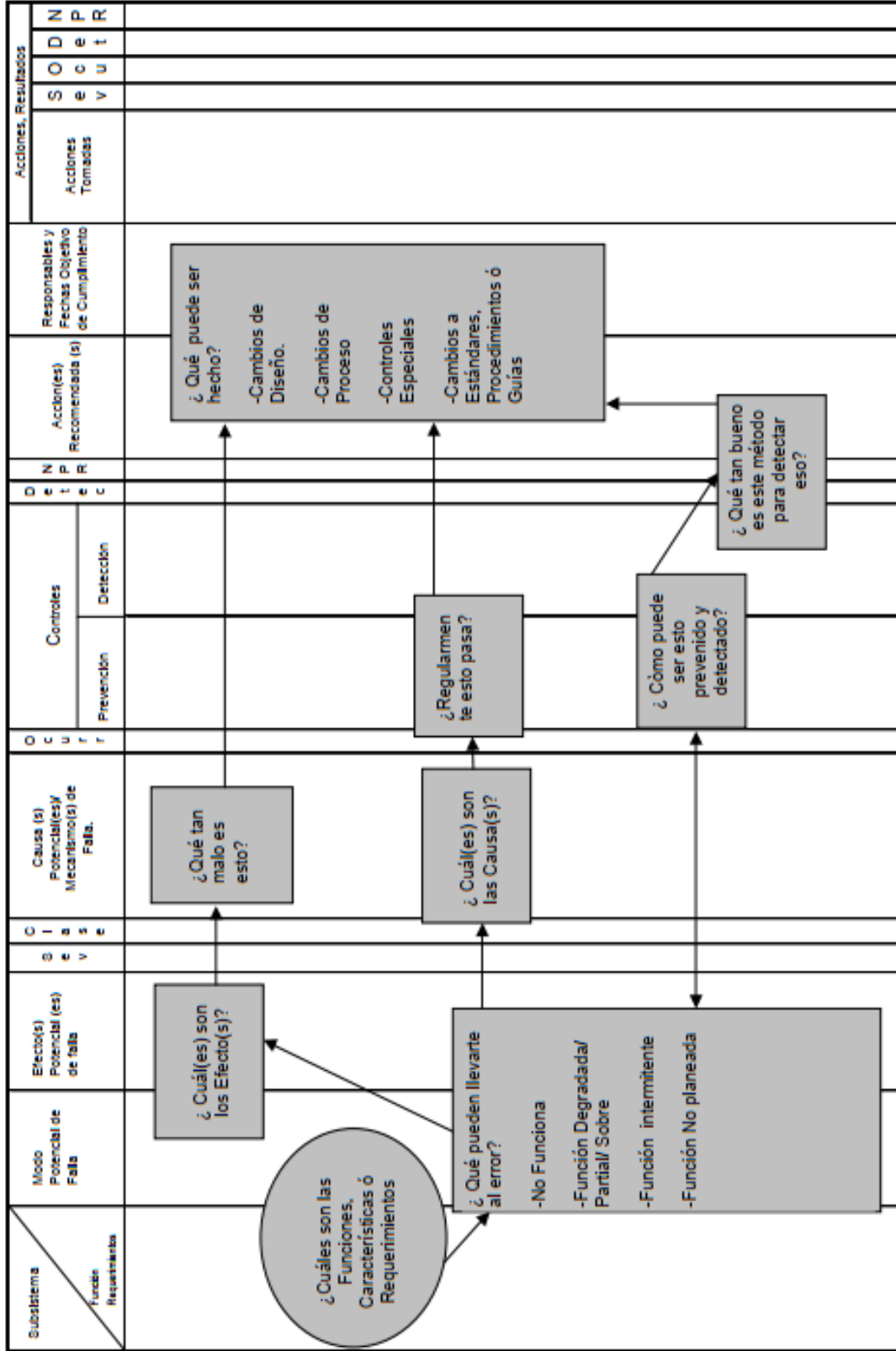


Tabla 16 Análisis de Modos y Efectos de Falla Potenciales (AMEFs) Julio 2001, Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation.

1. Tabla de severidad (SEV)

Esta es una explicación de la manera en que se ve la severidad de las posibles fallas

CLASIF.	GRADO DE SEVERIDAD
1	No se notará el efecto adverso en el siguiente proceso o es insignificante
2	Se experimentará una ligera molestia en el siguiente proceso
3	Se generará una ligera molestia debido a una ligera degradación del desempeño
4	Insatisfacción debido a un desempeño deficiente
5	La productividad del siguiente proceso se reduce por la continua degradación del defecto
6	Genera una reparación o queja importante en el siguiente proceso
7	Un alto grado de insatisfacción, sin pérdida total del funcionamiento, productividad afectada por altos niveles de desperdicio o retrabajo
8	Un grado de insatisfacción bastante alto debido a la pérdida de funcionamiento
9	Se pone en peligro al cliente debido al efecto adverso en el desempeño del sistema de seguridad con advertencia antes de la falla o violación a reglamentaciones gubernamentales
10	Se pone en peligro al cliente debido al efecto adverso en el desempeño del sistema de seguridad sin advertencia antes de la falla o violación a las reglamentaciones gubernamentales

Tabla 17 Fuente: Aldridge & Taylor, 1991.

2. Clasificación de incidencia (OCU)

CLASIF.	PROBABILIDAD DE INCIDENCIA
1	La posibilidad de incidencia es remota
2	Un bajo índice de falla con documentación de apoyo
3	Un bajo índice de falla sin documentación de apoyo
4	Fallas ocasionales
5	Un índice de falla relativamente moderado con documentación de apoyo
6	Un índice de falla relativamente moderado sin documentación de apoyo
7	Un índice de falla relativamente alto con documentación de apoyo
8	Un alto índice de falla sin documentación de apoyo
9	La falla es casi segura con base a la información de garantías o pruebas significativas
10	Seguridad de la falla con base a la información de garantías o las pruebas

Tabla 18 Fuente: Aldridge & Taylor, 1991

3. Clasificación de detección (DET)

CLASIF.	HABILIDAD PARA DETECTAR
1	Certeza de que la falla será detectada o prevenida antes de llegar al siguiente proceso
2	Casi seguro de que la falla será detectada o prevenida antes de llegar al siguiente proceso
3	Poca probabilidad de que la falla llegue al siguiente proceso sin ser detectada
4	Los controles pueden detectar o prevenir que la posible falla llegue al siguiente proceso
5	Posibilidad moderada de que la falla llegue al siguiente proceso
6	Probabilidad de que la falla será detectada o prevenida antes de llegar al siguiente proceso
7	Los controles no tienen la posibilidad de detectar o prevenir que la falla llegue al siguiente proceso
8	Probabilidad casi nula de que la falla sea detectada o prevenida antes de llegar al siguiente proceso
9	Los controles actuales probablemente ni si quiera detectarán la falla
10	Certeza absoluta de que los controles actuales no detectarán la posible falla

Tabla 19 Fuente: Aldridge & Taylor, 1991

Los AMEF a menudo se utilizan para las características relacionadas con el aseguramiento de la calidad del producto para identificar los factores que pudieran ser problemáticos para los usuarios.

Las ponderaciones de severidad, incidencia y detección, derivadas de las tablas anteriores, deberán ser multiplicadas, para obtener el NPR (Número de prioridad de riesgo).

3.5 Fase de Mejora

Como resultado de la fase de análisis, se debe tener una clara comprensión de los factores que afectan al proyecto.

El propósito de esta fase es generar ideas acerca de maneras de mejorar el proceso, Diseñar y hacer pruebas e implementar mejoras, así como respaldar estas últimas, con el fin de solucionar el problema según lo especificado en la fase de definición.

La generación de alternativas de mejora es un proceso de 3 pasos:

- Definir criterios de mejora
- Generar posibles mejoras
- Evaluar las mejoras y escoger la mejor opción.

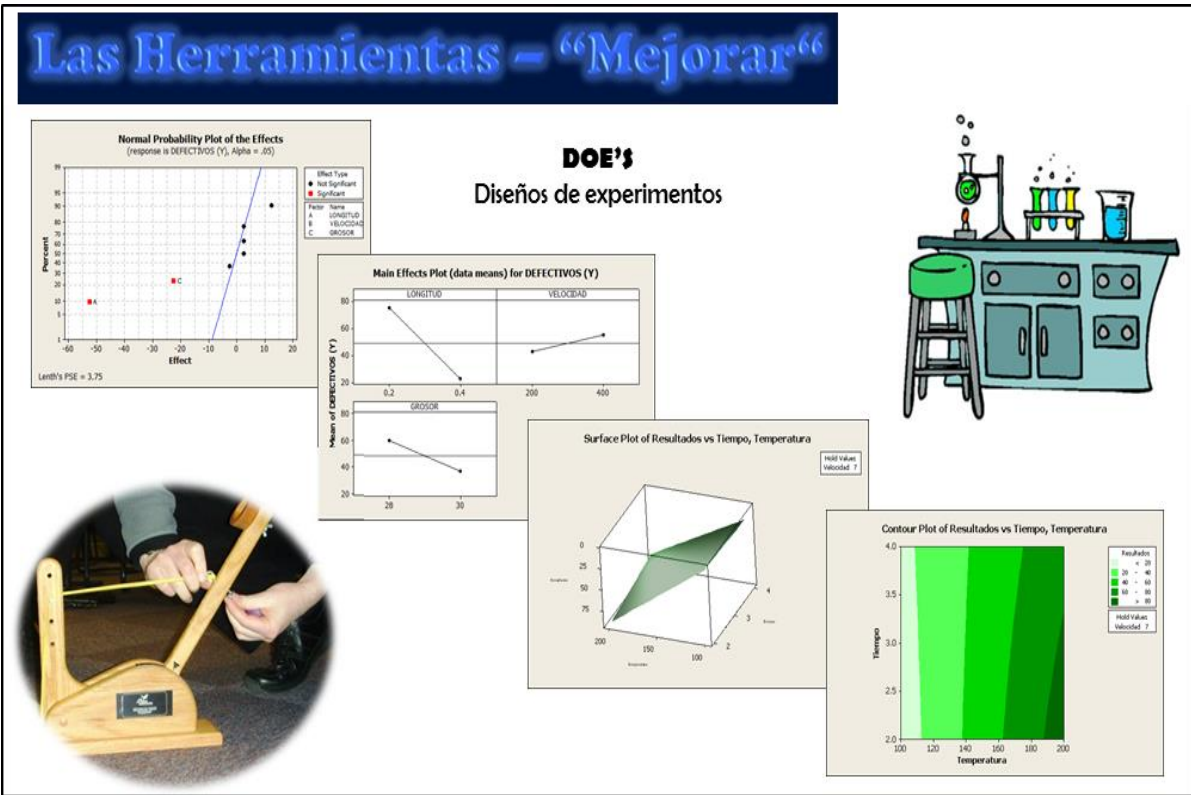


Tabla 20 Las Herramientas de la fase de Mejorar Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

3.5.1 RCM

El mantenimiento centrado en Contabilidad, desarrollado para la industria de aviación hace 30 años, permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico.

La herramienta consta en definir los siguientes conceptos

1. Contexto operacional, con una breve descripción, donde se debe indicar: régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo, objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.
2. Funciones, en el análisis RCM todas las funciones deben ser listadas.
3. Fallas funcionales o estados de falla, identifica todos los estados indeseables del sistema, los estados de falla deben estar directamente relacionados con las funciones deseadas.
4. Modos de falla, son las posibles causas por las cuales un equipo puede llegar a un estado de falla. Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla y todos los modos de falla deben ser identificados durante el análisis RCM.
5. Efectos de falla, para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El efecto de falla es una breve descripción de qué pasa cuando la falla ocurre, estos deben indicar claramente la importancia que tendría la falla en caso de producirse.

6. Categoría de consecuencias, La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de modo que existen:

- consecuencias de seguridad
- consecuencias de medio ambiente
- consecuencias operacionales
- consecuencias no operacionales

Además, existe una quinta categoría de consecuencias, para aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla.

El análisis RCM bifurca en esta etapa: el tratamiento que se le va a dar a cada modo de falla va a depender de la categoría de consecuencias en la que se haya clasificado, claramente no sería lógico tratar de la misma forma a fallas que pueden afectar la seguridad que aquellas que tienen consecuencias económicas.

7. Fallas ocultas, Los equipos suelen tener dispositivos de protección, es decir, dispositivos cuya función principal es la de reducir las consecuencias de otras fallas, Si no se hace ninguna tarea de mantenimiento para anticiparse a la falla ó para ver si estos dispositivos son capaces de brindar la protección requerida, entonces puede ser que la falla solo se vuelva evidente cuando ocurra aquella otra falla cuyas consecuencias el dispositivo de protección esta para aliviar.

Existen 4 tipos de mantenimiento

- Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos: sustitución o reacondicionamiento cíclico.
- Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo a la falla.
- Mantenimiento detectivo o búsqueda de fallas.

Solo deben ser prevenidas las fallas que convenga prevenir, en base a un cuidadoso análisis costo-beneficio.

La implementación del RCM debe llevar a equipos más seguros y confiables, reducciones de costos (directos e indirectos), mejora en la calidad del producto, y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente.

La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM. La misma puede descargarse a través del portal de la SAE.

3.5.2 Plan de capacitación

Todo proceso requiere de ser planificado para alcanzar, de la mejor manera, los objetivos que se propone, la capacitación no es la excepción. El plan de capacitación implica establecer desde el objetivo del programa, hasta la logística y el diseño académico.

Los objetivos organizacionales son aquellos que como su nombre indica, establecen lo que la organización espera obtener al término del proceso de capacitación y desarrollo, los operacionales, describen los contenidos, las metodologías y los medios a usarse en una actividad de capacitación, y finalmente los objetivos de capacitación, que son también denominados objetivos de aprendizaje, se dividen en generales y específicos.

La administración del proceso de capacitación y desarrollo implica seguir una serie de pasos encaminados a proveer de todos los recursos necesarios al plan, para que éste resulte exitoso, la secuencia incluye lo relativo a la planificación logística, desde los espacios y materiales que se requieren, hasta el presupuesto idóneo para la implementación del programa. (Castillo Rita, 2012)

3.5.3 Diseño de experimentos (DOE)

En el campo de la industria es frecuente hacer experimentos o pruebas con la intención de resolver un problema o comprobar una idea (conjetura, hipótesis); por ejemplo, hacer algunos cambios en los materiales, métodos o condiciones de operación de un proceso, probar varias temperaturas en una máquina hasta encontrar la que da el mejor resultado o crear un nuevo material con la intención de lograr mejoras o eliminar algún problema.

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

1. Comparar a dos o más materiales con el fin de elegir al que mejor cumple los requerimientos.
2. Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
3. Determinar los factores (las x vitales) de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
4. Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
5. Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
6. Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales.
7. Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.
8. Ayudar a conocer y caracterizar nuevos materiales.

En general, cuando se quiere mejorar un proceso existen dos maneras básicas de obtener la información necesaria para ello: una es observar o monitorear vía herramientas estadísticas, hasta obtener señales útiles que permitan mejorarlo; se dice que ésta es una estrategia pasiva. La otra manera consiste en experimentar, es decir, hacer cambios estratégicos y deliberados al proceso para provocar dichas señales útiles. Al analizar los resultados del experimento se obtienen las pautas

a seguir, que muchas veces se concretan en mejoras sustanciales del proceso. En este sentido, experimentar es mejor que sentarse a esperar a que el proceso nos indique por sí solo cómo mejorarlo. El diseño de experimentos (DDE) es un conjunto de técnicas activas, en el sentido de que no esperan que el proceso mande las señales útiles, sino que éste se “manipula” para que proporcione la información que se requiere para su mejoría. El saber diseño de experimentos y otras técnicas estadísticas, en combinación con conocimientos del proceso, sitúan al responsable de este como un observador perceptivo y proactivo que es capaz de proponer mejoras y de observar algo interesante (oportunidades de mejora) en el proceso y en los datos donde otra persona no ve nada.

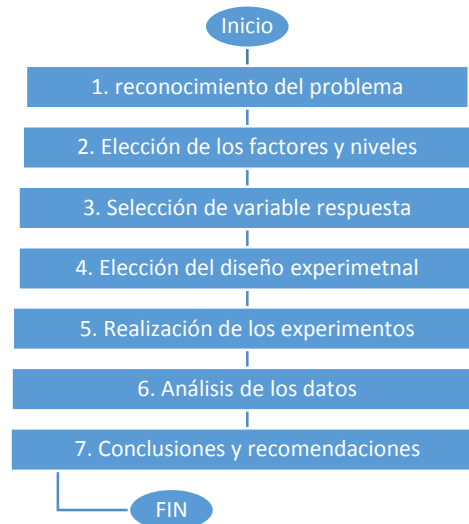


Tabla 21 Pasos para el diseño de experimentos DOE

1. Diseños para comparar dos o más tratamientos	{	Diseño completamente al azar Diseño de bloques completos al azar Diseño de cuadros latino y grecolatino						
2. Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta	{	Diseños factoriales 2^k Diseños factoriales 3^k Diseños factoriales fraccionados 2^{k-p}						
3. Diseños para la optimización de procesos	{	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Diseños para el modelo de primer orden </td> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="vertical-align: top;"> Diseños factoriales 2^k y 2^{k-p} Diseño de Plakett-Burman Diseño simplex </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Diseños para el modelo de segundo orden </td> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="vertical-align: top;"> Diseño de composición central Diseño de Box-Behnken Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p} </td> </tr> </table>	Diseños para el modelo de primer orden	{	Diseños factoriales 2^k y 2^{k-p} Diseño de Plakett-Burman Diseño simplex	Diseños para el modelo de segundo orden	{	Diseño de composición central Diseño de Box-Behnken Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p}
Diseños para el modelo de primer orden	{	Diseños factoriales 2^k y 2^{k-p} Diseño de Plakett-Burman Diseño simplex						
Diseños para el modelo de segundo orden	{	Diseño de composición central Diseño de Box-Behnken Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p}						
4. Diseños robustos	{	Arreglos ortogonales (diseños factoriales) Diseño con arreglos interno y externo						
5. Diseños de mezclas	{	Diseño simplex-reticular Diseño simplex con centroide Diseño con restricciones Diseño axial						

Tabla 22 Clasificación de diseño de experimentos Pulido. (2008) Análisis y diseño de experimentos.

3.5.4 Ingeniería de calidad Taguchi

El diseño robusto tiene su origen en las ideas del ingeniero japonés Genichi Taguchi, quien desarrolló su propia filosofía y métodos de ingeniería de la calidad desde la década de 1950. Fue a partir del éxito de los japoneses en industrias tan importantes como la automotriz y la electrónica que Occidente comienza a fijarse en los métodos utilizados por ellos. De esta manera, los métodos de Taguchi y de otros autores japoneses se introducen en Estados Unidos a partir de la década de los años ochenta. Taguchi hace varias contribuciones a la calidad. Es precisamente en el diseño de experimentos donde hace sus aportaciones más importantes, con la introducción de lo que él llama diseño de parámetros (Taguchi, 1987), que se convirtió en lo que ahora se conoce en Occidente como diseño robusto.

Taguchi establece que la calidad de un producto debe ser medida en términos de abatir al mínimo las pérdidas que ese producto le trae a la sociedad, desde que inicia su fabricación hasta que concluye su ciclo de vida; estas pérdidas sociales se traducen en pérdidas de la empresa en el mediano y largo plazos. Asimismo, se plantea el enfoque al cliente (sociedad) en vez del enfoque al fabricante. Taguchi retoma el concepto del control de calidad fuera de línea (off line QC), planteando que la inspección y el control del proceso no son suficientes para alcanzar una calidad competitiva, y que los niveles elevados de calidad sólo pueden lograrse, en términos económicos, en las fases de diseño (producto y proceso). El objetivo del diseño robusto de parámetros es lograr productos y procesos robustos frente a las causas de la variabilidad (ruidos), que hacen que las características funcionales de los productos se desvíen de sus valores óptimos provocando costos de calidad. El concepto parámetro se refiere a los parámetros del sistema, es decir, son los factores o variables del proceso. Decimos que un producto o proceso es robusto cuando su funcionamiento es consistente al exponerse a las condiciones cambiantes del medio.

La metodología Taguchi establece tres metas:

1. Diseños robustos (insensibles) ante el medio ambiente para productos y procesos.
2. Diseño y desarrollo de productos, de modo que sean robustos a la variación de componentes.
3. Minimización de las variaciones con respecto a un valor objetivo

Estas tres metas se concretan en tres etapas del desarrollo de un producto:

1. Diseño del sistema: el ingeniero utiliza principios científicos y de ingeniería para determinar la configuración básica.
2. Diseño de parámetros: se determinan los valores específicos para los parámetros del sistema, minimizando la variabilidad aportada por las variables de ruido.
3. Diseño de tolerancias: se determinan las mejores tolerancias para los parámetros.

Un concepto y herramienta clave en el diseño de parámetros es la función de pérdida, la cual establece una medida financiera del impacto negativo a la sociedad (consumidor, productor, etc.) por el desempeño de un producto cuando se desvía de un valor designado como meta ($t = \text{target}$). Esto implica que la característica de calidad de un producto, y , debe estar cada vez más cerca de su valor ideal, t , y todo lo que se desvíe del ideal es considerado como una pérdida para la sociedad. La función de pérdida de Taguchi se define como:

$$L(y) = k(y - t)^2$$

donde k es una constante que depende de tolerancias y de los costos de reparación del producto. De esta ecuación se puede observar que a medida que la característica de calidad y se aleja del valor ideal t , la pérdida aumenta. De esta manera, los esfuerzos de mejora deben estar orientados a reducir la variabilidad de y en torno al valor ideal t , con lo que la pérdida será cada vez más pequeña. Esto contrasta con el pensamiento tradicional que sólo penaliza si y está fuera de especificaciones.

El concepto de robustez

Un diseño robusto es un experimento en el cual existen factores de ruido (no controlables), considerados de manera explícita o implícita, cuyo efecto se pretende minimizar de forma indirecta (o sea sin controlarlo directamente), a fin de encontrar la combinación de niveles de los factores de proceso que sí se pueden controlar, y en donde el efecto de dichos factores de ruido es mínimo. Dicho de otra manera, en un experimento robusto se trata de lograr que el producto/proceso tenga el desempeño deseado sin que le afecten las fuentes de variación no controladas. El objetivo fundamental de un diseño robusto es determinar la combinación de niveles de los factores controlables, en donde los factores de ruido no afecten al proceso, aunque estos últimos no se controlen. El significado de la palabra robusto es en el sentido de hacer el proceso o producto insensible o resistente a factores de ruido que no está en nuestras manos controlar. A continuación ilustraremos el concepto de robustez con algunos ejemplos sobre el diseño de artículos de uso común.

El diseño robusto se enfoca a la fabricación de productos y procesos robustos, lo cual se logra mejor durante la etapa en que se concibe y diseña un nuevo producto; además, en esta etapa es posible reducir el costo al incluir materiales más económicos que cumplan la función deseada. Tener un proceso robusto significa que éste funcione bien aunque varíen una serie de factores (de ruido) que no se pueden controlar, como variables ambientales (temperatura, humedad, etc.), cansancio de los operadores, cambios de turno y de lotes, variaciones no controlables en variables de proceso, acumulación de suciedad, etcétera.

Factor señal

Muchos productos están diseñados para trabajar en diferentes niveles de desempeño y de acuerdo a los deseos del usuario o consumidor. En otras palabras, el usuario puede elegir la señal (o valor promedio de la respuesta) que desea en un momento dado del producto. Se llama factor señal al dispositivo que permite cambiar el nivel de operación de acuerdo a los deseos del usuario. Por ejemplo, en una tostadora de pan el factor señal es el mecanismo que permite seleccionar el grado de tostado deseado; en el caso de una copiadora, un factor señal es el mecanismo para elegir la oscuridad deseada de la impresión. En el caso del limpiaparabrisas de automóvil, el factor señal son las diferentes velocidades que el conductor puede elegir de acuerdo al clima imperante.

Factores de ruido

Los factores de ruido que actúan sobre el producto o sobre el proceso se clasifican como: de ruido externo, ruido interno y de deterioro. El ruido externo se refiere al ambiente en el cual el proceso (o producto) se desempeña y a la carga de trabajo a que es sometido. Por ejemplo, es ruido externo la humedad ambiental, el polvo o los errores en la operación del equipo. El ruido interno se refiere a la variación generada por el proceso de unidad a unidad producida, y que se debe a su propia naturaleza o tecnologías y la diversidad de sus componentes. El deterioro se refiere a efectos que

aparecen poco a poco con el tiempo por la degradación paulatina del proceso y sus componentes, que pueden causar la aparición de fallas en el proceso/producto.

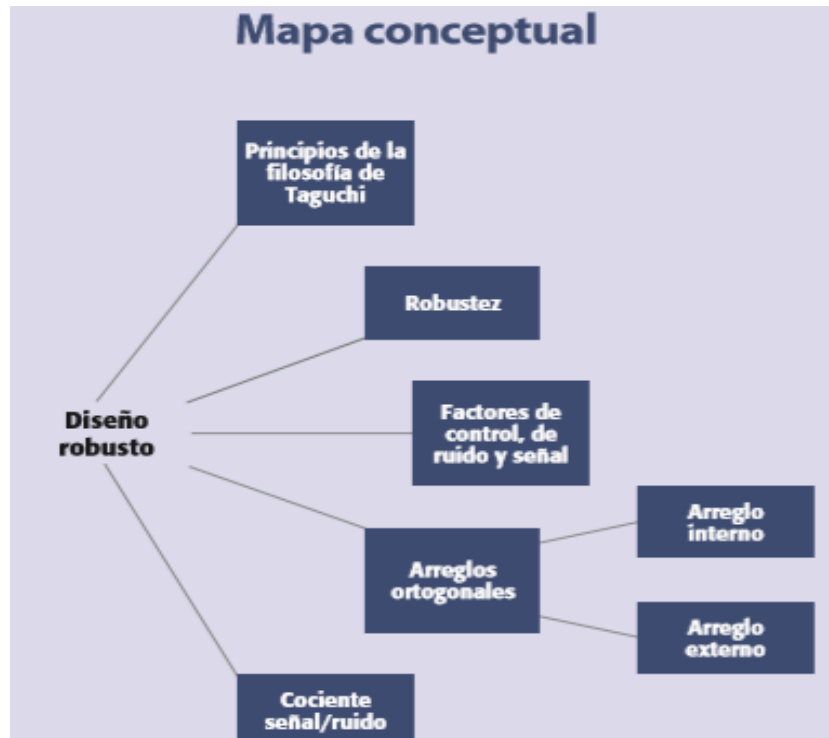


Tabla 23 Mapa conceptual Ingeniería Taguchi

(Pulido, 2008)

3.5.5 Análisis de Regresión

Conociendo esta función, es posible estimar el comportamiento de la variable objeto de estudio, denominada variable dependiente o predictando, de acuerdo a las variaciones de otra u otras variables denominadas independientes o predictores. De lo anterior sabemos que debe aplicarse a variables que tengan una relación lógica, es decir, que exista razonablemente dependencia entre las variables. Desde el punto de vista teórico, a cualquier par de variables puede encontrarse una función matemática o ecuación de regresión que las relacione, pero solo será de utilidad cuando haya una relación de causalidad entre dichas variables. (Ferreira 2006)

El análisis de regresión ayudará a analizar los datos derivados de los experimentos o pruebas realizadas,

3.5.6 Estandarización

Se puede definir a la estandarización como todo aquello que está documentado y rige el "quehacer" y el comportamiento de la gente (Sosa, 2004).

Para lograr la correcta estandarización deben tomarse en cuenta varios aspectos de toda organización ya que van directamente ligados con la misión de la misma, como lo son: los objetivos, las políticas, los sistemas, los procedimientos, los métodos, las normas, los presupuestos, programas, manuales, entre otros.

Lograr la estandarización del trabajo en una organización, implica invertir recursos materiales y humanos, sin embargo, es un gasto que ayuda a disminuir el riesgo en fallas de calidad, ayuda al aumento de la productividad y seguridad, disminuye desperdicios de materiales y tiempo.

Además, en el sector servicios, la estandarización es vital para garantizar que el producto final es conciso, ya que al ser en su mayoría procesos altamente propensos a ser influenciados por los operarios y cuyo output es intangible, se pueden presentar variaciones en la forma de otorgar el servicio. La estandarización debe reconocerse no como una herramienta inflexible de imponer cómo hacer el trabajo, sino como una herramienta de respaldo para guiar el trabajo actual y para plasmar los avances que vayan surgiendo, tras la revisión y actualización de la manera de realizar mejor el trabajo día con día.

a) Los manuales

Un manual se define como un libro que contiene lo más sustancial de un tema (Álvarez, 1996). Sirven para transmitir conocimientos y experiencias, ya que en ellos se documenta la tecnología acumulada hasta ese momento sobre un tema. Su propósito es dar al usuario un material para que pueda aprender rápida y adecuadamente a usar, manejar y mantener un proceso o actividad.

b) Los procedimientos

Un procedimiento puede definirse como la forma especificada para llevar a cabo un proceso (Álvarez, 1996), es un documento que describe paso a paso la realización de una actividad, es decir, describe de manera específica cómo cumplir una actividad. Precisa ¿quién?, ¿qué hace?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿por quién? y ¿por qué? de estas actividades, surgirán documentos que mostrarán detalladamente los resultados de las actividades (Stebbing, 1991). Un procedimiento es un proceso por escrito, muestra un conjunto de métodos.

Las documentaciones de los procesos de una organización deben incluir la participación del personal que realiza frecuentemente el proceso, ya que de esta manera se logrará que los procedimientos reflejen la realidad de cómo se hace trabajo, que la gente realmente los siga y además que se mantengan actualizados. Las ventajas de los procedimientos son diversas, se emiten para dirigir a las personas en la ejecución de una actividad, señalan cómo evitar los problemas causados por las interrelaciones entre departamentos o áreas.

La implementación de procedimientos para la estandarización de la operación, ayudan a lograr la mejora en el funcionamiento sistemático, ya que hace predecible el resultado del trabajo, permite garantizar que la operación y gestión se realizan de manera homogénea en toda la organización y en todas sus áreas y centros, así como facilitar la asignación de responsabilidades y el trabajo en equipo. Además, la documentación de los procesos facilita enormemente la comunicación y la relación interpersonal, mejora la eficiencia de la organización, ayuda a facilitar el control sobre el funcionamiento de toda la empresa y facilita su crecimiento.

3.6 Fase de Control

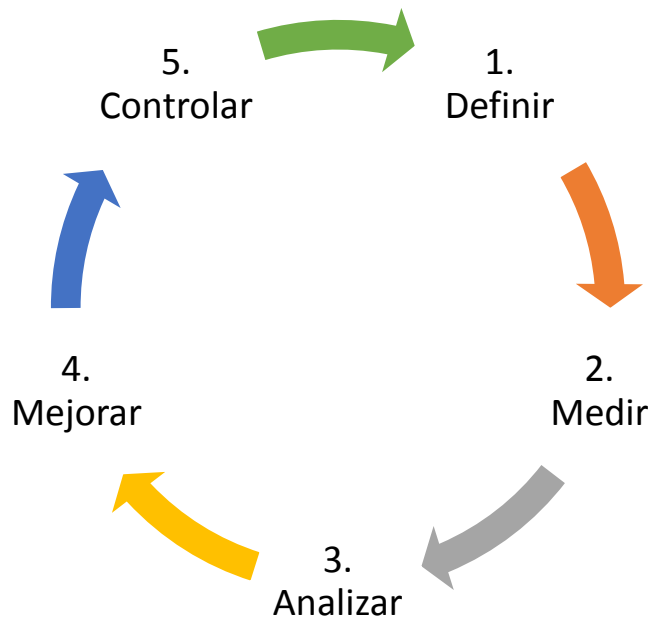


Tabla 24 Fases DMAMC Fuente: Miranda R., 2006

En esta última fase se deben establecer los mecanismos para evitar errores y poder estandarizar nuestros procesos a fin de satisfacer permanentemente las especificaciones de nuestros clientes.

Los objetivos de esta fase de control son:

1. Mantener las mejoras por medio de control estadístico de procesos, Poka Yokes y trabajo estandarizado
2. Anticipar mejoras futuras y preservar las lecciones aprendidas de este esfuerzo
3. Uso de las herramientas de control estadístico del proceso
4. Verificar que las implementaciones se sigan y estén bajo control.
5. Identificar las actividades o procesos que están fuera de control para corregirlos inmediatamente a través de los Planes de Control realizados.

En este punto de fase de control culmina el ciclo de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) dejando a su paso una forma de trabajar que asegure el cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes internos y externos, en otras palabras, satisfacer todas y cada una de las especificaciones del producto, con el mínimo o cero retrabajos, desperdicio, devoluciones, etc. Para que dicha forma de trabajar se convierta en parte de la cultura de la empresa, se tendrá que demostrar día a día con resultados de óptima eficiencia y productividad. (Miranda R., 2006)

A continuación, se resumen algunas de las herramientas que podrían servir para la culminación de la reducción de scrap en base a la metodología **Seis Sigma**.

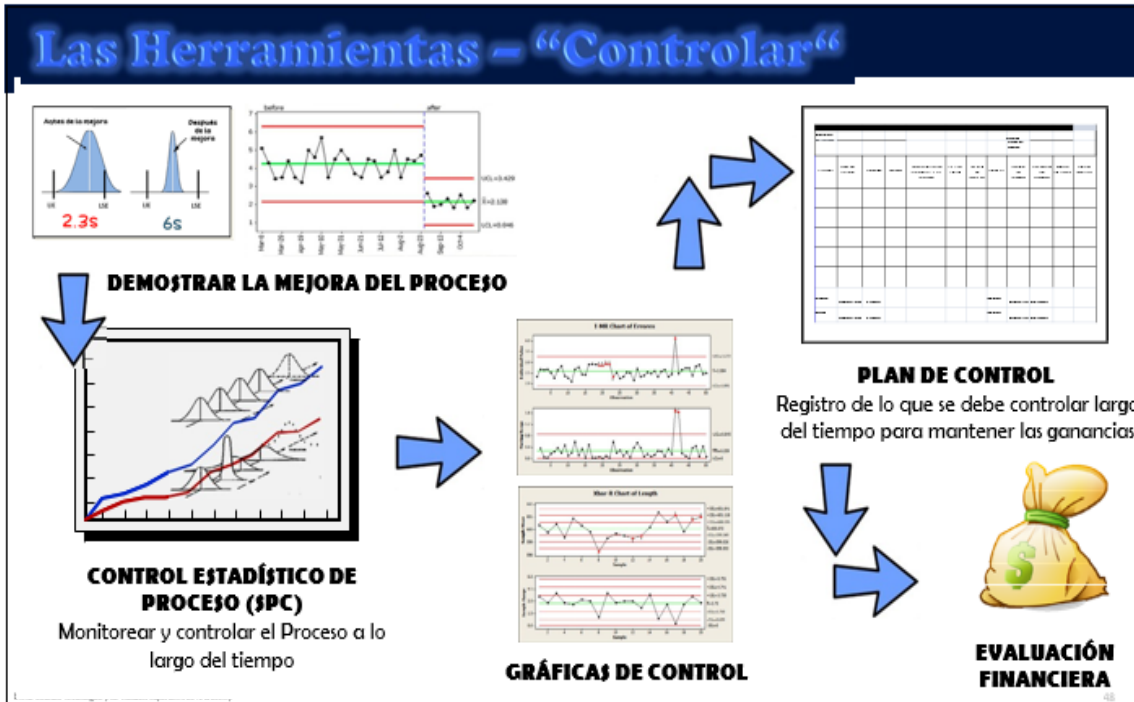


Tabla 25 Las Herramientas de la fase de Controlar Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

3.6.1 Control Estadístico de Procesos

El Control Estadístico de Procesos es una herramienta útil para reducir la variabilidad, y mantener procesos estables. Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación, puede decirse que esta herramienta contribuye a la mejora de la calidad de la fabricación. Permite también aumentar el conocimiento del proceso (puesto que se le está tomando “el pulso” de manera habitual) lo cual en algunos casos puede dar lugar a la mejora de este.

Por definición, se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando no hay causas asignables presentes. El Control Estadístico de Procesos se basa en analizar la información aportada por el proceso para detectar la presencia de causas asignables y habitualmente se realiza mediante una construcción gráfica denominada Gráfico de Control. Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza fabricada es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza

3.6.2 Plan de Control

Es una de las herramientas más utilizadas en piso y es una forma estructurada de seguir una secuencia lógica (casi siempre se sigue el flujo del proceso o de las operaciones) de inspecciones.

Nos exige a revisar todas las características del producto y del proceso, cantidad de muestra y la frecuencia (cada cuando se debe de dimensionar), quien es el responsable, y lo más importante que

registro se debe de llenar y su plan de reacción, nos ayuda a distinguir cuales son las características “especiales”, las que afectan el ensamble, y las de apariencia menor.

Quien usa el Plan de Control:

Generalmente es para el personal operario y quien tiene a su cargo a una línea de producción y cuando procesa lotes que van desde 20 piezas hasta 10,000 piezas o según sea el estándar de piezas x hora de producción.

Quien Elabora el Plan de Control:

El plan de control se elabora por un equipo responsable donde deben de participar personal de los departamentos de ingeniería, calidad, producción, herramientas o mantenimiento y gerencias de plantas.

Cada cuando se debe de llenar el Plan de Control:

Siempre debe de trabajarse en el plan de control y es estrictamente necesario siempre llevarse si se quiere tener una calidad y una cultura efectiva de la calidad para con los clientes y con el personal operario.

Ejemplo de Plan de Control

AMEF

Un plan de control es:

- Un resumen de todas las actividades de control para el proceso.
- Un método para identificar deficiencias en el sistema de control.
- Una lista de las actividades de control para implantar.
- Una entrada al AMEF (Procesos maduros).
- Una salida para el AMEF (procesos nuevos).

Planes de control del proceso.

La intención del proceso de control es:

- Correr el proceso en el objetivo
- Minimizar la variación sobre el objetivo
- Minimizar los ajustes requeridos y el sobre control

SIEMPRE conocer los requerimientos del cliente El propósito del plan de control es:

- Institucionalizar las mejoras del proceso
- Destacar áreas que requieren educación extra
- Proveer procedimientos de un sólo paso para el control de la información

3.6.3 Graficas de Control

Las gráficas de control son usadas para monitorear o evaluar un proceso. Existen básicamente dos tipos de gráficas de control, aquellas para datos de variables y para datos de atributos. El proceso

mismo dicta qué tipo de gráfica de control usar. Si los datos derivados del proceso son de naturaleza discreta (ej., pasa/no_pasa, aceptable/no aceptable) entonces una gráfica de tipo atributos sería usada. Si los datos derivados del proceso son de naturaleza continua (ej., diámetro, longitud) entonces una gráfica de tipo variables sería usada. Dentro de cada tipo de gráfica, existen varias combinaciones de gráficas que pueden ser usadas para evaluar los procesos

Beneficios de las gráficas de control

Apropiadamente aplicadas, las gráficas de control pueden:

- Ser usadas por los operadores para control continuo de un proceso
- Ayudar a que el proceso trabaje en forma consistente y predecible
- Permitir que el proceso logre — Alta calidad — Bajo costo unitario — Alta habilidad efectiva
- Ofrecer un lenguaje común para tratar el desempeño del proceso
- Distinguir causas especiales de variación de las comunes, como una guía para acciones locales o acciones sobre el sistema.

Una gráfica de control puede explicar datos del proceso en términos de la variación del proceso, la variación pieza-a-pieza, y el promedio del proceso mismo. Debido a esto, las gráficas de control por variables se preparan y analizan en pares, una gráfica para el promedio del proceso y otra para la variación del proceso.

Un proceso está bajo Control Estadístico cuando presenta causas comunes únicamente, con un proceso estable y predecible. Cuando existen causas especiales el proceso está fuera de Control Estadístico; las gráficas de control detectan la existencia de estas causas en el momento en que se dan, lo cual permite que podamos tomar acciones al momento.

En resumen, podemos decir que una Gráfica de Control es:

- Simplemente un registro de datos en el tiempo con límites de control superior e inferior.
- Una gráfica de control identifica los datos secuenciales en patrones normales y anormales.
- El patrón normal de un proceso se llama causas de variación comunes.
- El patrón anormal debido a eventos especiales se llama causa especial de variación.
- Tener presente que los límites de control NO son límites de especificación.
- Es una herramienta simple y efectiva para lograr un control estadístico.
- El operario puede manejar las cartas en su propia área de trabajo, por lo cual puede dar información confiable a la gente cercana a la operación en el momento en que se deben de tomar ciertas acciones.
- Cuando un proceso está en control estadístico puede predecirse su desempeño respecto a las especificaciones. En consecuencia, tanto el proveedor como el cliente pueden contar con niveles consistentes de calidad y ambos pueden contar con costos estables para lograr ese nivel de calidad.
- Una vez que un proceso se encuentra en control estadístico, su comportamiento puede ser mejorado posteriormente reduciendo la variación.
- Al distinguir ente las causas especiales y las causas comunes de variación, dan una buena indicación de cuándo un problema debe ser corregido localmente y cuando se requiere de una acción en la que deben de participar varios departamentos o niveles de la organización.

(Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation, 2005)

Capítulo IV Resultados y análisis (diagnóstico)

4.1 Definición del Problema

La empresa “**Bumper Automotriz**” produce más de 150 diferentes tipos de partes con 16 tipos de mezclas distintas y cada una con características químicas y físicas particulares que obedecen determinados parámetros durante el proceso de fabricación.

Conforme la información histórica de producción del año 2018 se observa que la mezcla 902 ha ido incrementando el volumen en kg de scrap generado en promedio 2,600 kg por encima del resto de las mezclas usadas.

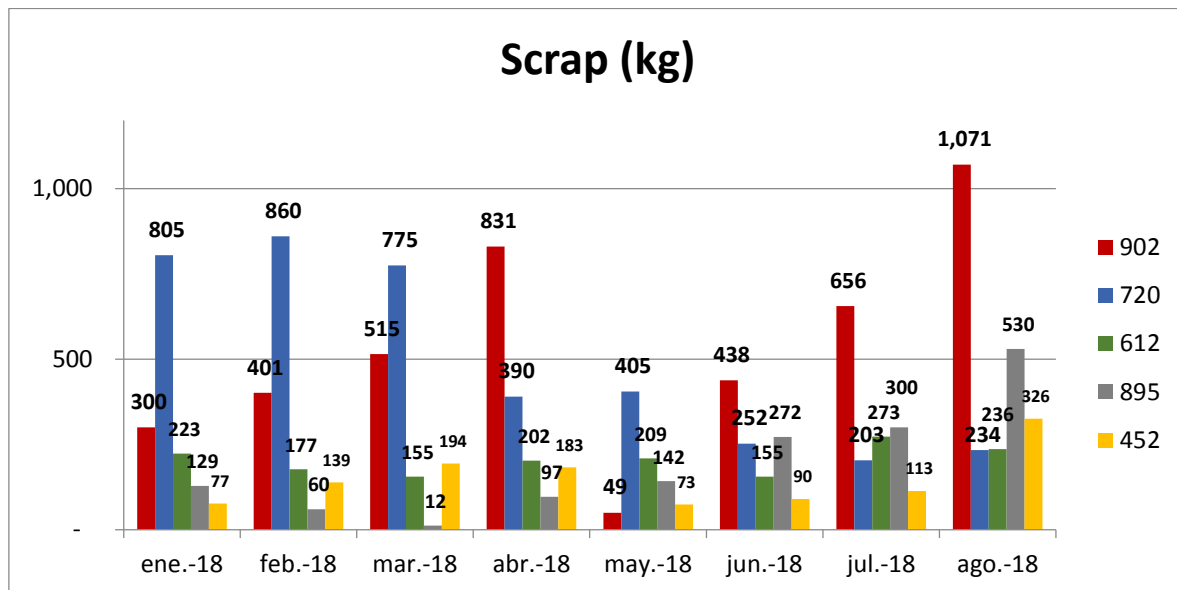


Ilustración 3 Comparación de scrap de la mezcla 902 con las demás mezclas producidas. Fuente: Elaboración propia.

Se observa a través del tiempo que el promedio de scrap generado a base de la mezcla 902 así como la desviación estándar obedece una tendencia incremental y cíclica.

Debido a que la empresa produce diferentes tipos de partes con un solo tipo de mezcla, se realizó un primer análisis de Pareto para identificar la contribución de cada ID de parte en el scrap generado durante el periodo en estudio ya que cada ID de parte tiene una geometría distinta, procesos y parámetros distintos para su fabricación es necesario acotar a aquellos ID's de parte con condiciones de producción similares y así poder analizarlos simultáneamente.

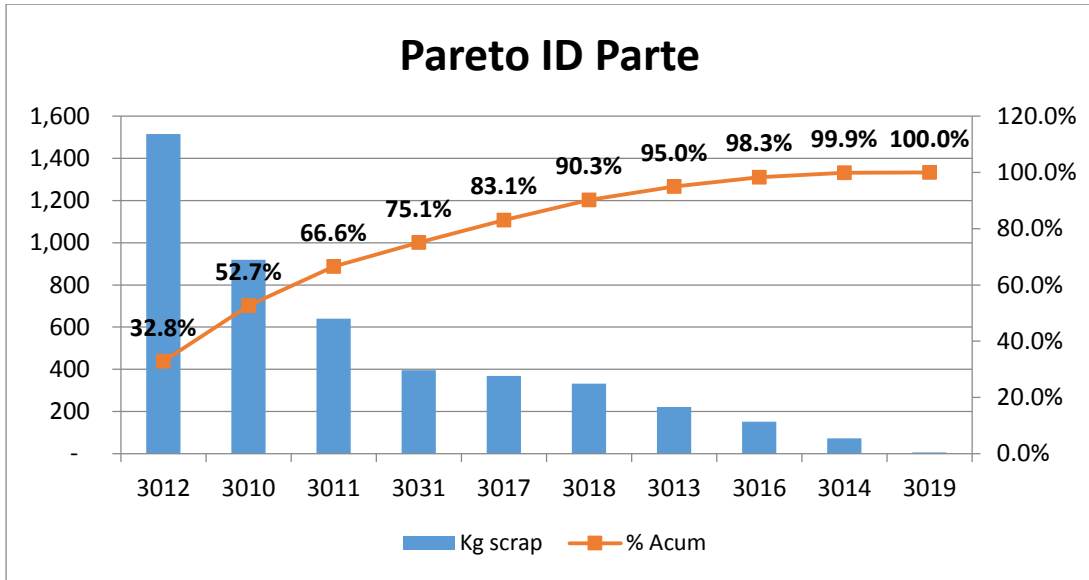


Ilustración 4 Pareto de ID's de mezcla 902 Fuente: Elaboración propia.

Dentro del 80% del análisis de Pareto encontramos 5 ID's de parte en un foco rojo, pero dadas las particulares de cada pieza, como lo es espesor, tamaño, diseño, entre otras características, es necesario estratificar por máquina de producción para identificar aquellas que son fabricadas en máquinas comunes y determinar los ID's de parte que son factibles analizar en conjunto.

MEZCLA	ID PARTE	MAQUINA (MANUAL)	Prod Total kg	Scrap kg	Scrap kg Acum	%	% Acum	
902	V3012-0	P10	30,058	630	630	2%	81%	P10
		P14	700	51	681	7%	88%	P14
		P11	2,730	29	710	1%	91%	P11
		P15	1,239	28	738	2%	95%	P15
		P05	347	26	764	7%	98%	
		P27	109	6		5%	0%	
		P25	116	5	5	4%	1%	
		P16	102	2	7	2%	1%	
		P04	117	-	7	0%	1%	
	P12	158	-	7	0%	1%		
	Total V3012-0			35,675	776		2%	
	V3010-0	P14	2,272	123	123	5%	53%	P14
		P15	1,687	103	226	6%	97%	P15
P13		48	7	233	14%	100%	P13	
P30		22	-	233	0%	100%		
P02		15	-	233	0%	100%		
Total V3010-0			4,044	233		6%		

Tabla 26 Estratificación por máquina Fuente: Elaboración propia.

Con base en el análisis de estratificación se define que quedan dentro del alcance los ID's de parte 3010 y 3012, las cuales son producidas en común en las máquinas P14 y P15 y donde se observa que es generado en mayor parte el scrap.

4.1.2 Nivel Sigma Actual

Para obtener el estado actual de la empresa en nivel de sigmas y con base en los análisis de Pareto mostrados previamente, se considera para el cálculo la producción total de ambas partes en el periodo de enero- agosto 2018, así como el scrap total generado, en este mismo:

ID 3012 & 3010	
Producción Total pza.	49,531
Scrap Total pza.	2,299
PPM	46,416
Rendimiento	95.4%
Sigma	3σ

Tabla 27 Nivel de sigma actual Fuente: Elaboración propia.

Partiendo del nivel de sigma actual de la empresa, 3 σ , quiere decir y basándonos en la metodología **Seis Sigma**, que, si en el proceso se tiene un desempeño de 3 sigma, entonces por cada millón de piezas Bumper que fabrique, 66.800 se irán a scrap, por lo que se corrobora que las oportunidades de mejora en la empresa “**Bumper Automotriz**” son vastas y que enfocando los esfuerzos en los ID de la Parte 3012 y 3010 es posible generar ahorros considerables.

4.1.3 Costos

Los costos generados por el scrap ascienden a ~ \$206k MXN anuales, monto importante para una mediana empresa.

ID Parte	Precio Unitario	Pza. scrap	Costo scrap 8 meses	Costo scrap anual
3010-0	\$ 56.38	952	\$ 53,674	\$ 80,511
3012-0	\$ 62.07	1,347	\$ 83,608	\$ 125,412
			\$ 137,282	\$ 205,923

Tabla 28 Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Identificación de CTQ's

Bumper Automotriz S.A de C.V tiene un gran compromiso con la satisfacción total de sus clientes, es por ello que desde su fundación ha trabajado en implementar un sistema de calidad en todos sus procesos de producción y administrativos logrando con ello la certificación en ISO/TS 16949, que es la norma que rige el Sistema de gestión de Calidad Automotriz en donde se define los requisitos fundamentales para un SGC en cualquier organización que fabrican piezas de producción y piezas de servicio en la industria automotriz, esta norma debe atenderse como complemento de la norma ISO 9001:2015 y el apoyo de la OEM (*Original Equipment Manufacturer*), es importante mencionar que aunque la ISO/TS 16949 depende de la ISO 9001:2015 esta última puede trabajar de forma independiente.

La norma IATF 16949:2016 en su tercer y última edición da una gran orientación al cliente, con la inclusión de un número de requisitos específicos de los clientes previamente consolidados. Esta

norma fue desarrollada originalmente en 1999 por el *International Automotive Task Force (IATF)* con el fin de armonizar las diferentes evaluaciones y sistemas de certificación en la cadena de suministro global del sector automotriz.

El objetivo de esta Norma del SGC Automotriz es el desarrollo de un sistema de gestión de la calidad que tenga en cuenta la mejora continua, poniendo énfasis en la prevención de defectos y en la reducción de la variación y de los desperdicios en la cadena de suministro.

Con base en esta norma se mencionan los puntos más críticos con los que se debe cumplir para no incurrir en no conformidades con el cliente ya que es una de los objetivos de esta.

4.1.4.1 CTQS

Cuando sea especificado por el cliente, la organización debe comprar productos, materiales o servicios a las fuentes de suministro dirigidas por el cliente.

A continuación, se muestra el árbol de CTQ's para el **Bumper**

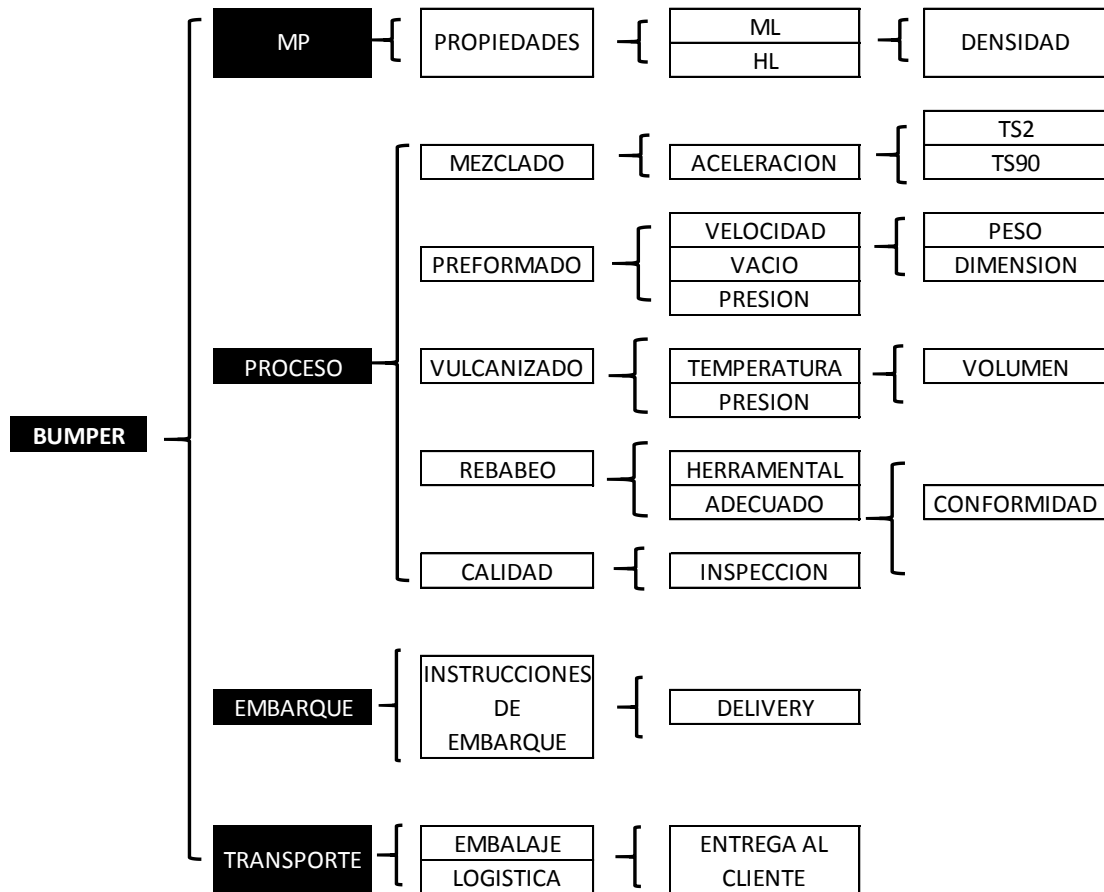


Ilustración 5 Esquema CTQS Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2 Modelo KANO

La implementación del Modelo Kano se realiza con la finalidad de definir las necesidades y deseos de nuestro cliente e identificar factores que puedan generar rechazos o insatisfacciones del mismo.

El Bumper es un producto cuya función evita la colisión entre dos objetos y estará expuesto a fuerzas de compresión, tensión y temperaturas variables, es por estas razones que la materia prima que se utiliza en la fabricación del Bumper debe cumplir con características específicas que proporcionan atributos críticos para lograr el correcto funcionamiento de la pieza final.

Factores atractivos: Son los atributos del producto que proporcionan satisfacción al cliente cuando están presentes, pero que al mismo tiempo no causan insatisfacción cuando no están presentes. Generalmente son atributos que no se esperan los clientes, por lo que cuando están presentes lo que se busca es crear una sorpresa de agrado en el consumidor.

Dentro de los requerimientos del cliente con respecto al Bumper, no exige la identificación del ítem sobre la superficie del producto, sin embargo, se considera útil para el control y evitar la confusión con otros productos similares.

El cliente no exige un acabado estéticamente fino en la superficie, es decir los niveles de rugosidad no afectan la función del producto.

Factores lineales o normales: Son las características que provocan en el cliente satisfacción cuando están presentes e insatisfacción cuando no lo están. Estas suelen ser las características principales del producto, por las cuales el cliente elige una u otra marca de producto

Factores imprescindibles, básicos o que “deben estar”: Son los atributos se da por sentado que están presentes, y si no lo están crean insatisfacción en el consumidor. Es decir, por añadirlos no se va a crear ningún tipo de satisfacción al cliente, pero su ausencia provoca la insatisfacción.

Independientemente que el **Bumper** este elaborado con compuestos de excelente calidad. Debe cumplir en estricto las especificaciones mecánicas y reométricas solicitadas por el cliente como son:

- Diámetro interior.
- Diámetro exterior.
- Dureza
- Forma

Factores indiferentes: Se refiere a los atributos que no son percibidos como ni buenos ni malos, y por tanto no van a crear ningún tipo de emoción al cliente

En el uso del Bumper en un sistema de amortiguación no afecta la tonalidad del producto en su funcionamiento ya este solo es un atributo cualitativo y es un factor indiferente.

Factores de rechazo: Cuando están presentes el cliente los percibe como negativos. Conviene evitarlos a toda costa porque suponen un gasto de producción y además quitan ventas.

El **Bumper** es una pieza de hules que tiene como función principal evitar el impacto entre piezas, es por ello que es necesario que cumpla con las dimensiones especificadas por el cliente y cumpla con el nivel de dureza para absorber el impacto.

Estos atributos deben asignarse en los cuadrantes del diagrama de Kano para priorizar y ver el nivel de satisfacción o insatisfacción del cliente.

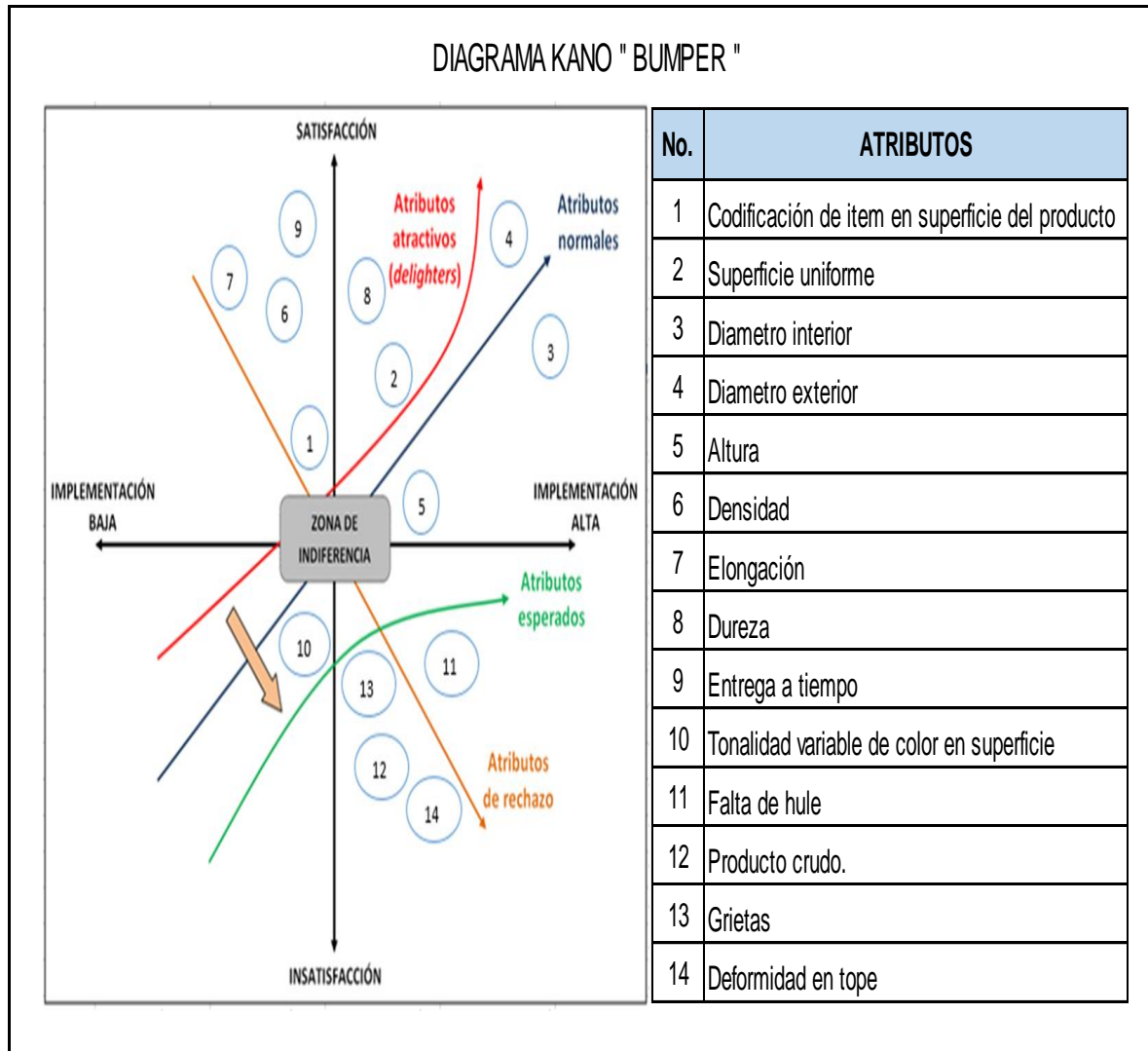


Ilustración 6 Diagrama KANO Fuente: Elaboración propia.

Aplicando el modelo Kano se ha clasificado cada uno de los factores importantes para nuestro cliente y a su vez el nivel de satisfacción que estos le están generando, lo cual nos orienta a identificar áreas de oportunidad. En el 2° y 4° cuadrante se observan los atributos en los cuales debemos invertir más tiempo y recursos para la satisfacción de nuestro cliente y en consecuencia ser un proveedor con alto nivel de confiabilidad.

Los atributos clasificados en el 2° cuadrante son aquellos en los que la organización puede invertir para mejorar generando un mayor nivel de satisfacción en el cliente, es decir al invertir en la implementación de un sistema de mejora en la entrega a tiempo el cliente, esto le generará

satisfacción sin modificar el funcionamiento del producto, sin embargo, esto le evitará contratiempos en sus procesos.

En el 4° cuadrante observamos que nuestros atributos de rechazo son la falta de hules, pieza cruda, con grietas y deformidad en tope ya que estas características si afectan en el funcionamiento de la pieza, generan rechazo, insatisfacción del cliente y genera altos costos de material no conforme. Siendo la falta de hules uno de los principales problemas que se presentan en el área de producción y donde se prestará especial atención para reducir la variabilidad de este atributo.

4.1.5 Descripción del Proceso

Durante las visitas realizadas a la empresa “**Bumper Automotriz**” para conocer el proceso de fabricación del **Bumper** automotriz fue posible conocer el proceso desde la recepción de materia prima hasta el embalaje del producto para su entrega al cliente, en el transcurso del recorrido contamos con la compañía del gerente de producción de hule, el gerente de vulcanizado, el gerente de calidad y algunos operadores para conocer las rutinas, mediciones y controles que manejan actualmente así como conocer la percepción de cada área con respecto a los problemas observados continuamente.

A continuación, lo vemos detallado en una tabla sipoc

4.1.6 Diagrama SIPOC


Proceso de fabricación Bumper				
SUPPLIERS Proveedores	INPUT Entradas	PROCESS Proceso	OUTPUT Salidas	COSTUMER Clientes
Comercializadora de Polimeros	Hule negro Masterbach con formulación " sin acelerar" Agentes acelerantes	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Recepción de materia prima. 2.- Se inspecciona el material recibido, usando como criterios de aceptación densidad y viscosidad. 3.- Pesar materia prima conforme a requerimiento de producción 4.- Inicia proceso de aceleración de hule en el molino. 5.- Se inspecciona el material obtenido del molinado con base en propiedades mecánicas y químicas. 6.- El material acelerado conforme, pasa a proceso de extrucción. 7.- Inicia proceso de extrucción y corte en maquina. Esta maquina no produce vacío. 8.- El material extruido (preforma) pasa a proceso de inspección. Los criterios de aceptación son peso y forma del material. 9.- Las preformas conformes son transportadas, almacenadas e identificadas al area de producción vulcanizado. 10.- Preparación de molde. 11.- La preforma conforme almacenada pasa a pie de maquina a proceso de vulcanizado. 12.- Inicia carga de preforma en molde. 13.- Tiempo de vulcanizado. 14.- El material obtenido despues del proceso de vulcanizado se denomina TOPE. 15.- El tope es rebabeado para eliminar exceso de material. 16.- El tope pasa a proceso de inspección y de acuerdo a los criterios de aceptación, el material se libera o se rechaza. 17.- El tope conforme es almacenado. 18.- El tope conforme entra a proceso de embalaje. (Producto final) 19.- El producto final se embarca y se entrega al cliente. 	<p>BUMPER</p> <p>Pieza solida cuya función es evitar colisión entre dos objetos</p> <p>Material no conforme</p> 	Ensambladoras automotrices

Ilustración 7 Diagrama SIPOC Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.7 Mapa de Proceso fabricación bumper automotriz

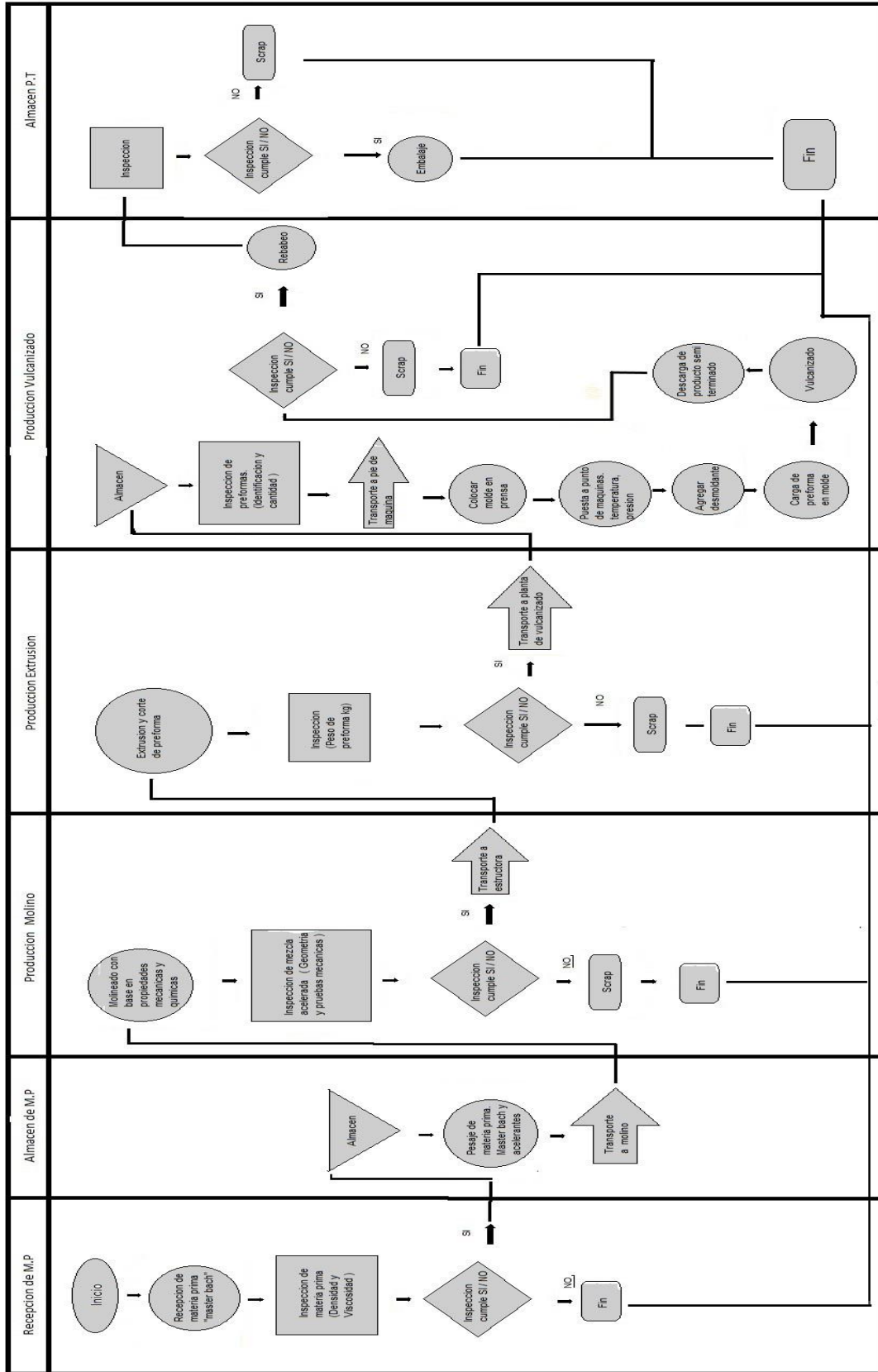


Ilustración 8 Diagrama de flujo Fuente: Elaboración propia.

4.1.8 Mapa Tortuga proceso aceleración hule y manufactura preforma

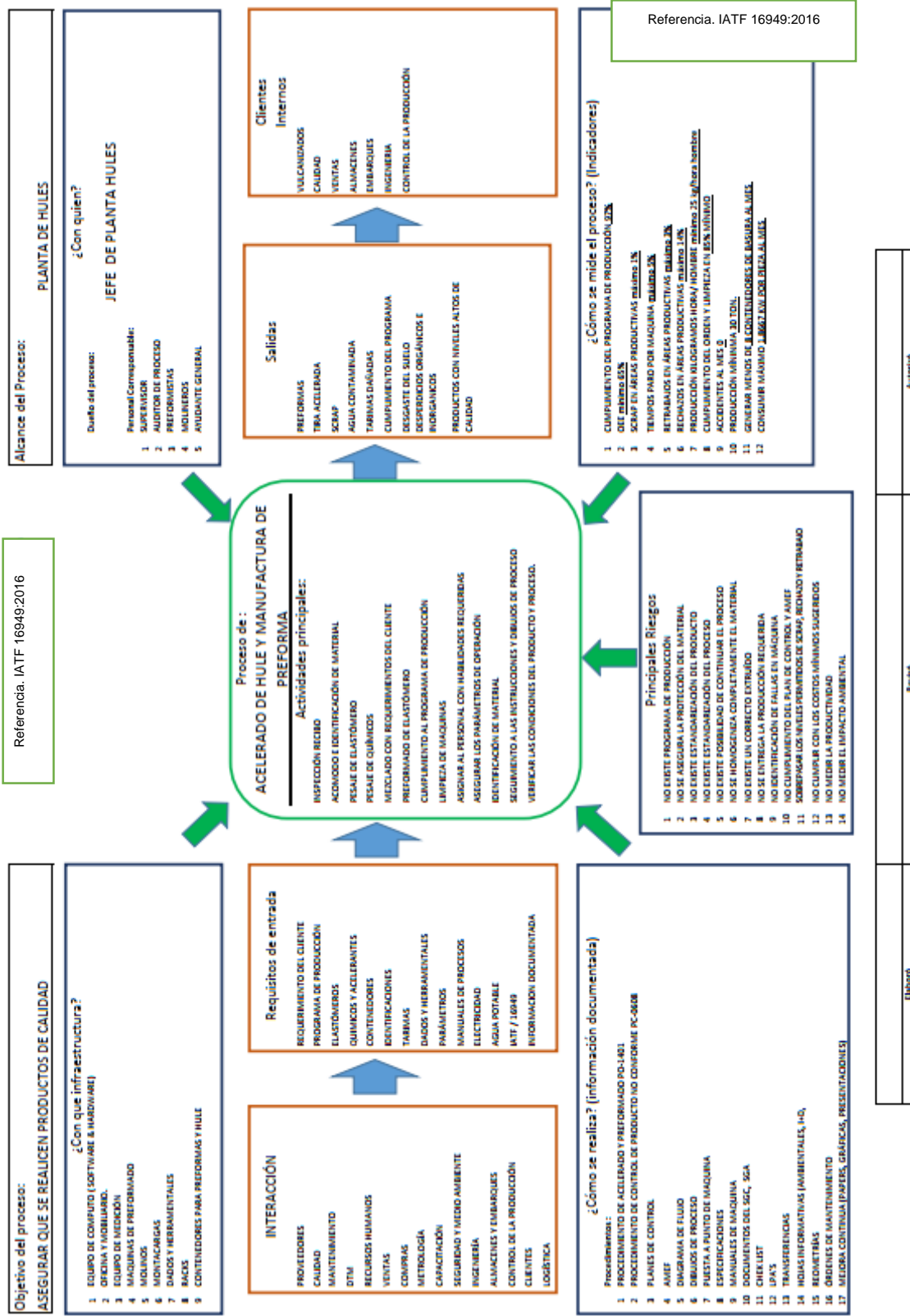


Ilustración 9 Mapa de Tortuga proceso aceleración hule y manufactura preforma Fuente: Elaboración propia.

4.1.9 Mapa de Tortuga proceso Vulcanizado

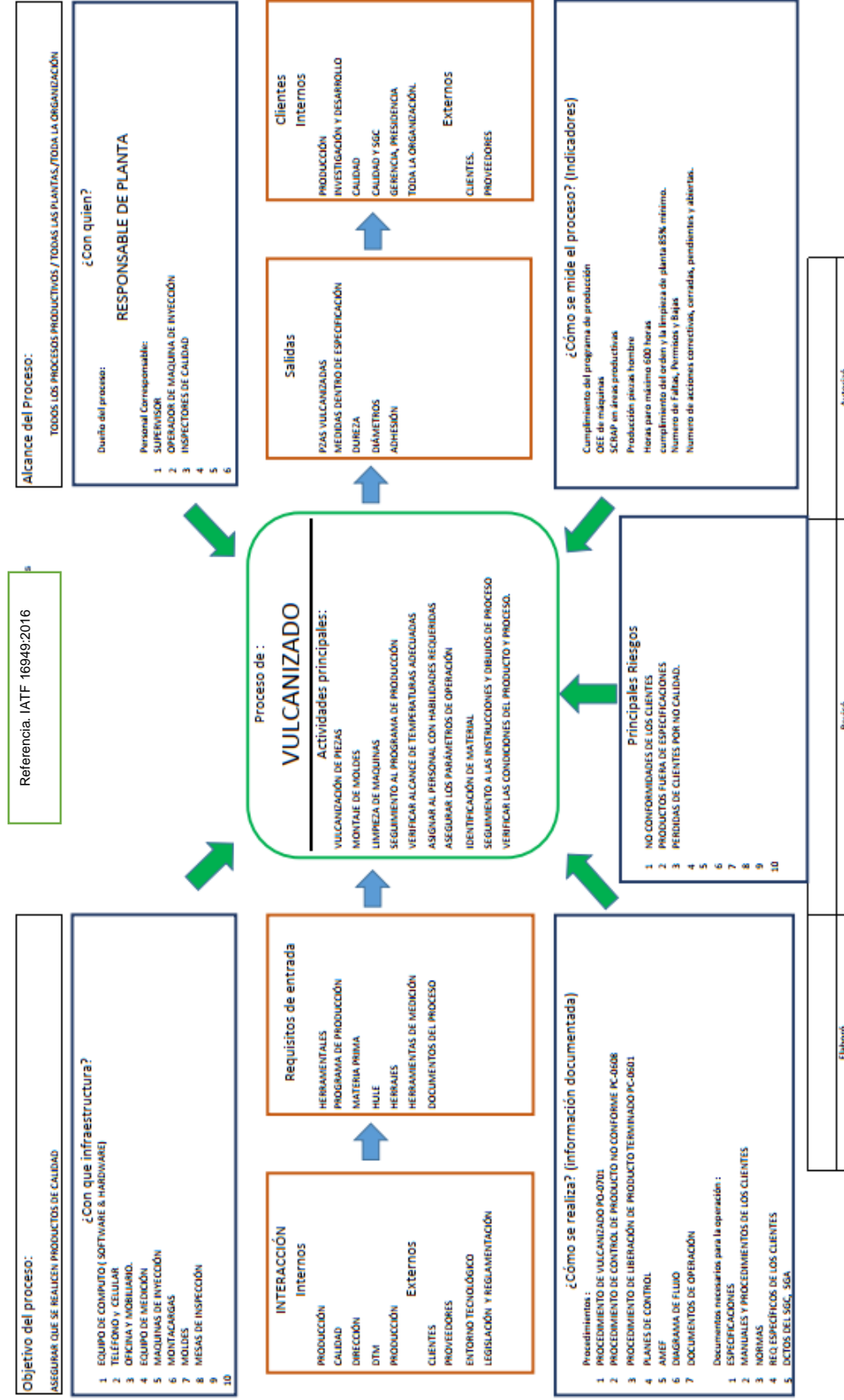


Ilustración 10 Mapa de Tortuga proceso Vulcanizado Fuente: Elaboración propia.

4.1.10 KPIV y KPOV

Las variables críticas de entrada identificadas son las propiedades físicas ML y HL de la materia prima, así como las propiedades TS2 y TS90, las cuales definen los parámetros del acelerado de la materia prima que son claves para asegurar el vulcanizado adecuado.

Las variables críticas de salida identificadas son la forma, peso, dimensiones y dureza de la pieza vulcanizada, las cuales son clave para que la pieza final cumpla con los requerimientos del cliente.

En “**Bumber Automotriz**” se lleva a cabo diversos procesos de producción para poder obtener un **Bumper** de alta calidad. El primer proceso de producción que se lleva a cabo es la aceleración del hule natural, en este proceso se realiza una transformación de las propiedades del hule crudo a un alto nivel molecular.

La vulcanización puede tardar mucho tiempo e incluso puede ser tan lenta que pasen días y el grado de vulcanización sea mínimo, de ahí la necesidad de utilizar aceleradores los cuales pueden reducir este tiempo de horas en minutos.

La primera función de un acelerador es como su nombre lo indica, incrementar la velocidad de vulcanización. En general un acelerador también nos ayuda a incrementar la fuerza de tensión (MH y ML), módulo, histéresis, envejecimiento y hace posible obtener una amplia variedad de polímeros con diferentes características específicas según el uso que se la da al producto final.

En este proceso de aceleración se obtienen características críticas para lograr la correcta vulcanización de los **Bumper**, como son el ML, MH, Ts2 y Tc90, las cuales se convierten en variables críticas en el proceso de transformación de las piezas, ya que al no estar dentro de parámetros genera un proceso fuera de control.

El ML es el torque mínimo del compuesto de hule, este es la característica mecánica que indica la viscosidad del material sin vulcanizar al ser sometido al calor, a menor índice de ML será mayor su fluidez del compuesto, es decir que el material es más maleable y permite una mayor fluidez del mismo, con lo cual facilita que el compuesto tome la forma del molde que está sometido a presión y evitar piezas no conformes por falta de llenado, piezas suaves, piezas crudas, etc.

El MH es el torque máximo del compuesto de hule, esta característica mecánica indica la máxima rigidez que alcanzará el material una vez ya vulcanizado el compuesto, es decir es el que nos otorga el nivel de dureza de nuestro producto, recordando que esta es una especificación importante en los bumper, ya que su función principal requiere trabajo estático y debe resistir impactos sin tener afectación de impacto. Si el MH no se controla y es muy alto genera piezas no conformes con cristalización del compuesto y grietas en las piezas, lo cual haría que la pieza se rompa.

El TS2 es el tiempo de seguridad, esta característica nos indica el tiempo que tenemos para poder trabajar o manipular el hule antes de que este se vulcanice, ya que una vez vulcanizado el compuesto no es maleable y el proceso no es reversible, lo que implica que si antes de transcurrir el tiempo de seguridad el material no toma la forma del molde estas piezas serán piezas no conformes por la deformación de las mismas.

El TC90 es el tiempo de curado al 90%, este tiempo es muy importante en el proceso de vulcanizado, se busca curar la pieza en un 90% porque al retirar de las piezas de la prensa está aún tiene el calor adquirido durante el proceso y se sigue vulcanizado hasta absorber todo el calor obtenido y si se curó al 100% dentro de la prensa al sacarla y someterla a temperatura ambiente la pieza seguirá

vulcanizando y se quemara, lo cual nos generaría scrap en el proceso, así como más costos de no calidad.

Es importante cumplir con estas especificaciones en los compuestos para poder obtener piezas OK y satisfacer las necesidades de nuestros clientes brindando la mayor calidad evitando incurrir en costos de material no conforme.

4.1.11 PROJECT CHARTER

Nombre del proyecto	Aplicación de la metodología Seis Sigma para la reducción de scrap en la fabricación de un Bumper automotriz.						
Descripción del problema							
<p>Variabilidad en el proceso de fabricación en la empresa "Bumper Automotriz", de la parte llamada Bumper, hecha a base de la mezcla 902, misma mezcla que está generando un alto índice de producto no conforme por la falta de hule en la preforma, esto sucede en alrededor de un 10% de una producción de 42,409 kg en el periodo de Enero - Agosto 2018.</p>							
Objetivo(s) del proyecto – CTQ's							
<p>Formular y diseñar una estrategia para reducir el scrap generado actualmente en el proceso de fabricación del componente Bumper de 4.9% a 0.7% (de 2434kg a 347kg).</p> <p>CTQ's para el cliente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dimensión 2. Dureza 							
Alcance							
<p><i>Queda incluido:</i> Defectos en mezcla 902 con números de parte 3012 y 3010 que representan el 86% de defectos de esa mezcla en Kg.</p>	<p><i>Queda excluido:</i> Números de parte de la mezcla 902 que no son 3010 y 3012.</p>						
Beneficios financieros potenciales							
<p><i>Ahorro: De \$100,000 a \$150,000 MXN Anual</i></p> <p><i>Inversión: No mapeada</i></p>							
Beneficios no financieros potenciales							
<ul style="list-style-type: none"> • Control de procesos • Mejora en la lealtad del cliente • Mayor competitividad en el mercado 							
Equipo de trabajo							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rol</th> <th>Nombre (s)</th> <th>Posición dentro de la empresa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Patrocinador:</i></td> <td>Jorge Emiliano Cruz Suarez</td> <td>Dirección</td> </tr> </tbody> </table>	Rol	Nombre (s)	Posición dentro de la empresa	<i>Patrocinador:</i>	Jorge Emiliano Cruz Suarez	Dirección	
Rol	Nombre (s)	Posición dentro de la empresa					
<i>Patrocinador:</i>	Jorge Emiliano Cruz Suarez	Dirección					

<i>Dueño del proceso:</i> de producción	Mauricio Galán	Supervisor
<i>Líder del proyecto:</i>		
<i>Equipo de trabajo:</i>	Sofia Linet Cervantes Serena	
	Dulce Angélica Rangel León	
	Pablo Lopez Nuñez	
	Gabriel Reyes Rea	
	Angelica Acho Andrade	

Tiempos de ejecución y recursos necesarios									
Etapa	Tabla de tiempos								Recursos Necesarios
	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	
Definir									Mapas de proceso Diagramas Definición de CTQ's
Medir									Planes de muestreo Gráficas descriptivas de datos
Analizar									Análisis de causas potenciales.
Propuesta de mejora									Resultados arrojados del análisis
Propuesta de control									Indicadores
Liberación y aprobación del proyecto									

Tabla 29 Fuente: Elaboración propia.

4.1.12 Ejemplo de parte Bumper ensamblada

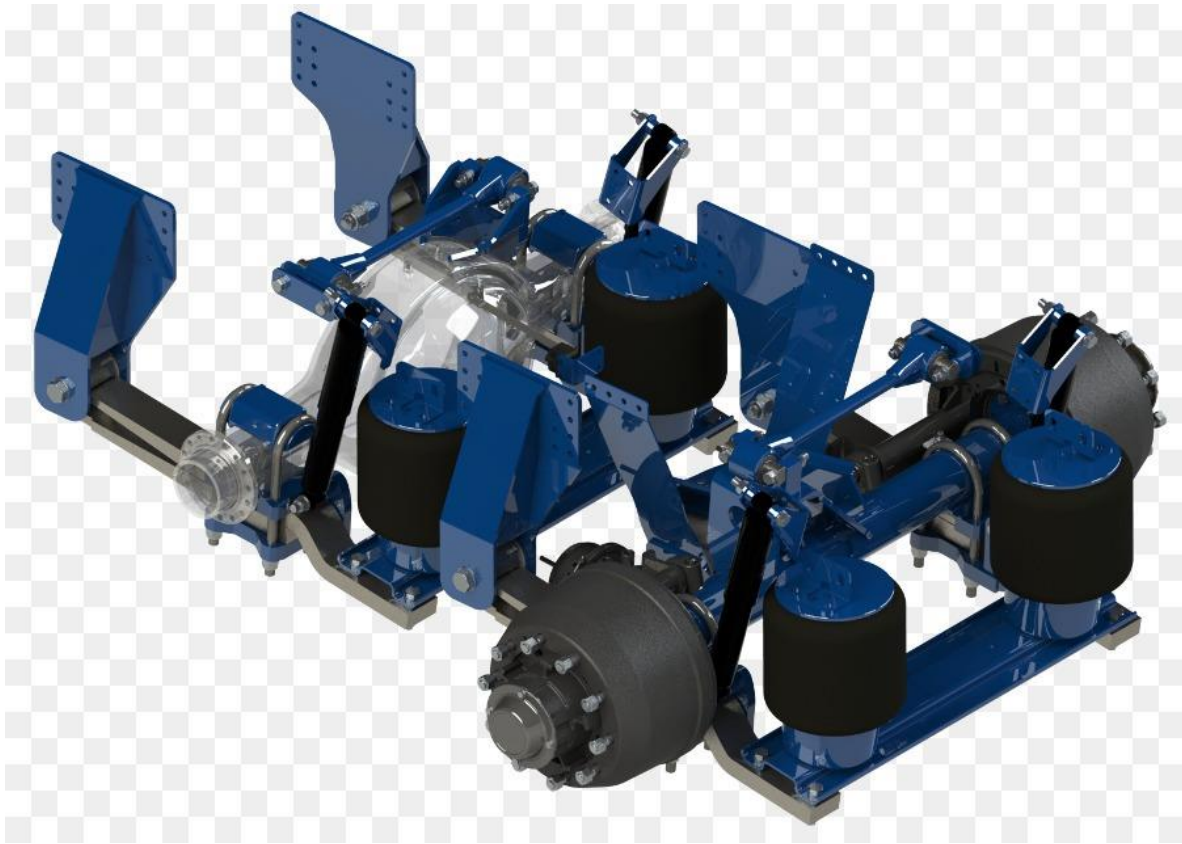


Ilustración 11 Esquema CAD Suspensión Fuente: "Bumper Automotriz"

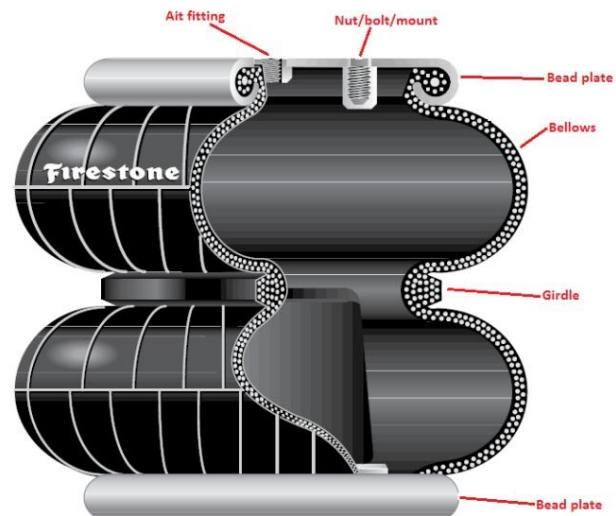


Ilustración 12 Pieza externa donde se ensambla el Bumper Fuente: Firestone.com.mx

4.1.13 Análisis 5W+2H

1. What? / ¿Qué?

Se detecta variabilidad en el proceso de fabricación del Bumper fabricado a base de la mezcla 902 lo cual está generando un alto índice de producto no conforme.

2. When? / ¿Cuándo?

Existe cierta tendencia entre la máquina y turno en los cuales se genera mayor producto no conforme, es decir algunas máquinas tienen mayor índice de scrap por la mañana y otras por la tarde y noche.

3. Where? / ¿Dónde?

Se observa el problema en las salidas del vulcanizado, así como en el proceso de rebabeo de la pieza, los principales defectos encontrados son falta de hule en la pieza.

4. Who? / ¿Quién?

Los operadores de las líneas de producción son los primeros en identificar piezas no conformes y los operadores con más experiencia han desarrollado cierta pericia para disminuir el scrap generado.

5. Why? / ¿Por qué?

¿Por qué sucede el problema?

Se tiene diferentes teorías del origen del problema, desde los parámetros físicos y químicos de la materia prima hasta los parámetros de ajuste de las máquinas en las líneas de producción tal como la presión, temperatura y tiempo en el vulcanizado.

6. How? / ¿Cómo?

Es posible diferenciar el problema del estado normal mediante el número de piezas no conformes generadas en cada carga de vulcanizado y parece obedecer ciertas tendencias conforme al número de cargas por molde, así como la forma física de la preforma, entre menos cargas por molde y más pericia del operador para acomodar las preformas se obtienen menos piezas no conformes.

7. How much? / ¿Cuánto?

Hasta 16 piezas no conformes en un día, 112 en una semana y 495 en un mes, que se estima están costando más de 20,000 pesos mensuales.

4.2 Análisis del problema

Ahora que ya hemos definido el problema, y las características críticas de la calidad, es momento de hacer un análisis para ubicar donde se encuentran los puntos más críticos, y los principales a atacar.

4.2.1 Diagrama de Ishikawa

Realizamos listado de x's o causas, de acuerdo a lo obtenido en visitas a "Bumper automotriz"

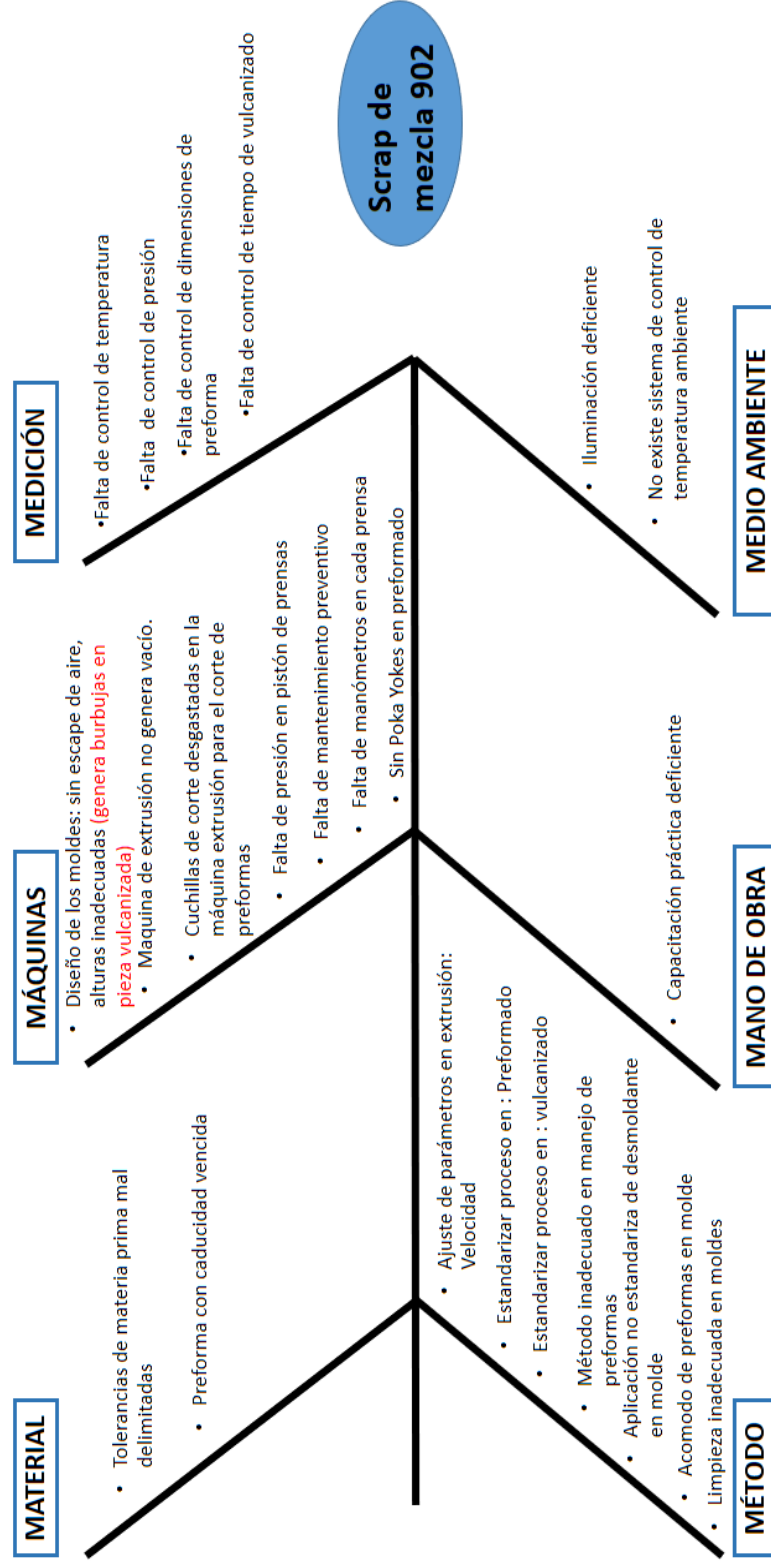


Ilustración 13 Diagrama Causa – Efecto

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el siguiente gráfico podemos observar el origen de las incidencias:

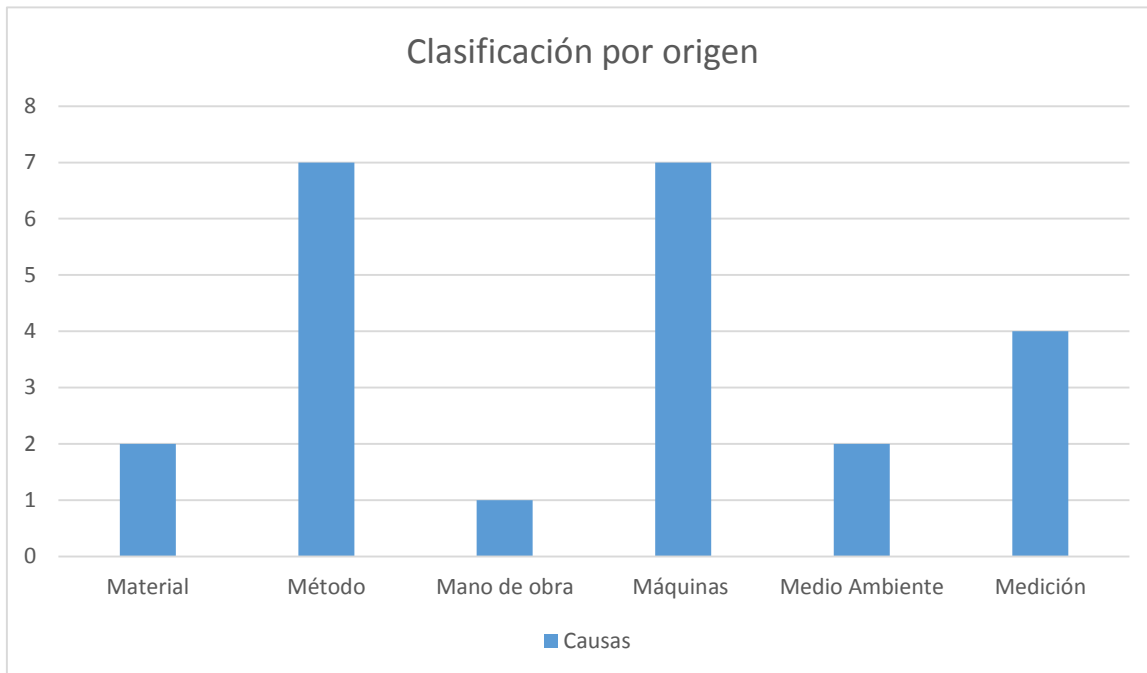


Ilustración 14 Origen Incidencias Fuente: Elaboración propia

En la tabla se puede apreciar que el mayor número de incidencias caen dentro de las clasificaciones denominadas Método y máquinas, las cuales, muy seguramente veremos reflejadas a la hora de generar las ponderaciones pertinentes en la siguiente matriz:

4.2.2 Matriz de causa-efecto

Código		Factor	C TQ relacionadas		Ponderación		Total
			Dimensión	7	Dimensión	Dureza	
		Process Input					
A	Material	Tolerancias de materia prima mal delimitadas	5	8			106
X	Material	Forma asimétrica en preforma	No aplica al ser un efecto y no una causa				0
B	Material	Preforma con caducidad vencida	3	5			65
		Mano de Obra					
A		Capacitación práctica deficiente	5	2			64
A		Diseño de los moldes.	6	0			60
B		Maq. de extrusión no genera vacío.	3	0			30
C		Cuchillas de corte desgastadas en la máquina extrusión para el corte de prefi	8	0			80
D		Falta de presión en pistón de prensas	10	3			121
E		Falta de mantenimiento preventivo	3	0			30
F		Falta de manómetros en cada prensa para medición de la presión	2	0			20
G		No hay Poka Yokes en preformado	5	0			50
		Métodos					
A		Ajuste de parámetros en extrusión (velocidad)	5	0			50
B		Estandarización de proceso: Preformado	7	0			70
C		Estandarización de proceso: Vulcanizado	9	5			125
D		Método inadecuado en manejo de preformas (estiba)	5	0			50
E		Aplicación no estandarizada de desmoldante en molde.	2	0			20
X		Acomodo de preformas en molde	Es parte de estandarización del proceso de vulcanizado				0
F		Limpieza inadecuada en moldes	1	0			10
		Mediciones					
A		Falta de control de presión	5	3			71
B		Falta de control de temperatura	1	3			31
X		Falta de control de dimensiones de preforma	es parte de Poka Yoke				0
C		Falta de control de tiempo de vulcanizado	0	7			49
		Medio Ambiente					
A		Iluminación deficiente	5	0			50
B		No cuenta con Sistema de enfriamiento	0	4			28

Ilustración 15 Matriz de causa-efecto Fuente: Elaboración propia

3 causas descartadas, la razón es:

1. Forma asimétrica en preforma: A la hora de analizar las consecuencias, pudimos notar que en realidad esta era una consecuencia y no una causa.
2. Acomodo de preformas en molde: Esta causa será atacada a la hora de estandarizar el proceso de vulcanizado.
3. Falta de control de dimensiones de preforma: Esta causa también la abarca la falta de Poka Yokes en preformado.

Materiales

- a) Tolerancias de materia prima mal delimitadas

Al recibir el material, algunas veces este no cuenta con las especificaciones requeridas dentro del proceso, pero detectamos que una de las razones es que estas especificaciones que se solicitan al proveedor tienen un margen muy amplio, en realidad el proveedor está cumpliendo con lo solicitado.

- b) Preforma con caducidad vencida

Las reformas son transportadas del proceso de extrusión a un pequeño almacén de preformas, en algunos casos estas llegan a estar más tiempo del recomendado en este almacén, debido a atrasos en tiempos de operación, u otros factores, por lo que el material de la preforma y sus propiedades como el MH Y ML comienzan a perder las propiedades necesarias para pasar al siguiente proceso donde estas son curadas.

Mano de obra

- c) Capacitación práctica deficiente

Los operarios con más experiencia son los que capacitan a los recién ingresados, sin embargo, no cuentan con el entrenamiento para dar una capacitación completa y eficiente, además hemos notado que la generación de scrap varía según el operario en turno.

Maquinaria

- d) Diseño de los moldes

Para algunas piezas el diseño del molde no es el más adecuado, ya que generan un mal llenado del material a la hora de cerrar la prensa

- e) Máquina de extrusión no genera vacío

A la hora de generar las preformas es importante evaluar la cantidad de aire que se infiltra, ya que esto puede impactar en las dimensiones de la pieza final a la hora de pasar a vulcanizado, debido a las burbujas que se puedan generar, sin embargo, la máquina de extrusión no genera vacío de aire, por lo que actualmente no es posible controlar este factor.

- c) Cuchillas de corte desgastadas en la máquina de extrusión para el corte de preformas

Observamos que las cuchillas de corte se encuentran bastante desgastadas por lo que la preforma sale en repetidas ocasiones de dimensiones más alargadas.

- d) Falta de presión en pistón de prensas

Las prensas no generan la presión adecuada para que el molde cierre y el material se distribuya de manera uniforme.

- e) Falta de mantenimiento preventivo

Había una fuga de aceite el día de nuestra visita, y las máquinas se veían sin limpieza.

- f) Falta de manómetros en cada prensa para medir la presión

Hay un manómetro por cada 3 máquinas, por lo cual no se tiene un control sobre cada una de las máquinas.

- g) No hay Poka Yokes en preformado

Las dimensiones de la preforma podrían ser un factor que afecte la distribución del material a la hora de vulcanizarlas.

Métodos

- a) Ajuste de parámetros en extrusión (velocidad)

La máquina al no recibir un buen mantenimiento preventivo podría estar operando a otra velocidad que no es la requerida.

- b) Estandarización de proceso: Preformado

El proceso de preformado no cuenta con un proceso estandarizado.

- c) Estandarización de proceso: Vulcanizado

El proceso de vulcanizado no cuenta con un proceso estandarizado.

- d) Método inadecuado en manejo de preformas (estiba)

Los operarios no cuentan con un método para estibar las cajas en las que se colocan la preformas, que además no son del tamaño de las preformas, sino que un poco más chicas por lo que la preforma sobresale en un extremo de la caja.

- e) Aplicación no estandarizada de desmoldante en molde.

No hay un método para colocar el desmoldante en los moldes de vulcanizado, nótese que forma parte de estandarizar todo el proceso de vulcanizado.

- f) Limpieza inadecuada en moldes

Los moldes no tienen una frecuencia de limpieza, por lo que no se están considerando los posibles residuos que pudieran llegar a quedar.

Mediciones

- a) b) y c) Falta de control de presión, temperatura y tiempo de vulcanizado.

Las variables más importantes para el proceso de vulcanizado no están siendo controladas.

Medio ambiente

- a) Iluminación deficiente

El área de vulcanizado tiene poca iluminación, por lo que podría afectar la manera en que los operarios colocan las preformas

- b) No cuenta con sistema de enfriamiento

Los almacenes no tienen sistemas de refrigeración, el factor de la temperatura es una variable que influye en la aceleración de la mezcla, es decir en las propiedades del material.

Después de analizar y ponderar por medio de la matriz, posibles las causas del problema, y basándonos en las 2 CTQ's con mayor peso para el cliente, que son Dimensión y Dureza en ese orden de importancia, la tabla arroja un total de 8 causas críticas, por lo que procedemos a analizarlas con más profundidad en sus impactos con un AMEF, como se puede apreciar en la siguiente página.

Lista de causas resultantes de la matriz, acomodadas según su ponderación:

1. Estandarización de proceso de vulcanizado
2. Falta de presión de pistón en prensas
3. Tolerancias de materia prima mal delimitadas
4. Cuchillas de corte desgastadas en máquina de extrusión
5. Falta de un control en la presión
6. Estandarización de proceso de deformado
7. Preforma con caducidad vencida
8. Capacitación práctica deficiente

4.2.3 AMEF:

ANÁLISIS DE MODO POTENCIAL DE FALLA Y EFECTO (AMEF)

Producto:

Bumper

Fecha de creación

16/02/2019

PASEO DEL PROCESO	IMPACTO PRIMARIO	IMPACTO FINAL	CONDICIONES EXISTENTES				PRIORIDAD DE RIESGO (RPN)		
			SEVERIDAD	CAUSAS POTENCIALES DE FALLA	OCURRENCIA	CONTROLES ACTUALES			
1	Inspección recibo de mezcla	No cumple con las especificaciones requeridas	Requiere más tiempo en molinos para lograr las especificaciones adecuadas	5	Tolerancias de materia prima mal delimitadas	4	Validación interna en pruebas mecánicas y reométricas por muestreo.	2	40
2	Extrusión	Preforma fuera de especificaciones dimensionales.	Falta de llenado en piezas vulcanizadas.	5	Cuchillas de corte desgastadas en la máquina extrusión para el corte de preformas	8	Nulo	10	400
3		Almacén de semiterminado	Preforma no apta para proceso.	Dificultad para cargar a moldes de vulcanizado	5	Estandarización de proceso de Preformado	6	Control en el peso de la preforma	7
4			Incremento de scrap	7	Preforma con caducidad vencida	2	PEPS	2	28
5		Colocación inadecuada de preforma en molde	Bumper con defectos	7	Capacitación práctica deficiente	8	Los operadores con experiencia capacitan al personal de nuevo ingreso	8	448
6		Bumper defectivo	Retrabajos o scrap.	7	Falta de presión en pistón de prensas	10	Nulo	10	700
7		Generación de fallas por procedimiento no establecido	Sin prevención de posibles fallas de proceso	5	Estandarización de proceso: Vulcanizado	6	Nulo	9	270
8		Sin detección de posibles fallas por falta de presión	mala regulación de la presión	5	Falta de control de presión	6	Nulo	10	300

Tabla 30 AMEF Fuente: Elaboración propia.

En este diagrama podemos observar una ponderación de las causas potenciales de falla, por medio de las tablas, SEV, OCU, Y DET, las cuales nos generaron un número de prioridad de riesgo, también conocido como RPN, que como ya hemos visto, es el producto de multiplicar la severidad, la ocurrencia, y la detección o detectabilidad, antes descritas en el capítulo 3, es necesario considerar que en caso de que una falla tenga efectos (cliente / proceso) como lo fué la falta de presión en pistón de prensas 14 y 15, con calificaciones diferentes, se asignó el mayor valor de severidad de los efectos, tomando en cuenta los impactos y los controles actuales, además se generaron acciones recomendadas para las causas con mayor impacto, se dará a conocer en el siguiente capítulo las propuestas de mejora.

Causas potenciales de falla de mayor a menor:

1. Falta de presión en pistón de prensas 14 y 15.
2. Capacitación práctica deficiente
3. Cuchillas desgastadas en máquina de extrusión para corte de preformas
4. Falta de controles para mantener la presión necesaria
5. Estandarización del proceso de Vulcanizado

Como podemos observar, el AMEF aplicado al proceso de un Bumper, nos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, las cuales analizaremos más a fondo en el siguiente capítulo, así aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada uno de nuestros procesos.

Este procedimiento de análisis nos ayudó a identificar las posibles fallas de nuestro producto, que es el Bumper, además de conocer a fondo el producto, sus propiedades, y el proceso de fabricación, lo que nos permitió dentro del mismo formato, evaluar el nivel de criticidad o gravedad de los efectos, mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y detectabilidad.

Para el siguiente capítulo debemos, identificar los efectos que puede generar cada falla posible, identificar las causas posibles de las fallas, establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas, evaluar y documentar los planes de acción para minimizar los riesgos, y, por último, pero no menos importante, generar Know-how de cada efecto.

Siguiendo en resumen el siguiente diagrama:

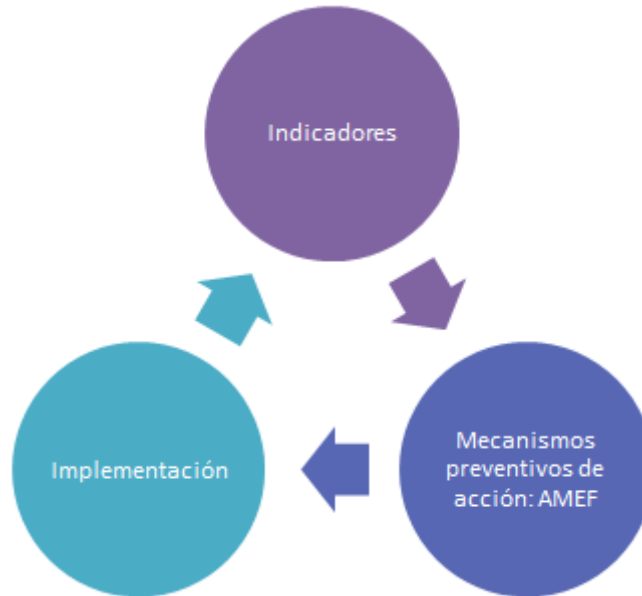


Ilustración 16 Pasos para generar un AMEF Fuente: Elaboración propia



Ilustración 17 Tour por la Metodología Seis Sigma Fuente: Tecnológico Monterrey M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018

Capítulo V Propuesta de solución o mejora

Los resultados encontrados a partir del análisis de modo y efecto de falla (AMEF) del capítulo IV se encuentran 8 causas potenciales, las cuales fueron evaluadas de acuerdo a la severidad, ocurrencia y detección para posteriormente reducirlas de acuerdo al puntaje obtenido con el fin de priorizar y enfocar los esfuerzos en las propuestas de solución para aquellas que tienen un impacto sustancial en comparación con el resto. En este capítulo se detallan las propuestas de solución generadas para las causas definidas con mayor impacto y las cuales se enlistan a continuación:

1. Falta de presión en pistón de prensas. **Puntaje: 700**
2. Capacitación práctica deficiente. **Puntaje: 448**
3. Cuchillas de corte desgastadas en la máquina de extrusión para el corte de preformas. **Puntaje: 400**
4. Pérdida de presión en el sistema. **Puntaje: 300**
5. Estandarización del proceso de vulcanizado. **Puntaje: 270**

Para las causas número 1 y 3, definidas como falta de presión en pistón de prensas y cuchillas de corte desgastadas en la máquina de extrusión para el corte de preformas, se propone la aplicación de una herramienta llamada, por sus siglas en inglés, “RCM” o bien “*Reliability Centred Maintenance*” la cual traducida al español se entiende como “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”. Se agrupa una propuesta de solución para estas 2 causas dado que se determina su origen referente a temas de mantenimiento y de igual manera basada en las entrevistas que se realizaron durante la visita a la fábrica, mediante las cuales se reconocen falta de programas de mantenimiento.

RCM. Causa 5.1 Propuesta de mejora para la falta de presión en el pistón de prensas 14, 15 y cuchillas desgastadas en máquina de extrusión para corte de preformas.

Esta herramienta utilizada precisamente para el ámbito de mantenimiento de maquinaria ayudará, primeramente, por su naturaleza, a localizar el origen de la falta de presión en el pistón de las prensas y las causas del estado desgastado de las cuchillas de corte en la máquina de extrusión para luego definir el tipo de mantenimiento idóneo para ambas máquinas, el cual estará basado en un escrupuloso análisis costo-beneficio sin poner en riesgo la seguridad de las personas ni la operación misma. Aunque dentro del alcance de proyecto no está la reducción de costos de mantenimiento será un beneficio no mapeado inicialmente y que es muy probable una considerable aportación para las utilidades de la empresa si se implementa para el resto de los equipos usados en los diferentes procesos de fabricación.

La primera etapa crucial para la aplicación de la herramienta es el desarrollo de un AMEF especializado para una máquina, en este caso debe ser uno para las prensas y otra para la máquina extrusora y es necesario plasmar los siguientes conceptos clave para su desarrollo:

a) Contexto operacional: Se debe redactar en máximo 3 cuartillas el régimen operacional de cada equipo, la disponibilidad de la mano de obra, así como para los repuestos, las consecuencias de la indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extras, tercerización) y por último los objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente por lo menos. Con esto se obtendrá una visión clara del estado actual relacionado a la operación de cada equipo desde los impactos en la operación hasta el incumplimiento de los objetivos planteados por la empresa.

b) Funciones: Se determinarán las funciones deseadas de las máquinas, lo cual dejará en claro el objetivo principal de la operación de cada una de ellas, teniendo un panorama completo de la criticidad del cumplimiento en tiempo y forma de la operación correspondiente a cada equipo.

c) Fallas funcionales o estados de falla: Se identificarán todas aquellas fallas funcionales las cuales deben estar relacionadas directamente con las funciones definidas en el primer punto. Si se hallaran estados de falla que no tienen relación con las funciones definidas se deberá revisar el punto anterior y redefinir o complementar según sea el caso.

d) Modos de falla: Es aquí donde se reconocerán las posibles causas por las cuales ambos equipos definidos como prioritarios para el análisis pueden alcanzar o ya están alcanzado un estado de falla,

e) Los efectos de falla: Se identificará claramente cuál es la relevancia que tienen las fallas al producirse y los efectos asociados en el proceso para ambos equipos de producción.

f) Categoría de las consecuencias: Un punto crucial que contribuirá en la determinación del tipo de mantenimiento apropiado para cada equipo será la categorización de las consecuencias ya que es aquí donde se examina el impacto en la seguridad de las personas, el medio ambiente, los costos y las afectaciones en la operación misma.



Ilustración 18 Fuente Elaboración propia

g) Fallas ocultas: De igual forma y sumamente importante se reconocerán las fallas ocultas las cuales se definen para aquellos dispositivos que tienen como objetivo reducir las consecuencias de otras fallas y los cuales podrían estar en estado de falla por mucho tiempo sin que nada ni nadie exponga que una falla puede ocurrir, para esto es necesario anticiparse y verificar que estos dispositivos con capaces de brindar la protección requerida.

El producto del AMEF especializado para los pistones de las prensas y las cuchillas de corte de la extrusora auxiliará en la delimitación del tipo de mantenimiento requerido para cada equipo, el cual reducirá o eliminará la o las causas que están originando las fallas subsecuentes en ambos equipos,

sin dejar de lado el costo asociado por medio de la definición en la periodicidad requerida para los respectivos mantenimientos.

Los tipos de mantenimiento correspondientes a los equipos en cuestión quedarán clasificados conforme a la premisa del RCM, la cual dice que “La selección de las políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de las consecuencias a la que pertenece la falla” y que de acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos con la aplicación de la herramienta los tipos de mantenimientos para todos los equipos de una fábrica obedecen la siguiente estratificación:

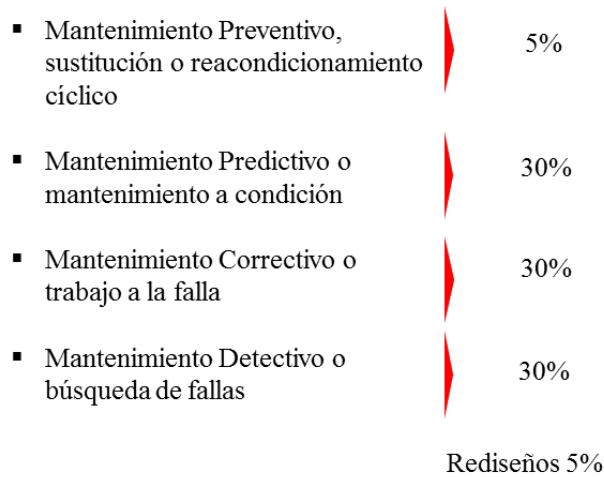


Ilustración 19 Fuente: Elaboración propia

Así es como la herramienta mostrará efectivamente que una de las máximas de la herramienta llamada “*Mantenimiento Productivo Total*”, la cual menciona que todas las fallas son malas y todas deben ser prevenidas es equivocada y solo deben ser prevenidas aquellas que convenga prevenir con base en un cuidadoso análisis costo-beneficio.

El beneficio que ofrecerá la aplicación de esta herramienta no será solo contar con la maquinaria segura y confiable para la operación, sino que coadyuvará en los costos de mantenimiento asociados a los equipos que actualmente se reconoce que no están operando en óptimas condiciones. Además, la implementación de la herramienta lleva consigo una mejora indiscutible en el proceso de la gestión del mantenimiento que tiene la empresa, auxiliando en una operación sustentable para la fabricación de todos sus productos.

5.2 Propuesta para mejorar la capacitación práctica operativa

El primer paso es estandarizar los procesos como se estableció en las propuestas de estandarización, y así generar posteriormente un plan de capacitación respecto a lo ya establecido.

La capacitación es una herramienta fundamental para la Administración de Recursos Humanos, es un proceso planificado, que busca modificar, mejorar y ampliar los conocimientos, habilidades y actitudes del personal nuevo o actual.

5.2.1 Justificación

Efectuando un análisis de estratificación encontramos que, con base en los datos históricos de producción de enero, a agosto 2018 la mayor proporción de scrap generado se da en el turno nocturno, pero no existe una diferencia sustancial con los turnos matutino y vespertino, pero para los tres turnos el mayor índice de scrap está en las máquinas P15, P05 y P14.

MAQUINA (MANUAL)	MATUTINO	VESPERTINO	NOCTURNO	Total general
P15	11.2%	10.1%	9.9%	10.4%
P05	11.8%	0.0%	7.5%	10.3%
P14	7.9%	8.5%	9.2%	8.4%
P13	0.0%	1.3%	14.0%	6.2%
P10	3.6%	4.7%	7.2%	5.3%
P27	0.0%	0.0%	5.2%	5.2%
P11	1.3%	3.3%	5.6%	4.2%
P25	0.0%	0.0%	3.9%	3.9%
P20	0.0%	3.1%	0.0%	3.1%
P16	0.0%	2.2%	0.0%	2.2%
Total general	5.4%	6.8%	7.7%	6.6%

Tabla 31 Fuente: Elaboración propia.

Considerando que el ID de parte 3010 solo se puede montar el molde en 3 máquinas, observamos de igual manera que la máquina P15 y P14 en común con la producción de la parte 3012 son aquellas donde se da el mayor índice de merma, pero para el caso particular de la 3010 es durante el turno matutino y vespertino.

MAQUINA (MANUAL)	MATUTINO	VESPERTINO	NOCTURNO	Total general
P15	11.2%	9.6%	9.8%	10.3%
P14	8.7%	7.7%	9.9%	8.7%
P13	0.0%	1.3%	14.0%	6.2%
Total general	10.4%	8.5%	10.0%	9.7%

Tabla 32 Fuente: Elaboración propia.

Detallando la estratificación a nivel operador podemos observar que al menos 3 de ellos tienen muy altos índices de scrap en sus turnos respectivos y en su mayor proporción en la máquina la P15.

CLAVE OP	MATUTINO	VESPERTINO	NOCTURNO	Total general
10657	0.0%	21.0%	0.0%	21.0%
10268	0.0%	0.0%	18.8%	18.8%
10744	0.0%	0.0%	12.3%	12.3%
10260	0.0%	9.8%	0.0%	9.8%
10048	0.0%	8.5%	0.0%	8.5%
10803	8.3%	0.0%	0.0%	8.3%
10755	0.0%	7.8%	0.0%	7.8%
10036	0.0%	0.0%	6.7%	6.7%
10606	0.0%	0.0%	6.3%	6.3%
10683	0.0%	0.0%	6.1%	6.1%
10306	0.0%	5.7%	0.0%	5.7%
10821	5.6%	0.0%	0.0%	5.6%
10335	5.6%	0.0%	0.0%	5.6%
10302	0.0%	0.0%	4.2%	4.2%
10772	3.8%	0.0%	0.0%	3.8%
10355	3.6%	0.0%	0.0%	3.6%
10210	0.0%	3.5%	0.0%	3.5%
10342	0.0%	3.3%	0.0%	3.3%
10596	2.3%	3.6%	0.0%	3.2%
10824	0.0%	2.5%	0.0%	2.5%
10719	1.6%	0.0%	0.0%	1.6%
10730	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%
Total general	5.4%	6.8%	7.7%	6.6%

Tabla 33 Fuente: Elaboración propia.

CLAVE OP	MAQUINA (MANUAL)	VESPERTINO	NOCTURNO	Total general
10268	P15	0.0%	18.8%	18.8%
Total 10268		0.0%	18.8%	18.8%
10657	P10	21.0%	0.0%	21.0%
Total 10657		21.0%	0.0%	21.0%
10744	P10	0.0%	13.0%	13.0%
	P15	0.0%	12.6%	12.6%
	P25	0.0%	3.9%	3.9%
Total 10744		0.0%	12.3%	12.3%
Total general		21.0%	12.5%	12.9%

Tablas 34 Fuente: Elaboración propia.

Con lo anterior encontramos que los operarios, además de tener una gran variación en el método de trabajo, para lo cual está la propuesta de estandarizar el método de trabajo, (revisar propuesta 3) es importante a demás enseñarles a seguir ese método por medio de un plan de capacitación para que los operarios cuenten con una guía base y los errores disminuyan.

5.2.2 Propuesta de mejora plan de capacitación

Dentro de “**Bumper Automotriz**” no cuentan con un presupuesto asignado a la capacitación, esto no significa que la empresa no lleve a cabo la capacitación de los empleados, sino que conforme surgen las necesidades de capacitación y va programándose los cursos, el presupuesto es requerido y luego asignado y ejecutado.

Otro punto es que la empresa no cuenta con una comisión mixta de capacitación y adiestramiento legalmente constituida y registrada ante la STPS.

Y por último la empresa claramente no cuenta con un plan de capacitación, todavía no hay conciencia de la relevancia que tiene el hecho de que las organizaciones cuenten con planes y programas de capacitación sistemática acordes con las exigencias de estos tiempos de constantes cambios. Se requiere también que los ejecutivos que ocupan las áreas de recursos humanos consigan convencer a los directivos e incluso al resto de los empleados, que es a través de la educación como una organización avanza, como una sociedad crece y como un país se desarrolla.

Durante la capacitación, las explicaciones y demostraciones son muy importantes, pero los trabajadores recuerdan mejor la información cuando la aplican. En las primeras etapas, los métodos prácticos rinden mejores resultados que los teóricos, por eso se recomienda utilizar el siguiente método a la hora de contratar y entrenar a alguien.

1. El primer paso es el de analizar cuidadosamente la misión del perfil del puesto, ello permitirá visualizar con claridad los aspectos básicos del cargo en cuestión.
 - *A quien entrenar.*
 - *Para que trabajo operación.*
 - *Duración, fecha.*

2. El segundo paso, es la de analizar las funciones y tareas del puesto, para determinar necesidades más específicas.
 - *Enlista los puntos clave.*
 - *Enlista los pasos importantes.*
 - *Los aspectos de seguridad son siempre puntos clave.*

3. El tercer paso es generar una matriz de planificación de capacitación.
 - *Se debe preparar el equipo adecuado, las herramientas, materiales y todo aquello necesario para entrenar.*
 - *Se debe organizar el lugar de trabajo en perfectas condiciones reales.*

En el siguiente diagrama se observa el ciclo que debe generar el personal de recursos humanos, para tener un Plan de capacitación adecuado, con ayuda del método antes propuesto.

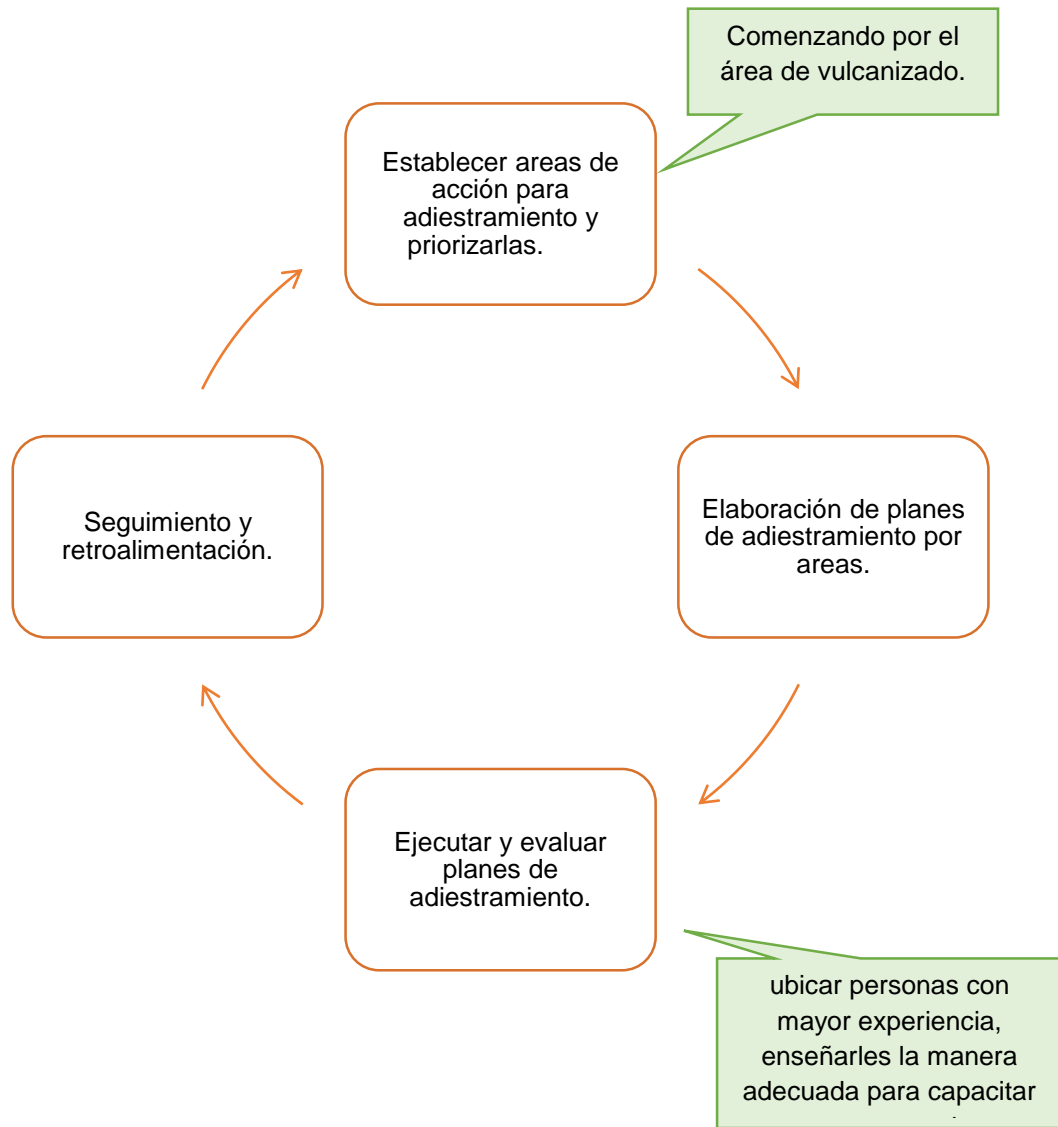


Tabla 35 Diagrama del ciclo Recursos Humanos Fuente: Elaboración Propia.

Parte de la instrucción y capacitación debe consistir en información respecto de cómo se ve afectada la satisfacción del cliente por las expectativas de calidad. Los empleados efectivos comprenden el impacto de su trabajo en relación con la calidad y participan en el proceso adquiriendo el conocimiento y las habilidades necesarias para alcanzar la excelencia en su labor, así como recibiendo retroalimentación frecuente para vigilar sus avances.

La utilización efectiva de los recursos humanos de una organización depende de la correcta aplicación de las fases de capacitación y adiestramiento, tales como: detectar necesidades de capacitación, identificar los recursos para la capacitación y adiestramiento, diseño del plan de capacitación, ejecución del programa de capacitación, la evaluación, control y seguimiento del mismo todas las empresas deberían contar con una comisión mixta de capacitación y adiestramiento, así como de los planes y programas debidamente registrados ante la STPS y asignar un presupuesto anual único y exclusivo para el renglón de capacitación y adiestramiento.

5.3 Propuesta de mejora para estandarización del proceso de Vulcanizado con base a los resultados y análisis del AMEF

Actualmente **“Bumper Automotriz”** no cuenta con un manual de procedimiento correspondiente a la etapa de vulcanizado en el proceso de fabricación del **Bumper** y evidentemente este es un factor que genera variabilidad en el proceso de vulcanizado.

El manual de procedimientos es un elemento del sistema de control interno, el cual se crea para obtener una información detallada, ordenada, sistemática e integral que contiene todas las instrucciones, responsabilidades e información sobre políticas, funciones, sistemas y procedimientos de las distintas operaciones o actividades que se realizan en una organización.

Para tratar de entender la función del manual de procedimientos dentro de una organización, supongamos por un momento que la forma de realizar una actividad explicará cuál es la secuencia de pasos para llevar adelante la actividad a una nueva persona. Indudablemente, habrá un emisor y un receptor en esta transmisión, pero ¿quién asegura que la información que quiso transmitir el emisor sea bien comprendida por el receptor? Es más, pensemos por un momento que luego de pasar un breve período de tiempo, el receptor decide irse de la organización y se convierte en un nuevo emisor que indicará a un nuevo receptor la forma de llevar a cabo la tarea. Probablemente, esto termine en una secuencia de pasos que diste bastante de la forma correcta de hacer la actividad.

De lo dicho hasta aquí se puede inferir que, en la empresa, un procedimiento cumple al menos dos funciones primarias:

- a) establecer la forma en que debe realizarse la tarea acordada por la empresa
- b) obtener un punto de partida para posibles mejoras.

De estas funciones primarias se desprenden funciones secundarias como:

- a.1. Lograr que cualquier persona de la organización realice la tarea y la actividad de la misma manera.
- a.2. Inducir a la calidad.

(Escalante Vásquez, Edgardo. 2008)

Puntos que hay que seguir a la hora de elaborar un manual de procedimientos.

1. Definir la estructura que tendrá el manual. Cada concepto requiere de características específicas y particulares, tales como el lenguaje y ejemplos gráficos.
2. Saber que no todo el manual lleva la misma redacción, ya que hay segmentos que van dirigidos al ejecutor del proceso, o bien, al operador, de ahí la necesidad de identificar plenamente quiénes serán los usuarios del manual para utilizar el lenguaje y el contenido correctos.
3. Definir si se hará un documento por puesto, área o para toda la organización. Esta clasificación permitirá saber si se necesita elaborar sub-manuales o guías operativas para cada caso.
4. Definir las políticas que van a delimitar el desempeño de cada individuo.
5. Identificar y seleccionar los principales procesos.
6. Redactar el manual de una manera ágil, dinámica, concreta y accesible. Incluye elementos gráficos y muy visuales.

(Escalante Vásquez, Edgardo. 2008)

La carencia de un manual de procedimiento además de afectar directamente al producto también afecta la capacitación al personal de vulcanizado debido a que mientras no exista un manual técnico de procedimiento, la capacitación será únicamente empírica por parte de los operarios con mayor experiencia lo cual no es correcto. Lo ideal en procesos de fabricación es que la capacitación que se imparte a los nuevos operarios se base en un manual de proceso aprobado y certificado, obteniendo así una capacitación técnica exitosa.

Existen ocasiones en las que no es estrictamente necesario certificar un manual de procedimiento, a veces se toma como acción inmediata la elaboración de una propuesta correspondiente a un manual de proceso y es canalizado por el organismo de calidad de la misma empresa, se analiza y se toma la decisión de implementarlo como acción de mejora inmediata sin descartar a mediano plazo certificar y mejorar dicha propuesta. La gestión del conocimiento es una cultura empresarial que permite transferir los conocimientos o experiencias de una persona o grupo de personas a otras personas pertenecientes a una misma empresa. En resumen, la gestión del conocimiento facilita la transmisión de informaciones y habilidades a sus empleados, de una manera sistemática y eficiente. Tomando en cuenta el objetivo de esta estrategia administrativa podemos aprovechar para que además de un manual de proceso propuesto, se inculque al encargado del área de vulcanizado a transmitir sus conocimientos técnicos a los operadores ya sean nuevos o de planta.

La recomendación para aplicar la gestión del conocimiento al área de Vulcanizado es que el supervisor y los operadores sigan los siguientes puntos:

- Definición de objetivos: El supervisor tiene que mostrar a los operadores un producto conforme posterior al proceso de vulcanizado, con la finalidad de que observen físicamente como tiene que estar el producto después de haber pasado por el proceso de vulcanización.
- Metodología para realizar los objetivos definidos: En este punto entra en marcha la propuesta de manual de proceso, de tal forma que los operadores estén conscientes que existe un método sistemático el cual debe ser acatado. No precisamente tiene que ser un flujograma específico, la propuesta de manual también puede estar definida en una lista de actividades con orden sistemático.

Actividades críticas a contemplar para el manual del proceso de Vulcanizado:

No.	Actividad	Observaciones
1	Almacenar el producto semi terminado. (preforma)	El lugar donde se almacenan las preformas no deberá estar expuesto al sol.
2	Inspeccionar e identificar el material. (PEPS)	Se usará código de colores y alfanumérico para fomentar el uso de primeras entradas primeras salidas.
3	Transportar la preforma a pie de máquina.	Evitar golpes a las preformas o algún daño que pueda afectar su forma física antes de ser vulcanizadas
4	Colocar molde en prensa.	Se debe corroborar que el molde no tenga movimientos oscilatorios al ser montado en la prensa.
5	Poner a punto las máquinas. Ajustar temperatura y presión.	Asegurar que la temperatura de los moldes y la presión de la prensa sean las correctas antes de proceder con el vulcanizado.
6	Agregar desmoldante al molde.	Se debe agregar desmoldante suficiente a cada una de las cavidades. No tiene que haber cavidades sin desmoldante.
7	Cargar preformas en molde.	La preforma debe estar de forma vertical dentro de las cavidades. Evitar a toda costa introducir la preforma en forma diagonal.
8	Vulcanizar	El operador debe estar atento durante el tiempo en que las prensas están vulcanizando la preforma. Si sucede algo anormal durante el proceso, se avisará de inmediato al supervisor.
9	Descargar producto semi terminado.	Se retira el material vulcanizado del molde cuidando que no se quede algún residuo dentro de las cavidades.
10	Inspeccionar el material vulcanizado.	Se inspecciona en base a los criterios establecidos por el área de calidad

Tabla 36 Ejemplo práctico de Manual de procesos, Fuente: Elaboración Propia

- Organizar su puesta en práctica: El supervisor tiene la responsabilidad de elaborar un programa de actividades en el cual involucre los días en los que se estará aplicando la propuesta, así como los nombres de los integrantes que colaboraran.
- Evaluar resultados: Una vez que se puso en práctica la gestión del conocimiento y la propuesta del manual, se evalúan los resultados actuales con los resultados históricos, esto con el objeto de medir el resultado de la puesta en práctica.

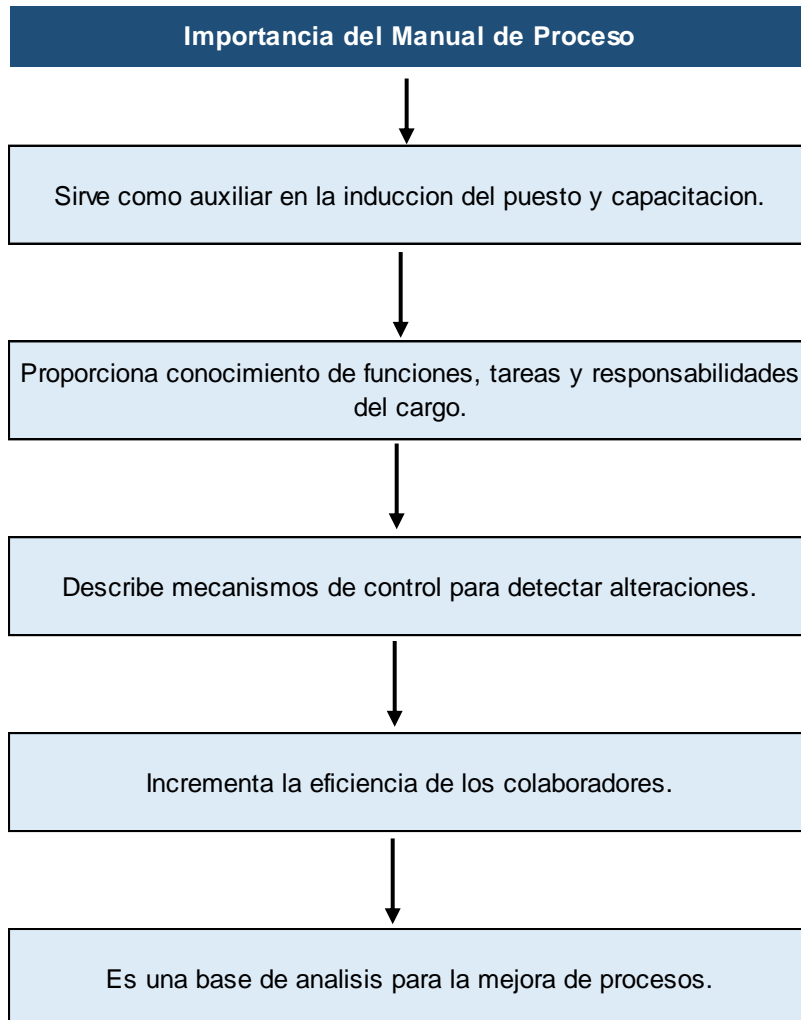


Ilustración 20 Fuente: Elaboración propia, Importancia de una manual de proceso

El contar con un manual de procesos, permite a una empresa estandarizar sus conocimientos para todo el personal. Sobre todo, es importante, ya que el producto y servicio entregado a los clientes será siempre el mismo, sin importar quien lo elabore. Es importante no solo documentar los procesos, sino capacitar al personal para lograr que se cumpla lo que está escrito.

Además, cuando los colaboradores tienen acceso al manual de procesos, conocen las implicaciones que tiene su cliente interno, al no recibir un producto conforme. Esto permitirá, además, disminuir las posibles fallas a la hora de producir tu producto o servicio. Es más fácil capacitar al personal cuando tienes un manual de procesos actualizado. Esto te permitirá que los nuevos colaboradores, empiecen leyendo el manual y se familiaricen con la forma de trabajo de la empresa. Un empleado capacitado, está motivado para realizar su trabajo. Por eso, se recomienda que la capacitación a los empleados sea constantemente.

La estandarización de procesos tiene el objetivo de unificar los procedimientos de las organizaciones que utilizan diferentes prácticas para el mismo proceso. Y como ya se ha mencionado antes, la herramienta para lograr una estandarización exitosa es el manual de proceso. Sin embargo, se tiene que asegurar que el manual de procesos propuesto este correctamente elaborado, de lo contrario esto no beneficiara al objetivo que es estandarizar.

En la siguiente imagen se muestra la clasificación del contenido de un manual.

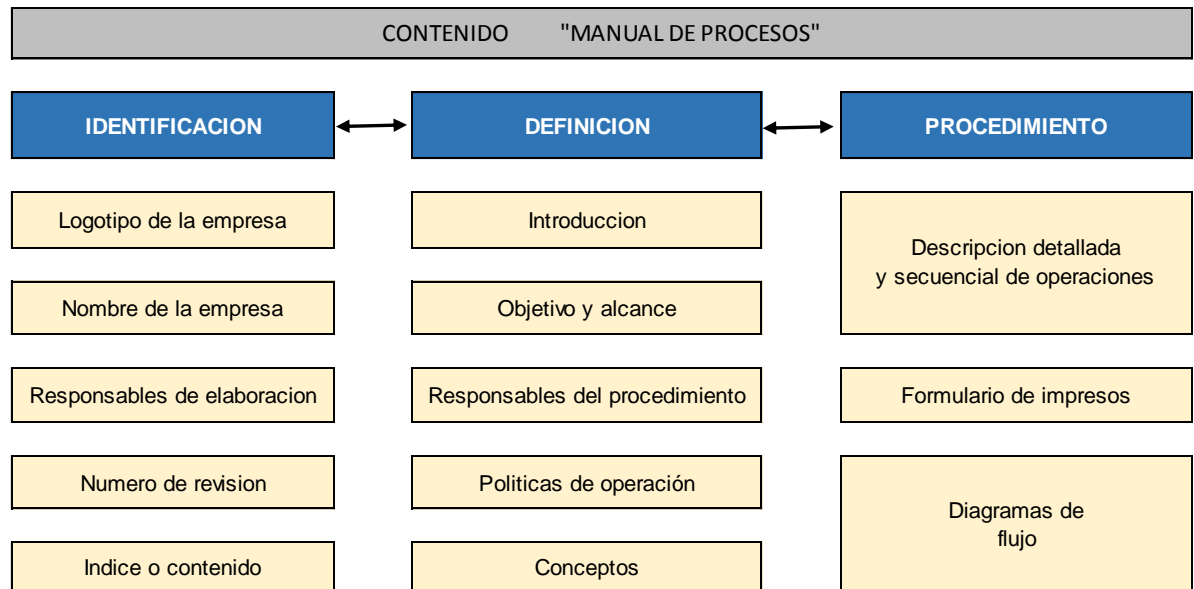


Ilustración 21 Contenido de una manual de procesos Fuente: Elaboración propia

Al implementar un manual de procesos de forma correcta en automático el proceso mantendrá las mismas condiciones y producirá los mismos resultados. Por tanto, si se desea obtener resultados consistentes es necesario estandarizar las condiciones de trabajo incluyendo materiales, maquinaria y equipo.

La idea es elevar la eficiencia del proceso, eliminando todas las actividades innecesarias, y buscar la secuencia más lógica, con el fin de mantener la tarea lo más sencilla posible siempre y cuando se asegure el cumplimiento del manual de proceso.

Los líderes o jefes de área deben demostrar interés en que se respeten los manuales, cotidianamente deben hacer verificaciones con nada unos de los empleados para retroalimentarlos en caso de que no se esté respetando el manual. (*Humberto. De la Vara Román. 2004*)

5.4 Propuesta de mejora para control de la presión en pistón de prensas

5.4.1. Diseño de experimentos Taguchi en proceso de Vulcanizado.

Se propone el uso de la herramienta de Ingeniería de Calidad Taguchi para el presente trabajo de Tesina específicamente para el proceso de Vulcanizado resultado del análisis AMEF, y con esta herramienta, estudiar las variables que intervienen en el proceso a través de un Diseño Robusto

Taguchi establece que la calidad de un producto debe ser medida en términos de abatir al mínimo las pérdidas que ese producto le trae a la sociedad, desde que inicia su fabricación hasta que concluye su ciclo de vida; estas pérdidas sociales se traducen en pérdidas de la empresa en el mediano y largo plazos. Asimismo, se plantea el enfoque al cliente (sociedad) en vez del enfoque al fabricante. Taguchi retoma el concepto del control de calidad fuera de línea (off line QC), planteando que la inspección y el control del proceso no son suficientes para alcanzar una calidad competitiva, y que los niveles elevados de calidad sólo pueden lograrse, en términos económicos, en las fases de diseño (producto y proceso).

El objetivo del diseño robusto de parámetros es lograr productos y procesos robustos frente a las causas de la variabilidad (ruidos), que hacen que las características funcionales de los productos se desvíen de sus valores óptimos provocando costos de calidad. El concepto parámetro se refiere a los parámetros del sistema, es decir, son los factores o variables del proceso. Decimos que un producto o proceso es robusto cuando su funcionamiento es consistente al exponerse a las condiciones cambiantes del medio.

El método del Dr. Taguchi para el diseño de experimentos utiliza técnicas que implican bajos costos y que son aplicables a los problemas y requerimientos de la industria moderna, como es caso de “**Bumper Automotriz**”, por lo que el propósito que se tiene al implementar un diseño de experimentos Taguchi es encontrar aquella combinación de factores (variables) que nos proporcione el desempeño más estable y confiable al precio de manufactura más bajo.

A) Estimar la contribución de los factores individuales que influyen en la calidad en la etapa del diseño del producto, en el caso del producto en estudio **Bumper**, se observa que en el proceso de vulcanizado, existen distintos factores íntimamente relacionados con las características críticas de la calidad, como es la presión que con ayuda de un diseño ortogonal nos permitiría comparar los niveles de los factores (ejemplo :presión vs tiempo, temperatura) bajo condiciones diferentes de la manera más eficiente.

B) Ganar la mejor condición para un proceso o un producto, así que las características en una buena calidad puedan ser sostenidas, buscando las condiciones ideales de presión para el proceso de vulcanizado.

5.4.2 Propuesta de formato Plan de Control Bumper Automotriz.

Número de parte/Último cambio de nivel - Part Number / Latest Change Level De acuerdo a matriz de cambios FR7.3-9 / According to changes matrix FR7.3-9		Equipo Central Sup. d'Recibos, Corte, Prod. Ingeniería, Calidad y M.anto. Core Team: Receiving, Cutting, Prod. Engineering, Q.A & Maintenance.		Aprobación Cliente/Ing./Fecha (S) se Req.) - Customer Engineering Approval/Date (If Req'd.)	
Número de parte/Descripción - Part Name / Description Suspensión automévil Bumper Automotriz		LEAR MTO GTE, PLANTA - P.L.T. MGR. GTE, CALIDAD - Q.A. MGR.		Aprobación Cliente/Calidad/Fecha (S) se Req.) - Customer Quality Approval / Date (If Req'd.)	
Proveedor/Planta - Supplier / Plant Lear Pantzacoa		GTE, ING. - ENG. MGR. GTE, PROD. - PROD. MGR.		Otra Aprobación/Fecha (S) se Req.) - Other Approval / Date (If Req'd.)	
Control - Control Part Number		Código proveedor - Supplier Code 9520		Fecha (Orig.) - Date (Orig.) February 18, 2005	
Nombre/Proceso / Descripción de la operación - Process Name / Operation Description		Características, Characteristics Producción REV. 19		Fecha (Rev.) - Date (Rev.) March 16 2019	
Máquina, Mecanismo, Herramientas de Manufactura - Machine, Device, Jig, Tools for Mfg.		Clas. de Caract. Espec. Clas. Especificación		Método de Control - Control Method Visual y/o Escalar	
Prensas de compresión molde Colocación de guía de máquina		Material handling Material Especificación		Ejemplo - Sample Medida - Size Frecuencia - Freq.	
4 VULCANIZADO -		Sin exceso material PR7.5.12-3/ according to method description		Plan de Reacción - Reaction Plan	

CONTROL DE CAMBIOS	
NIVEL	EMITIO
---	Elizabeth Campuzano
Emisión de documentos	
	FIRMA

Tabla 37 Fuente: Ejemplo de plan de control de la empresa "Bumper Automotriz"

5.4.3 Recomendación mejor practica de modelo de secuencia de proceso para la validación del AMEF y la integración de Plan de control actual Bumper Automotriz proceso Vulcanizado variable presión en pistón de prensas

Se recomienda tomar el modelo de secuencia de proceso para la validación del AMEF y Plan de Control para la empresa “**Bumper Automotriz**”, misma que está avalada por la AIAG (Automotive Industry Action Group) y la ASQC (American Society for Quality Control) en base a la mejor practica para controlar los estándares de la industria Automotriz en su metodología y estructura, que abarca el proceso completo, esto es, desde la entrada de material hasta el embarque de producto final al cliente. Define: Qué puede fallar, Qué es lo que pasa cuando la falla ocurre, Qué tan seguido ocurre la falla, Qué tan bien puede la falla ser detectada si esta ocurre , así como también en el Plan de Control se recomienda incorporar número de proceso-número de parte , nombre del proceso-descripción de la operación , maquina-mecanismo herramientas de manufactura , características del producto , especificaciones y tolerancias del producto , evaluación técnicas de medición , (Visual o Escalar) , tamaño , frecuencia de las mediciones , método de control (Autoinspección , Validación de primera pieza y lo más importante Plan de Reacción (notificar al supervisor y/o líder del grupo y parar el proceso , si el operador detecta un defecto , detendrá su estación del trabajo , revisara el flujo , retrabajara el material defectuoso y reestablecerá el proceso , si la pieza no es aceptada por el Auditor de Calidad , identificar el defecto y notificar al operador y líder del grupo de producción para realizar las acciones necesarias , etc. (ver Propuesta de Formato Plan de Control)

el AMEF y Plan de Control son documentos “**vivos**”, deben de actualizarse cada vez que se tenga una queja de cliente, que se detecten nuevos modos de falla o se implementen nuevos cambios y controles.

Uno de los factores más importantes para la exitosa implementación de los programas AMEF y Plan de Control es oportunidad. Esto significa que son acciones “antes de evento” y “no ejercicio después del hecho”.

En base al Análisis de Modo Potencial de Falla y Efecto (AMEF) que se realizó en la empresa “**Bumper Automotriz**” se observa el modo de falla de falta de presión en prensas y la falta de control en la medición en el sistema neumático para la alimentación la presión en las prensas en el proceso de manufactura vulcanizado , se concluye que la prioridad de riesgo es muy alta (700 ,300) en el AMEF ,originando **Bumper** con defectos , se recomienda revisar y actualizar en el Plan de control actual del proceso Vulcanizado **Bumper** Automotriz FPI-0105-1 emisión 2004 , revisión 01 , incluir la variable de presión en prensas y medición de la presión en el sistema para el proceso de vulcanizado y lo más importante , incluir Plan de Reacción como se describió previamente, por tanto , en base a la metodología seis sigma se integra el efecto Sinérgico en el AMEF y Plan de Control , acción pensada para modo de falla variable presión en pistón de prensas , pero esta acción me puede solucionar otro modo de falla mejorar o disminuir el impacto de esta otra en la medición del sistema de la presión, atacar los modos de falla más altas identificado las causas, y que otras se disminuyen de manera directa.

5.4.4 Recomendaciones para reducir la variabilidad en la medición de la presión en el pistón de prensas en el proceso de Vulcanizado y su integración al Plan de Control

Recomendaciones para integración del Plan de Control en el proceso de Vulcanizado para la variable de Presión en pistón de prensas y su integración en la medición de la presión

1. Realizar un plan de control con un Equipo Central Multidisciplinario
2. Realizarlo en español e inglés, para fines de auditorías externas por parte de IATF 16949 Industria Automotriz
3. Colocar un contacto llave de la organización para reacción y control
4. Revisar y actualizar el plan de control cada 3 meses con base a los Indicadores KPI control de producto no conforme, Índice de defectuosos, Cpk, PPM (partes por millón) mismos indicadores que evaluarán la variabilidad en el proceso vulcanizado
5. Realizar una validación de las líneas que suministran presión neumática a través del proceso de Vulcanizado, donde se verifique la presión del sistema y se mida la presión de entrada y la presión de salida en cada parte del sistema y calcular si existe una pérdida de presión del sistema
6. Hacer un balance de línea de vulcanizado por cada máquina y operador, donde se determine el número de manómetros necesarios para realizar las mediciones que aseguren la presión de inyección que requiere el molde para fabricar la partida 3110 y 3112 y su velocidad de inyección
7. . - Realizar un formato para cada máquina de prensa de Vulcanizado, donde se registre la variable de Presión de Entrada y Presión de Salida que corresponde al diseño del molde y al valor de Dureza que requiere el cliente (C to Q)
8. . - En base a un Control Estadístico de Proceso, realizar Graficas de Control para medir variable Presión de promedios y rangos (X promedio) (R) en el Vulcanizado y gráficamente ver el comportamiento del proceso de Vulcanizado para la variable de presión que tiene correlación con Dureza **Bumper**
9. Verificación instrumentos Manómetros. Comprobador de manómetros portátil: utiliza la misma bomba empleada en el comprobador anterior y se utiliza para comprobar manómetros e instrumentos de presión, utilizando un manómetro patrón
10. Se recomienda un programa de calibración de manómetros con proveedor acreditado EMA
11. Realizar un estudio de Análisis de Sistema de Medición para validar el sistema para las diferentes variables fundamentales, la presión en nuestro caso con estudios R&R para mediciones continuas para determinar si el error de medición es pequeño y aceptable relativo a la variación del proceso o especificación producto y determinar la confianza de la " certeza de los datos

Conclusiones

Por medio de la aplicación de la metodología **Seis Sigma** se encontraron las causas principales a los problemas que influyen en la cantidad de scrap que se genera en “**Bumper Automotriz**”, esto con ayuda de las herramientas y las fases a seguir, lo que ayudó a generar una buena planificación del proyecto.

Se generaron propuestas de solución para cada una de las principales causas del problema identificado.

- a) Para los problemas de **falta de presión en los pistones de las prensas y cuchillas desgastadas en máquina de extrusión**, encontramos que estas dos causas potenciales de falla tenían un problema en común, que era la falta de mantenimiento, y que además se debe generar otro análisis de las causas de falla respectivamente, por lo que encontramos que la herramienta de RCM, ayudaría a desarrollar los dos puntos antes mencionados, pues con esta herramienta se generará un modelo de mantenimiento específico y cambios en los controles, según las características de cada máquina, cabe mencionar, que la implementación de esta herramienta no solo ayudará a dar solución a estas causas, sino que además mejorará otros problemas.
- b) Para la **falta de estandarización del método en el proceso de vulcanizado**, se generaron las recomendaciones pertinentes a tomar en cuenta en el Manual de procedimientos que se propone realice la empresa, y de este modo puedan apegarse al método estándar, todo esto con el fin de evitar el error humano, que es parte de la causa de la generación de scrap.
- c) Para el problema de **falta de capacitación a operarios** se propuso un plan verdaderamente funcional de capacitación, en el que se siga un método (también propuesto), para capacitar correctamente a los operarios, identificamos que es además importante que las personas que se identifiquen como aptas para capacitar por el área de recursos humanos, reciban un entrenamiento en cómo se debe capacitar correctamente, de manera que se abarquen todos los aspectos importantes a saber del nuevo puesto, como es mostrarles el método estandarizado (propuesto anteriormente), y las normas de seguridad.
- d) Por último, dentro de las propuestas para solucionar **la falta de control** que tienen sobre la **presión**, una de las variables del proceso más importantes, encontramos el diseño de experimentos Taguchi, un análisis que ayudara a conocer la mejor manera de controlar, no sólo la variable de presión, sino todas las variables que impactan directamente en la fabricación del **Bumper**, por otro lado, encontramos que al plan de control con el que la empresa cuenta, se le deben incluir actividades para asegurar un buen seguimiento de las variables del proceso, la presión siendo la principal, y así identificar las deficiencias y corregirlas.

Con la aplicación de las propuestas de mejora presentadas con base en el análisis AMEF se proyecta una reducción del scrap generado que actualmente representa 2,434 kg a solo 347kg en un periodo de 8 meses, mejorando el rendimiento de 95.1% a 99.3%y con lo cual el nivel actual de **3 σ** incrementaría a **4 σ** .

A continuación, se presenta la tabla comparativa:

ID 3012 & 3010	Actual	Proyectado
Producción Total kg	49,531	49,531
Scrap Total kg	2,434	347
PPM	49,142	7,000
Rendimiento	95.1%	99.3%
Sigma	3σ	4σ

Tabla 38 Fuente: Elaboración propia

El ahorro equivalente a la reducción de 2,087 kg de scrap correspondientes a un periodo de 8 meses es de \$ 108,998 MXN y de forma anualizada se eleva a \$ 163,497 MXN anual.

Así mismo, derivado del hallazgo como causa más crítica la falta de presión se considera que el beneficio de la aplicación de las propuestas presentadas puede expandirse a otros productos que son fabricados en las prensas y presenten problemas similares.

Referencias

1. Gutiérrez Pulido H. (2008) Análisis y diseño de experimentos. Editorial Mc Graw Hill Segunda edición México.
2. Stebbing L. (1991). Aseguramiento de la calidad, el camino a la eficiencia y la competitividad". Editorial Continental. México.
3. Socconini L. (2016). Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios. Barcelona, España: ICG Marge Books.
4. Sosa D. (2004). Conceptos y herramientas para la mejora continua. Editorial Limusa. México.
5. Cabero M. (2011- 2013). Control estadístico de la calidad, Universidad de Salamanca Sitio web: <http://ocw.usal.es/ciencias-sociales-1/control-estadistico-de-la-calidad> Tema 3
6. Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation (2005). Control estadístico de proceso. Manual de referencia Segunda edición Estados Unidos.
7. Castillo R. (2012). Desarrollo del capital humano en las organizaciones. Tlalnepantla, Estado de México: Eduardo Durán Valdivieso, págs. 12-20
8. Ilzarbe, L., Tanco, M., Viles, E., & Alvarez, M. (2007-2008). El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos. Aplicación de la metodología al caso de una catapulta. febrero del 2019, de Tecnura Sitio web: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257021012011> pp. 127-138
9. Vazquez J. (2005) Filosofía 6 sigma, una metodología para mejorar la calidad de productos y servicios en el sector productivo. En Tesis (3, 11) México D.F.: IPN
10. ÁLVAREZ, Alberto, MARTÍS, Ramiro, ALONSO, Javier, ALBAÑIL, Pablo, CATALÁN, Carlos, PASCUAL, Miguel A. (2012). Gestión por procesos: casos prácticos. Servicios de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. España.
11. Instituto Uruguay. (2009). Herramientas para la mejora de la calidad. Montevideo, Uruguay: UNIT.
12. Training within industry. (2017). Instrucción de trabajo JI. Schneider Electric. Estados Unidos de América
13. Roger Burghall, Vince Grant and John Morgan. (2014). Lean Six Sigma Business Transformation for Dummies. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
14. ÁLVAREZ, Martín G. (1996). Manual para elaborar manuales de políticas y procedimientos". Panorama Editorial. México.
- 15 Diseño y Creatividad 3 Modelo Kano Apr 14, 2011
<https://es.scribd.com/document/14599651/modelo-kano> : fecha de consulta :febrero del 2019
16. Mike Brother & John Shook. (1999). Observar para crear valor. Brookline, Massachusetts, EUA: The Lean Enterprise Institute.
17. Edgardo J. Escalante Vázquez. (2005). Seis-Sigma: México: Metodología y técnicas. Editorial Limusa.

18. Ferreira da Silva M. (2006). Técnicas participativas. En Introducción a las técnicas cualitativas de investigación aplicadas en salud (75-78). Barcelona, España: Bellaterra.
19. THOMAS PYZDEK. (2003). The Six Sigma Handbook. Estados Unidos de América: McGraw-Hill.
20. Thomas Pyzdek. (2003). The Six Sigma Project Planner. Estados Unidos de América: McGraw-Hill.
21. Análisis de Modos y Efectos de Falla Potenciales (AMEFs) Julio 2001, Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation
- 22 Instituto Tecnológico de Querétaro. Unidad San Joaquín, Ing. Miguel Hernández Mendoza junio de 2015
- 23 Tecnológico Monterrey Certificación en Six Sigma Black Belt M. en C. Lizbeth Rueda Blanco, Febrero 2018