



® SEP

SES

TecNM

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA

“PROYECTO DE MEJORA EN GARANTÍA DE VEHÍCULOS
PRODUCIDOS EN LA PLANTA ENSAMBLE DE UNA EMPRESA
AUTOMOTRIZ POR PROBLEMA DE EXPERIENCIA DE MANEJO
EN UNIDADES, VOLANTE FUERA DE POSICIÓN”

OPCIÓN VII

“MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:
ABEL CRUZ GALLEGOS
No. CONTROL:
01280954

ASESOR:
ING. GILBERTO FLORES ALARCÓN

METEPEC, ESTADO DE MÉXICO, FEBRERO DE 2020



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Tecnológico de Toluca



2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria

Metepec, Edo. De México, 28/Enero/2020
INGENIERÍA INDUSTRIAL
I.I.350.94.2020

ING. MIGUEL ÁNGEL TERRAZAS MAGAÑA
JEFE DE LA DIV. DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio le informo a usted, que la Comisión Revisora designada para analizar el trabajo profesional denominado: **"PROYECTO DE MEJORA EN GARANTÍA DE VEHÍCULOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA ENSAMBLE DE UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ POR PROBLEMA DE EXPERIENCIA DE MANEJO EN UNIDADES, VOLANTE FUERA DE POSICIÓN"**, que presentó el alumno: **ABEL CRUZ CALLEGOS** de la carrera de ingeniería industrial, con número de control **01280954**, en la Opción **VII MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL**, para sustentar el Acto Recepcional Profesional, ha dictaminado que dicho trabajo reúne las características de contenido necesarios para proceder a la impresión del mismo.

Sin otro particular por el momento, quedamos de usted.

ATENTAMENTE

M. EN T. E. GILBERTO FLORES ALARCON
ASESOR



M. EN A. MARTHA PATRICIA PÉREZ DOMÍNGUEZ
REVISORA

M. EN T. E. CLAUDIA GEORGINA SANTISTEBAN
ALCÁNTARA
REVISORA

DR. MANUEL GONZÁLEZ DE LA ROSA
REVISOR

CMML*aar



Av. Tecnológico S/N, Col. Agrícola Bellavista, C.P. 52149
Metepec, Estado de México. Tels. Dirección (01722) 208 7205, Subd. Académica 208 7207.
Subd. de Planeación 208 7206, Subd. Administrativa 208 7208, Conmut. 208 72 00
e-mail: info@toluca.tecnm.mx, www.toluca.tecnm.mx



Número de registro: RPRL-072
Fecha de inicio: 2017-04-10
Término de la certificación: 2021-04-10



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Toluca

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Metepec, Edo. de México, **06/febrero/2020**

División De Estudios Profesionales
Asunto: Autorización De Impresión De Trabajo Profesional

C. ABEL CRUZ GALLEGOS
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

De acuerdo con el Reglamento de Titulación del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, dependiente de la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora realizó, con respecto a su trabajo profesional en la OPCIÓN VII: MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL, con el tema denominado: "PROYECTO DE MEJORA EN GARANTÍA DE VEHÍCULOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA ENSAMBLE DE UNA EMPRESA AUTOMOTRÍZ POR PROBLEMA DE EXPERIENCIA DE MANEJO EN UNIDADES, VOLANTE FUERA DE POSICIÓN". La División de Estudios Profesionales concede su autorización para que proceda la impresión del mismo.

ATENTAMENTE

Educación, integridad y ciencia

ING. MIGUEL ÁNGEL TERRAZAS MAGAÑA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES



MATM*mpdp*



Av. Tecnológico S/N. Col. Agrícola Bellavista, C.P. 52149
Metepec, Estado de México. Tels. Dirección (01722) 208 7205, Subd. Académica 208 7207,
Subd. de Planeación 208 7206, Subd. Administrativa 208 7208, Conmut. 208 72 00
e-mail: info@toluca.tecnm.mx, www.toluca.tecnm.mx



Número de registro: SPPL-072
Fecha de inicio: 2017-04-10
Término de la certificación: 2021-04-10



ISO 9001:2015
CERTIFIE

A mi esposa María del Carmen por apoyarme siempre, en las malas, las buenas y las mejores!

A mis papás Abel Cruz R. e Irene Gallegos Vázquez por formarme y apoyarme en la vida y en los estudios. A mi hermano Adrián Cruz por ser quien es y por toda su ayuda y compañerismo.

RESUMEN:

El siguiente trabajo de investigación señala los fundamentos de las técnicas empleadas para la solución de problemas, basadas en los principios de Calidad Total a través de metodologías aplicadas para la mejora continua. En él, se establecen diversas filosofías de escritores y precursores de la calidad, basados en artículos bibliográficos que describen detenidamente un proceso de mejora continua como una forma de trabajo en el que a través de herramientas y técnicas es posible la reducción de desperdicios, para de ésta manera incrementar la productividad con los recursos mínimos necesarios.

Exploraremos conceptos de calidad básicos y precisos para hondar en un problema presentado en la Industria Automotriz por consumidores que externaron sus quejas para señalar que su automóvil poseía una característica que no estaban dispuestos a seguir teniendo; en la experiencia de manejo reportaban que el volante no estaba completamente centrado mientras manejaban en línea recta, teniendo que asistir a un distribuidor para corregir éste problema.

Hablaremos de conceptos enlazados entre Calidad Total y el sistema de Calidad de la Empresa automotriz, el WCM que por sus siglas en Ingles World Class Manufacturing, representa un resumen de distintas herramientas para la mejora continua, haciendo hincapié en documentos históricos, que nos remontan al inicio de la revolución Industrial o a principios japoneses que hasta la fecha son utilizados para dar soluciones en las compañías manufactureras.

Así mismo se presentan conceptos básicos de alineación de vehículos, incorporados de manera simultánea en las llantas: camber, cáster y toe que serán constantes a lo largo del entendimiento del problema y de la solución del mismo. Se expone de igual manera todos los componentes que intervienen en la alineación de los automóviles y que a través de herramientas como el análisis de causa raíz, se puede discernir para encontrar y solucionar el problema.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	5
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	7
OBJETIVOS.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	9
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	11
1.1. Técnicas y procedimientos de control de calidad	11
1.1.1. Calidad.....	11
1.1.2. Calidad total.....	13
1.1.3. Control de calidad	17
1.1.4. Herramientas de control de calidad	18
1.1.4.1. 5S	18
1.1.4.2. Six Sigma.....	21
1.1.4.3. Análisis de causa-raíz (RCA).....	28
1.1.4.4. Control estadístico de procesos (SPC)	29
1.1.4.5. Teoría de restricciones (TOC)	29
1.1.4.6. Mantenimiento productivo total (TPM)	29
1.1.4.7. Círculos de calidad	30
1.1.4.8. Sistema de administración (PDCA).....	30
1.1.5. Gestión de calidad total	30
1.1.5.1. Elementos de gestión de calidad total	31
1.1.5.2. Principios de la gestión de calidad total	32
1.2. Kaizen (Estrategia del Mejoramiento Continuo).....	35
1.2.1. Principios rectores	39
1.2.2. Metodología	40
1.3. Manufactura Lean (TPS).....	44

1.3.1. Antecedentes.....	45
1.3.2. Objetivos.....	46
1.3.3. Beneficios	47
1.3.4. Proceso.....	48
1.3.4.1. Tiempos de espera	48
1.3.4.2. Transporte	48
1.3.4.3. Inventarios	48
1.3.4.4. Sobreproceso	48
1.3.4.5. Mermas.....	49
1.3.4.6. Sobreproducción.....	49
1.3.4.7. Movimientos innecesarios.....	49
CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO Y ACTIVIDADES REALIZADAS.....	51
2.1. Antecedentes de los neumáticos y el sistema de dirección vehicular.....	51
2.1.1. Cámbor	56
2.1.2. Cáster	56
2.1.3. Toe.....	57
2.2. La alineación de las ruedas de un coche.....	57
2.2.1. Definición de alineación de neumáticos.....	58
2.2.2. Consecuencias de una mala o nula alineación.....	58
2.2.3. Tipos de desalineado de neumáticos.....	59
2.2.4. Cuándo realizar la alineación de los neumáticos.....	60
2.3. Balanceo.....	60
2.4. Aseguramiento de la calidad de la alineación en una planta ensambladora automotriz	62
2.4.1. Referentes de la planta ensambladora automotriz	62
2.4.2. Organización y funciones del departamento de calidad.....	64
2.4.3. Aseguramiento de calidad de la alineación de vehículos.....	65

2.5 Problemática de Calidad en la Alineación	66
2.5.1 Planteamiento del problema	67
RESULTADOS VS OBJETIVOS	72
Identificación del problema	73
Establecimiento de metas de calidad	73
Análisis situacional	84
Acciones correctivas para mejora de la calidad	88
Verificación de las mejoras en calidad	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	99
COMPETENCIAS GENÉRICAS.....	99
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	101

INTRODUCCIÓN

A finales de 2003, refiere Vicencio (2007), profesor de la Universidad Iberoamericana en la Ciudad de México, el entonces presidente del país, Vicente Fox Quesada, publicó el decreto para el apoyo de la competitividad de la industria automotriz terminal y el impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles. Su propósito fue el de estimular la mejora de diversos rubros en cuanto a la producción y comercialización de sus productos, a fin de impulsar el crecimiento del sector en el país; pero, primordialmente, beneficiar a los consumidores con vehículos de una mejor calidad y un mayor rendimiento.

A partir de entonces, se implementaron estrategias y acciones concretas tendientes a consolidar la competitividad bajo estándares internacionales de la industria automotriz en México. De acuerdo con Vicencio (2007), esto se basa en aspectos tales como en el aprovechamiento de la ubicación geográfica del país; la ampliación de su infraestructura; el incremento de acuerdos comerciales; así como la disponibilidad de mano de obra calificada. Todo ello, en aras de establecer perspectivas favorables para el contexto general en que se desenvuelve el mercado de automóviles en México, dados los altos estándares de competitividad y productividad existentes en el panorama mundial.

En este sentido, requiere de una especial atención la adopción e implementación efectiva de sistemas de calidad que respondan adecuadamente a las altas exigencias actuales que imperan en el mundo globalizado de hoy. Vicencio (2007) menciona que, por más de dos décadas, las empresas automotrices en México se han centrado en la certificación de sus sistemas de calidad, a partir de las distintas normas ISO 9000; aunque *“son pocas las organizaciones que han logrado elevar sus niveles de calidad, en virtud de que estas certificaciones se han quedado sólo en el papel, al cumplirse el protocolo enmarcado dentro de las normas ISO 9000, pero no se han reflejado en los productos que salen de las líneas de producción en forma importante”* (Vicencio, 2007, s.p.).

De este modo, plantea Vicencio (2007), la alta gerencia de las organizaciones pertenecientes al mercado automotriz en México deben esforzarse por implementar sistemas de calidad efectivos que lleven en verdad a la práctica aquel postulado de que el mantenimiento de altos estándares de calidad significa que se están relacionando debidamente la procuración de productividad, por medio de tales sistemas, con una rentabilidad apropiada para dichas organizaciones.

En el diseño, operación y evaluación de sistemas de calidad altamente eficaces, el empleo de los principios y de las técnicas de operación respecto a la denominada *Manufactura Lean* posee una amplia aceptación en diversos ramos del ámbito de la manufactura alrededor del orbe. Uno de esos campos bastante recurridos en la actualidad es el de la fabricación de automóviles, en opinión de Cabrera (2012), especialista español en estrategias de calidad; dado que la Manufactura Lean, también conocida como *Sistema de Producción Toyota* (TPS, por sus siglas en inglés), surgió precisamente en dicha empresa reconocida mundialmente por la calidad de los vehículos que produce.

Amaro (2007), profesional en operaciones, define el Lean (o TPS) como un sistema de producción derivado del concepto japonés relacionado con el mejoramiento continuo (*Kaizen*). A diferencia del *Kaizen*, el Lean (TPS) se centra en el control de la cantidad, a fin de eliminar residuos y reducir costos; además de tener en cuenta el control de la calidad como tal. Por tanto, desde el punto de vista de Amaro (2007), el objeto del Lean (TPS) consiste en la mejora y agilización de la producción, mediante la eliminación de cualquier desperdicio cuantificable en relación con los procesos productivos involucrados. En suma, la Manufactura Lean (TPS) se refiere al conjunto de recursos innecesarios, o improductivos, dentro de esas áreas claves de operación que en específico no resultan imprescindibles para el proceso global y definitivo de producción (Amaro, 2007).

“Su finalidad es crear círculos virtuosos de separar lo que no es útil, hacer orden mediante la clasificación de los elementos que constituyen nuestro entorno de trabajo, limpieza del lugar, del medio circundante y del equipo que se usa diariamente; y una vez que se ha realizado lo anterior, el establecimiento de

procedimientos que permitan la normalización de nuestras actividades y costumbres diarias”.

(Cabrera, 2012, p. 21)

Derivado de lo anteriormente expuesto, la presente investigación tiene la finalidad de exponer los fundamentos teóricos y procedimentales sobre una metodología de control de calidad implementada en una planta ensambladora de automóviles, por medio de una memoria de experiencia profesional puesta a disposición de alumnos y profesores de Ingeniería Industrial, así como de todas aquellas personas interesadas en conocer los parámetros básicos de aplicación de la Manufactura Lean (TPS) a partir de un caso práctico, representado por un proyecto de mejora en garantía de vehículos fabricados con el volante fuera de posición.

El primer capítulo de la tesis presenta los fundamentos teóricos de la estrategia de mejora continua Kaizen y de la Manufactura Lean (TPS), como derivación de aquella, exponiendo sus características más sobresalientes y los criterios centrales por considerar en cada una, para su óptima aplicación en determinada línea de producción, a fin de propiciar la fabricación de unidades automotoras que cumplan con altos estándares de calidad internacionales.

El segundo capítulo se orienta a la descripción del contexto y de los factores que enmarcan este trabajo académico. Se exponen los principios administrativos funcionales y operativos de una planta ensambladora de automóviles; así como sobre las atribuciones y responsabilidades del departamento de calidad existente en dicha planta ensambladora. Se complementa la información provista con referencias básicas sobre la alineación de unidades automotoras, mostrando primordialmente temas tales como: alineación, balanceo, cámbier (ángulo de inclinación o de caída de las ruedas de un vehículo), cáster (ángulo de incidencia de los pivotes de las llantas delanteras) y toe (escala de alineación estándar para un vehículo con un ángulo preferido de empuje igual a cero).

Así mismo, dedicado al método implementado, se centra en la definición de la problemática identificada que motivó el diseño, operación y seguimiento del proyecto en mejora en garantía de los vehículos fabricados en una planta

ensambladora de automóviles; debido a una alineación deficiente, ya sea por un ajuste mecánico inadecuado de las piezas o porque la técnica correspondiente no se llevó a cabo de manera correcta, ocasionando una mala experiencia de manejo en las unidades afectadas. Asimismo, se desarrollan los demás elementos propios de la metodología: objetivos, supuestos, alcances, limitaciones y justificación del proyecto.

En el tema Problemática en Calidad de la Alineación se contiene el desarrollo de cada una de las fases de diseño y ejecución del proyecto referido de mejora en garantía de vehículos fabricados con el volante fuera de posición. Se implementó a través de una metodología Kaizen de tipo avanzado, aplicando las siguientes herramientas: 5G, 5W+1H, 5 WHY, 4M+1D, PARETTO, SOP, OPL, 7QC TOOLS, QA MATRIX, 7Q STEPS, CP&CPK, GR&R y PPA. Fue llevado a cabo como resultado de la identificación de un número mayor de clientes afectados por la alineación deficiente de fábrica en sus coches adquiridos, viéndose obligados a enviar sus unidades a reparación por concepto de jalamiento y por volante no centrado correctamente. El proyecto mencionado se enfocó en la verificación de calidad y en reparaciones necesarias. Los componentes del proceso de alineación que se consideraron fueron: Llantas, suspensión, amortiguadores, carrocería, cuna del chasis, cubierta de la suspensión, volante, especificaciones de medición, prueba Kemkraft y columna de dirección. Asimismo, se tomó en cuenta la distribución de cada uno de los componentes de ensamble vehicular en el área de producción automotriz.

Y finalmente las conclusiones y recomendaciones pertinentes al proyecto llevado a cabo. En aquél se puntualiza el análisis de los diversos indicadores considerados en las mediciones efectuadas durante el desarrollo del proyecto de mejora en garantía de vehículos fabricados con el volante fuera de posición. Además de ofrecerse ciertos lineamientos derivados de la Manufactura Lean (TPS) por tenerse en cuenta dentro de la línea de producción en una planta ensambladora de automóviles; con la finalidad de que se asegure la calidad de las unidades allí producidas, apegándose cabalmente a los estándares de calidad que se precisan en la alineación de los vehículos para garantizar la satisfacción del cliente.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Siendo el tema a desarrollar el problema de vehículos automotores con volante descentrado, es conveniente indicar que históricamente la empresa de donde se desarrolló el proyecto cuenta con más de 50 años elaborando en México vehículos para lograr la satisfacción del cliente, innovando año con año en las expectativas que deposita en cada uno de los compradores para poder solventar sus necesidades.

A lo largo de los 50 años, diversos modelos han salido a la venta, para cada tipo de familia; sedán, convertibles, camionetas, pick ups y muy recientemente además vehículos eléctricos, gracias a la unión con una empresa del mismo ramo, pero de origen europeo, distinguiéndose de ésta manera como uno de los 3 grandes imperios automotrices del mundo.

Dentro de la Empresa, diversas áreas son las encargadas de llevar a cabo y cumplir la producción de los autos mediante un sistema de trabajo, siempre procurando sobre todo la seguridad de cada uno de los integrantes de la compañía, salvaguardando su integridad sobre todas las cosas. Este sistema de producción fue adoptado gracias a la recién fusión antes mencionada, cuyo principal propósito es atacar las principales pérdidas monetarias dentro de la planta. Los “desperdicios” conocidos así por fugas de dinero que la empresa está dejando de ganar debido a no aprovechar los recursos disponibles para poder realizar la producción de los vehículos, son el objetivo primordial de éste método de trabajo; WCM, que por sus siglas en inglés significa Manufactura de Clase Mundial.

Es mediante ésta metodología de trabajo la indicada para atacar desperdicios, que en ésta ocasión abordaremos por el tema de garantías. Una de los departamentos encargados de verificar constantemente la garantía de los vehículos es el área de Calidad, la que está encargada de liberar bajo los criterios y procedimientos de óptima funcionalidad los coches.

Sin embargo, es precisamente por el no aprovechamiento de los recursos de forma correcta, la que repercute en algunas instancias la calidad de los vehículos.

Tratar de ahorrar recursos de manera tal que afecte la calidad de los vehículos, no es la mejor alternativa para cubrir con la satisfacción de los clientes.

Dicho de ésta forma, es imperativo poder contar con una revisión mensual de los indicadores de garantía, medir el grado de satisfacción de los clientes y poder identificar de ésta forma aquellos procesos que deben ser tomados en cuenta para minimizar el impacto ante los consumidores. Estas revisiones a los procesos, deben reflejar posteriormente mejoras en la percepción de los coches ante los clientes, y se vuelven a medir basados en las mejoras que se realizan a los procesos.

Es así como se manifiesta la mejora continua tal y como lo describe Deming en sus innumerables escritos de calidad bajo el principio de “lo que no se mide, no se puede mejorar”.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como lo habíamos mencionado con anterioridad, la satisfacción del cliente es crucial, ya que además de mejorar la administración de los recursos, asegura en los compradores, una buena reputación de las marcas bajo la empresa que las produce. En éste caso de investigación, se encontró que los clientes reportaban problemas en sus unidades relacionadas a un mal manejo dentro de ellas. imaginemos un poco la adquisición de nuestro primer vehículo, aquel que añoramos por ser el que iniciábamos en éste recorrido de madurez, y por el cual, satisfacería nuestra necesidad de transportarnos dentro del orbe de la sociedad, pero que, al momento de manejarlo, se sintiera que algo no va bien, que el vehículo no se mantiene en línea recta mientras lo vamos conduciendo. Por unos instantes el problema no parece mayor, tomamos el volante de nueva cuenta con las manos y corregimos el rumbo, pero, por cuánto tiempo o cuántas veces tendremos que corregir éste comportamiento erróneo del vehículo cada que los manejamos?

Describiremos en capítulos posteriores aquellos puntos principales de un proceso de alineación, de los cuales dentro de la empresa se miden y controlan, sin embargo, existen factores propios del proceso de alineación con variaciones, los equipos de inserción de las suspensiones, la carrocería, las llantas y hasta dentro de los procesos de inspección, el mismo evaluador del coche antes de entregarlo como Unidad completamente terminada.

Las correcciones a los procesos productivos en el caso de garantía tardan alrededor de 3 meses para que se vea reflejada la mejora, de tal manera que una acción de corrección no tomada a tiempo, refleja a través del tiempo diversas fallas que más y más clientes notarán sino se corrige a tiempo y bajo los conceptos de Calidad establecidos por la empresa.

OBJETIVOS

Objetivo General

Definir una estrategia con su correspondiente instrumento, con base en el Kaizen y la Manufactura Lean, para asegurar la calidad de la alineación en los vehículos de la planta ensambladora, sin fallas ni mermas; lo que reduzca los reportes por fallas en garantía que ocasiona el jaloneo del vehículo mientras es conducido de manera recta o al hacer girar el volante durante el manejo; reducir las variaciones dentro de los procesos de alineación de vehículos producidos en la empresa automotriz, para reducir las condiciones de garantía ocasionados por problemas de jalamiento en las unidades mediante el uso del sistema de WCM para la eliminación de desperdicios.

Objetivos Particulares

Dentro de los objetivos particulares estableceremos los siguientes:

- a) Establecer los instrumentos y las estrategias de Kaizen y de Manufactura Lean de aseguramiento de la calidad que se utilizarán.
- b) Definir el procedimiento a seguir para asegurar la calidad en la alineación de los vehículos producidos por la planta ensambladora, sin fallas ni mermas.
- c) Aplicar el procedimiento de aseguramiento de calidad en la revisión de los vehículos producidos por la planta ensambladora.
- d) Verificar que con el procedimiento implementado se redujeron los reportes por fallas en garantía ocasionados por jaloneo del vehículo al ser conducido de manera recta o al hacer girar el volante en movimiento.

JUSTIFICACIÓN

Las deficiencias de calidad y de garantía son errores no deseados en cualquier proceso de producción; en función de que generan desperdicios diversos, no únicamente de materia prima, sino también de energía, recursos humanos y tiempo, entre otros. Ello se traduce directamente en pérdidas económicas que impactan el bienestar y el desarrollo de la organización; además de perjudicar seriamente su imagen y credibilidad ante sus clientes, principal motor de su posicionamiento en el mercado.

Las metodologías Kaizen y Manufactura Lean son reconocidas y aplicadas alrededor del mundo por importantes empresas e industrias dedicadas a la generación de bienes y servicios con altos estándares de calidad centrada en la plena satisfacción del cliente. La aplicación de las metodologías referidas permite identificar las condiciones en que se suscitan problemáticas en los procesos de producción y que son ampliamente susceptibles de provocar inconformidades entre los consumidores de dichos bienes y servicios, a fin de aminorarlos paulatinamente hasta erradicarlos por completo.

De este modo, el uso de los principios y técnicas de operación del Kaizen y de la Manufactura Lean cuentan con bastante difusión y aceptación en la industria de la manufactura mundial. Existen en la actualidad ejemplos de aplicaciones exitosas de estas técnicas en muy diferentes tipos de industria alrededor del orbe; desde la manufactura de componentes, armado de motores para aviones y fabricación de automóviles, hasta la fabricación de guitarras acústicas de alta calidad. Incluso en México, un importante número de medianas y grandes empresas de manufactura están embarcadas actualmente en la implementación de alguna técnica del Kaizen o de la Manufactura Lean.

El mejoramiento de la calidad en la alineación de los vehículos producidos por la planta ensambladora, mediante un análisis y propuesta de procedimiento a seguir con base en las metodologías Kaizen y Manufactura Lean, permitirá establecer las condiciones propicias que brinden mejorar sustanciales en los procesos de producción de los componentes, así como de las técnicas de fabricación involucradas, que interactúan en la alineación de los vehículos producidos en la

planta ensambladora. Ello repercutirá favorablemente en la reducción de reportes efectuados por los distribuidores debido a fallas en garantía por jalamiento del vehículo mientras es conducido de forma recta, o por volante girado o fuera de posición durante el manejo del automóvil.

El presente proyecto beneficiará adicionalmente a otras áreas de la ensambladora automotriz brindando parámetros y directrices que mejoren notoriamente el proceso de manufactura de los componentes que interactúan en los procesos globales de producción en la planta, al minimizar las variables y generar soluciones prácticas, sencillas, fáciles de implementar, y que no generen nuevos problemas a los procesos, para corregir de manera oportuna y efectiva cualquier deficiencia de calidad que se llegara a detectar.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Técnicas y procedimientos de control de calidad

El mundo moderno, globalizado y ampliamente competido, precisa de un conjunto de herramientas, así como de directrices que establezcan la pauta de aplicación de aquéllas; con la finalidad de ofrecer al mercado bienes y servicios que cumplan con ciertas especificaciones para su consumo. A diferencia de etapas anteriores de la industria y del comercio, en las que tales especificaciones eran establecidas en cierta forma arbitraria por los fabricantes o prestadores de esos productos y servicios, hoy día equivalen a ciertos patrones derivados de las exigencias de los consumidores; quienes, al contar con cada vez más opciones, incluso de nivel internacional que brinda el *e-commerce*, poseen expectativas cada vez más altas y precisas de lo que esperan poder adquirir y recibir además como valor agregado a su inversión.

A continuación, se revisan ciertas técnicas y procedimientos de control que se consideran representativos para orientar, supervisar y controlar cada una de las etapas requeridas para la generación de un bien o de un servicio que sea acorde con los estándares de calidad establecidos. Para ello, debe tenerse en cuenta que *“el control de calidad representa una inversión que, como cualquier otra, debe producir rendimientos adecuados que justifiquen su existencia”* (Hansen y Ghare, 1990, p. 2; investigadores en teoría y aplicaciones del control de calidad en la industria manufacturera).

1.1.1. Calidad

La calidad es aquella cualidad de las cosas que son de excelente creación, fabricación o procedencia. Calidad describe lo que es bueno, por definición; todo lo que es de calidad supone un buen desempeño. Todo lo que posee un cualitativo de calidad supone que ha pasado por una serie de pruebas o referencias, las cuales dan la garantía de que es óptimo. Sin embargo, ésta es la definición directa, producto de la generalización de lo bueno y bonito que la sociedad ha categorizado. La mirada indirecta nos arroja, por otra parte, una definición más general: La calidad

es aquella condición del producto ya realizado, la cual nos indica qué tan bueno o malo puede ser.

La calidad de un producto se orienta en campos como la mercadotecnia, por medio de aquella característica que es visible desde diferentes puntos de vista. Ésta revela la importancia y las condiciones bajo las cuales dicho producto fue elaborado. En el caso de las empresas que manufacturan productos a gran escala, si producen una serie de elementos con materiales de primera, éstos serán de una calidad de primera como consecuencia. El precio con que salen al mercado marca un elevado compromiso por parte del comprador a la hora de adquirirlo, por lo que no llega a todos los estratos de la población. Como la intención es abordar a un buen nutrido grupo de población, puede ocurrir que esta empresa decida utilizar materiales de menor calidad en la fabricación de un producto con las mismas funcionalidades, aunque no con la misma autonomía, pero de menor precio.

El organismo internacional de normalización, ISO, ha definido la calidad como la suma de características pertenecientes a una entidad que le confieren la capacidad de poder satisfacer necesidades explícitas e implícitas. Complementando esta definición, se considera que las necesidades explícitas se definen mediante una relación contractual entre clientes y proveedores; mientras que las necesidades implícitas se definen según las condiciones que imperan en el mercado.

Una cuestión decisoria de la calidad por tener muy presente es que los clientes ya no son sólo los usuarios finales de los bienes y servicios puestos a su disposición. Ahora el término se amplía para incluir la idea de cliente interno; es decir, los colaboradores de la organización que se encuentran a continuación de la línea de producción de un bien o de la cadena de prestación de un servicio. Con este concepto, todos sin excepción en la organización se convierten en clientes de alguien. Es más, adquieren un carácter dual de ser cliente y proveedor a la vez.

El proveedor es en quien da inicio la calidad. Él es parte de cualquier proceso productivo. Por tanto, debe ser considerado como parte de la organización. Si bien, la calidad del producto o servicio suele concebirse a partir de la demanda de los clientes, culminando con la satisfacción plena y efectiva de esas necesidades, el

proceso de generación de ese bien o servicio se inicia con el proveedor. Dentro de este proceso global en la generación de satisfactores de calidad, cada individuo de la organización cobra conciencia de que tiene uno o más clientes internos; así como uno o más proveedores internos, creándose diversas y sucesivas cadenas de proveedores-clientes: Proveedores internos a los que hay que mantener informados de cómo se requiere que entreguen su trabajo y sobre lo que haya que corregir, con la finalidad de que la calidad se asegure desde un principio, supervisándose estrechamente en cada etapa crucial del proceso; y no se relegue como una separación de productos y/o servicios deficientes del resto, como solía efectuarse antaño, porque ello conduce a importantes mermas que perjudican la productividad y la rentabilidad de la organización en su conjunto.

1.1.2. Calidad total

Por su parte, la calidad total es un concepto, una filosofía, una estrategia, un modelo de hacer negocios y está orientado al cliente. El concepto de calidad, tradicionalmente relacionado con la calidad del producto, se identifica ahora como aplicable a toda la actividad empresarial y a todo tipo de organización. De este modo, la calidad total no sólo se refiere al producto o servicio en sí, sino que es la mejora permanente del aspecto organizacional; en el que cada trabajador, desde el gerente hasta el empleado del más bajo nivel jerárquico, se compromete con los objetivos empresariales.

La calidad llega a ser total cuando comprende todos y cada uno de los aspectos de la organización, al involucrar y comprometer a todas y cada una de las personas de la organización. La calidad tradicional trataba de solventar la calidad después de cometer errores. Por el contrario, la calidad total se centra en conseguir que las cosas salgan bien a la primera. Entonces, de inicio, reúne los requisitos convenidos con el cliente y busca superarlos, en el presente y a futuro; con lo que se supera la imprecisión del pasado, ya que no sólo tiende a ser exacta sino además medible.

Para entender mejor el concepto de calidad total, es importante considerar que el objetivo de toda organización, grupo de trabajo, área o puesto de trabajo, e inclusive el individuo, se orienta a la generación de un producto o servicio que va a recibir

otra organización, otra área u otro individuo, a quien se concibe a partir de esto como un cliente también denominado “usuario” o “consumidor”. Al respecto, conviene precisar que el término producto se refiere al resultado parcial o final que se obtiene de un proceso o de una actividad. Por consiguiente, en general, este resultado puede equivaler a un producto tangible (por ejemplo, materiales ensamblados o procesados), a uno intangible (por ejemplo, conocimientos o conceptos) o bien, a una combinación de éstos. Así, en la expresión *calidad total*, el término “calidad” se refiere a que el producto o servicio debe estar al nivel de satisfacción demandado por el cliente; y el término “total”, a que dicha calidad es lograda mediante la participación de todos los miembros de la organización.

En función de lo anteriormente expuesto, la calidad total implica un cambio de paradigmas en la manera de concebir y gestionar una organización. Uno de estos paradigmas fundamentales, y que constituye su razón de ser, es el perfeccionamiento constante o mejoramiento continuo. La calidad total comienza entonces comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente, para luego satisfacerlas y superarlas. Es el cliente quien califica la calidad del producto o servicio que se ofrece; de allí que la calidad no debe ser tomada en su valor absoluto o científico, sino que es un valor relativo, intrínseco, en función del cliente. Así pues, se vuelve sumamente necesario poder identificar con precisión las necesidades y expectativas cambiantes de los clientes, y su grado de satisfacción con respecto de los productos y servicios de la empresa, en comparación con los de la competencia.

En virtud de esto, hay que tener presente que las expectativas de los clientes están dadas en términos de calidad del producto o servicio, oportunidad de entrega, calidad de la atención, costos razonables y seguridad. No se puede forzar al cliente a adquirir el producto o servicio en las condiciones que la empresa le ofrece y al precio que ésta le impone. Una organización mejora hacia la calidad total cuando los clientes externos e internos sienten que se están cumpliendo consistentemente sus requerimientos de calidad, oportunidad, costo y servicio.

Las claves para la implantación de la calidad total se fundamentan en una adecuada cultura empresarial, con la aplicación del ciclo PDCA de mejora continua (Planificar,

Hacer, Verificar y Actuar), así como por las técnicas para el proceso de solución de problemas; a fin de consolidar la satisfacción del cliente, partiendo de la base de que quién otorga el nivel de calidad es el propio cliente cuando juzga la calidad del producto o servicio. (Hansen y Ghare, 1990, p. 6; investigadores en teoría y aplicaciones del control de calidad en la industria manufacturera)

La calidad total es una estrategia que busca garantizar, a largo plazo, la supervivencia, el crecimiento y la rentabilidad de una organización. Lo anterior se lleva a cabo optimizando su competitividad mediante el aseguramiento permanente de la satisfacción de los clientes y la eliminación de todo tipo de desperdicios. Esto se logra con la participación activa de todo el personal, bajo nuevos estilos de liderazgo; siendo que la estrategia, bien aplicada, responde a la necesidad de transformar los productos, servicios, procesos, estructuras y cultura de las empresas, con la finalidad de asegurar su futuro.

De tal modo, es primordial obtener las mayores cotas de calidad en los productos y servicios ofrecidos por una organización empresarial. En razón de que ello permitirá lograr una mayor satisfacción en los clientes y, por ende, incrementar su número. Lo que estratégicamente propiciará para la empresa una mayor participación en el mercado, reduciendo costes de promociones y publicidad; con el consecuente aumento significativo de mayores niveles de rentabilidad para el negocio.

Para la implantación de la calidad total, no existe un modelo único; ya que, en principio, cada organización tiene que diseñar una metodología de acuerdo con su propia realidad.

Como parte de todo proceso de mejoramiento hacia la calidad total, se incluyen acciones como:

- El desarrollo de las actividades de liderazgo.
- El compromiso de los más altos directivos de la organización.
- El desarrollo de todo el personal.
- El enfoque hacia los clientes.
- El desarrollo de los proveedores.

- La planificación de la calidad.
- El mejoramiento del trabajo diario.
- El aseguramiento de la calidad.
- El programa de reducción de costos.

En términos generales, para poner en práctica este proceso de calidad total es conveniente dividirlo en las fases siguientes:

1. Toma de decisión

Consiste en analizar seriamente si existe la voluntad de hacer todo lo que sea necesario para emprender y mantener adecuadamente dicho proceso. Es necesario ser conscientes de los esfuerzos que llevará vencer la resistencia al cambio. Los directivos tienen que dedicar tiempo y recursos, orientar la gestión administrativa, aceptar todos los conceptos y principios tales como: el trabajo en equipo, nuevos estilos de liderazgo, tener una definición clara de calidad, entre otros. Tomada la decisión, debe elaborarse un plan de calidad para poner en marcha este proceso, el cual debe estar integrado o formar parte del plan estratégico de la organización. Como parte de esta labor, se incluirá un comité de calidad presidido por el más alto directivo de la organización. Luego, definir los círculos de calidad por áreas y establecer equipos de mejora dependiendo del tamaño de la organización. También debe tenerse en cuenta la necesidad de contratar los servicios de un asesor externo. El plan de calidad deberá definir un área piloto para iniciar los procesos de mejora y prever igualmente acciones de reconocimiento y premios al personal. (Hansen y Ghare, 1990, p. 12; investigadores en teoría y aplicaciones del control de calidad en la industria manufacturera)

2. Preparación del escenario y promoción

Algunas de las acciones a realizar en esta etapa son: desarrollar un intenso programa de difusión de los conceptos y filosofía de la calidad, como medio de lograr el compromiso del personal. Se deberá elaborar la visión, misión, políticas y objetivos de la organización; los cuales se difundirán entre todo el personal durante las acciones de difusión y promoción de la calidad. Es conveniente en esta fase efectuar un diagnóstico de calidad de la organización, considerando aspectos como: costos de la mala calidad, el clima social, nivel de satisfacción de los clientes,

identificación de procesos críticos, análisis de las fortalezas y debilidades. En esta fase es necesario poner en marcha un programa de capacitación y desarrollo de personal. Se ensayará el desarrollo de proyectos a nivel piloto.

3. Implantación de procesos de mejora

En esta fase se pondrán en marcha los procesos de mejora con la participación de los equipos de mejora, quienes han sido suficientemente entrenados en técnicas de mejoramiento y de solución de problemas. Si el proceso de mejora va mostrando sus frutos, es conveniente reconocérselo al personal a fin de motivarlo.

4. Consolidación y optimización inter-funcional

En esta fase se continuarán desarrollando los procesos de mejora y se continuará con la capacitación en técnicas de calidad más avanzadas. Se desarrollarán los sistemas y procedimientos con base en las normas ISO. Se continuará con los procesos de mejora, manteniendo y perfeccionando la gestión estratégica. (Hansen y Ghare, 1990, p. 17; investigadores en teoría y aplicaciones del control de calidad en la industria manufacturera)

1.1.3. Control de calidad

Es el mecanismo a través del cual se realiza un seguimiento estricto a los procedimientos de elaboración de un producto dentro de la empresa, con la finalidad de mejorar la calidad del mismo. Éste se realiza con la ayuda de una serie de herramientas y acciones que se emplean para detectar cualquier tipo de errores, a fin de solventarlos. Todo esto garantiza la calidad y el cuidado del producto y/o servicio ofrecido al público.

Para poder aumentar los niveles de calidad de los diferentes mercados, es necesario seguir una serie de pasos; misma que se presenta a continuación:

1. En primer lugar, se debe seleccionar lo que se quiere controlar (producto y/o servicio).
2. Luego, se debe crear un objetivo para tener una característica de control.

3. Posteriormente, es necesario establecer una medida estandarizada de lo que se quiere.
4. Se crea una herramienta a través de la cual se establezca una característica media para el control.
5. Enseguida, y mediante un proceso ya establecido, se deben medir las características de la presentación final del producto.
6. Examinar de forma detallada las diferencias entre el desarrollo que se esperaba y el desarrollo real.
7. Finalmente, con los datos obtenidos, se deben tomar las medidas necesarias.

En una empresa u organización, siempre es de suma importancia el proceso de control de calidad; pues gracias a él, se puede obtener un producto de calidad ya estandarizado. En consecuencia, se obtendrá la satisfacción del cliente; quien espera que el producto que adquirió sea de calidad, cubriendo satisfactoriamente sus requerimientos.

1.1.4. Herramientas de control de calidad

Las siguientes son algunas herramientas relevantes que se emplean en control de calidad; se presentan a continuación, describiéndose de manera genérica.

1.1.4.1. 5S

Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. La herramienta de control de calidad 5S simplifica el ambiente de trabajo; reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor; al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

El método de las 5S es una forma de involucrar a las personas y contribuir al cambio de cultura. De este modo, 5S es un sistema orientado a la limpieza visual, organización y disposición para facilitar una mayor productividad, seguridad y calidad. Compromete a todos los empleados y es la base para una mayor

autodisciplina en el trabajo, con la finalidad de generar mejores resultados y, con ello, mejores productos.

Los cinco principios que reúne la herramienta de control de calidad 5S son: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*. Su concepto equivalente en español y una breve descripción de su implementación se exponen en seguida.

Clasificación (*Seiri*)

Se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es designada como "etiquetado en rojo". Una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Tras de lo cual, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio.

Orden (*Seiton*)

Se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos. Se tienen en cuenta ciertos criterios para determinar su ordenamiento; tales como:

- ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?
- ¿Dónde lo necesito tener?
- ¿Cuántas piezas de ello necesito?

Ahora bien, algunas estrategias para este proceso de "todo en su lugar" son:

- Pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones.
- Tablas con siluetas.
- Maletas o carros de herramientas portátiles.
- Estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, un trapeador, una cubeta, etcétera.

Otro principio de orden es que todo debe tener su lugar, de tal modo que todo el que la necesite, la halle: "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".

Limpieza (Seiso)

Una vez que se ha eliminado la cantidad de estorbos y basuras, y relocalizado lo que sí se necesita, se realiza una limpieza profunda del área. Se tienen en cuenta estos principios:

- Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza a fin de conservar el buen aspecto y comodidad de esta mejora.
- Se desarrolla un orgullo por lo limpia y ordenada que tienen su área de trabajo. Este paso entrega un buen sentido de propiedad en los trabajadores.

Al mismo tiempo de la implementación de esta técnica, comienzan a evidenciarse problemas que antes eran ocultos por el desorden y por la suciedad:

- Fugas de aceite, aire o refrigerante.
- Partes con excesiva vibración o temperatura.
- Riesgos de contaminación.
- Partes fatigadas, deformadas o rotas.

Estandarizar (Seiketsu)

Al implementar las 5S, los esfuerzos se deben concentrar en estandarizar las mejores prácticas en el área de trabajo; permitiendo que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas.

Ellos son valiosas fuentes de información en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta. Los pasos en la estandarización son:

- Establecer una lista de comprobación de rutina para cada área de trabajo. Esto muestra lo que el equipo debe comprobar durante las auditorías.
- Establecer un sistema multinivel de auditoría, en el que cada nivel de la organización tiene un papel que desempeñar, para garantizar que el sistema de las 5S se sustenta en las áreas de trabajo y que evoluciona fortaleciéndose.
- Establecer y documentar los métodos estándar en las áreas de trabajo similares.

- Documentar los nuevos métodos estándar para hacer el trabajo.

Disciplina (*Shitsuke*)

En esta etapa, se pretende trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas, comprobando el seguimiento del sistema 5S por medio de acciones de mejora continua, a fin de cerrar el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Si esta etapa se aplica sin el rigor necesario, el sistema 5S pierde su eficacia.

Por tanto, se establece un control riguroso de la aplicación del sistema. Tras realizar ese control, comparando los resultados obtenidos con los estándares y los objetivos establecidos, se documentan las conclusiones. Si es necesario, se modifican los procesos y los estándares para alcanzar los objetivos. (Maldonado G, 2008, p. 24; Lean Manufacturing en la Industria Mexicana)

1.1.4.2. Six Sigma

Six o Seis Sigma es un concepto que nace en la década de 1980. Es introducido por la empresa Motorola, la cual integra en sus procesos la metodología de mejora continua, en complementación con una estrategia de administración de negocios. En la actualidad, se usa ampliamente en muchos sectores de la industria, aunque su uso no está exento de controversias. Seis Sigma busca mejorar la calidad de los productos del proceso mediante la identificación y eliminación de las causas de los defectos, además de minimizar la variabilidad de fabricación y procesos de negocios. Utiliza un conjunto de métodos de gestión de calidad, incluidos los métodos estadísticos, y crea una infraestructura especial de personas dentro de la organización ("cinturones negros", "cinturones verdes", etcétera) que son expertos en estos métodos. Cada proyecto Seis Sigma llevado a cabo dentro de una organización sigue una secuencia definida de pasos y cuantifica objetivos financieros (reducción de costos o aumento de beneficios). En resumen, Seis Sigma es un método estadístico que mide un proceso en términos de defectos. (Maldonado G, 2008, p. 35; Lean Manufacturing en la Industria Mexicana)

El logro de Motorola, con la adopción de Seis Sigma, significó que en sus procesos de entrega se identificaron sólo 3.4 defectos por millón de oportunidades. En otras palabras, con una calidad de 99.9997%; lo que representa un cumplimiento casi perfecto, como puede observarse en la Figura 1.1

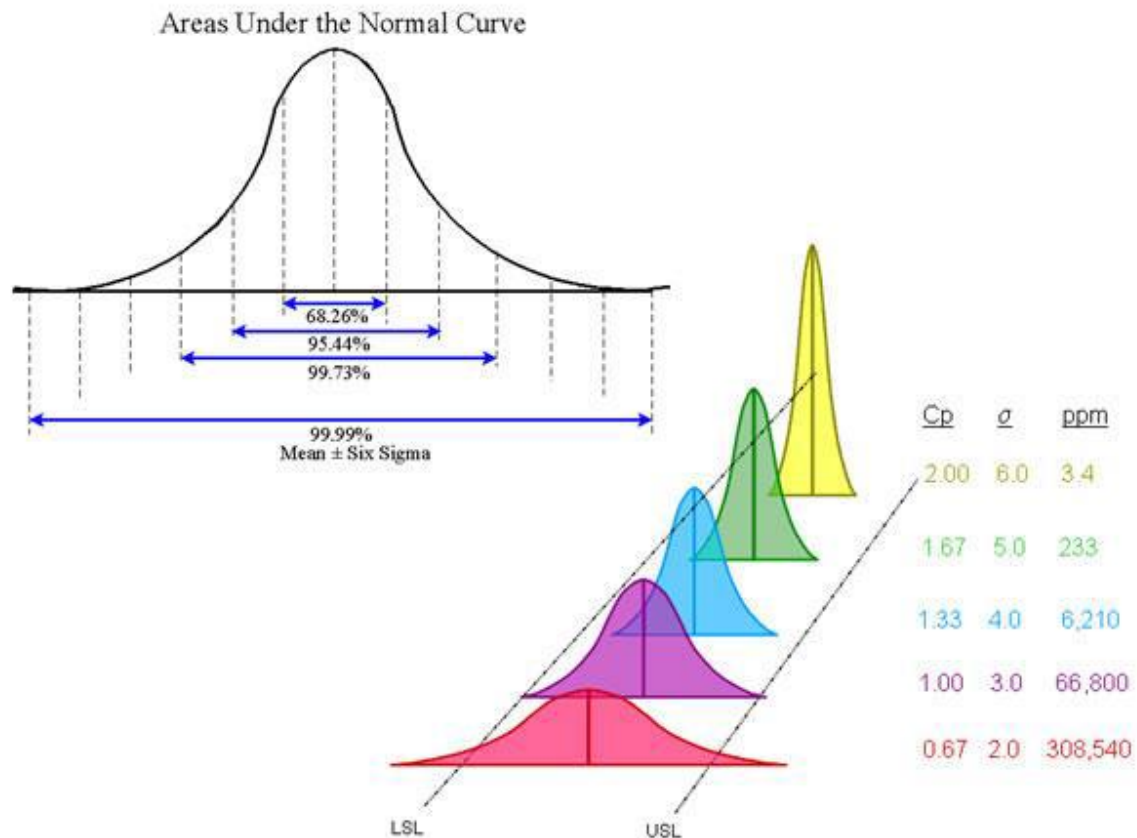


Figura 1.1 Calidad Seis Sigma

Sigma (σ) es una letra del alfabeto griego. Es utilizada para medir la desviación estándar. Cuando se aplica a un proceso industrial o comercial, una calificación Sigma indica una unidad o valor de eficacia en procesos y procedimientos.

Cuanto mayor sea una calificación Sigma, menos defectos existen de por medio.

En este sentido, la idea central de la gestión de Seis Sigma es que si es posible medir los defectos en un proceso, pueden encontrarse formas efectivas de eliminarlos, para acercarse a un nivel de calidad de cero defectos.

La metodología de Seis Sigma se basa entonces en la curva de la distribución normal, para conocer el nivel de variación de cualquier actividad. Lo cual consiste en la elaboración de una serie de pasos encaminados al control de calidad y optimización de procesos industriales. La metodología en cuestión se basa en un esquema de mejora continua denominado DMAIC, por sus siglas en inglés: *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*. A continuación, se describe de manera sucinta cada una de estas etapas, con su correspondiente traducción en español.

Etapla 1. Definir. En este primer punto, se definen e identifican los problemas y situaciones a mejorar.

Etapla 2. Medir. Tomar las medidas necesarias para obtener la información y registrar los resultados del proceso.

Etapla 3. Analizar. En esta etapa, la información es recopilada e incorporada en los procesos, a fin de emprender las mejoras conducentes en ellos dando respuesta a los porqués de tal o cual variación; se apoya en la técnica 5W+H.

Etapla 4. Mejorar. Esta etapa está basada en la técnica POKA-YOKE.

Etapla 5. Controlar. Consiste en asegurarse de que las condiciones del nuevo proceso estén documentadas y monitoreadas de manera estadística, con los métodos de control del proceso o productos existentes.

Lo anteriormente descrito se sintetiza en la Figura 1.2 continuación.

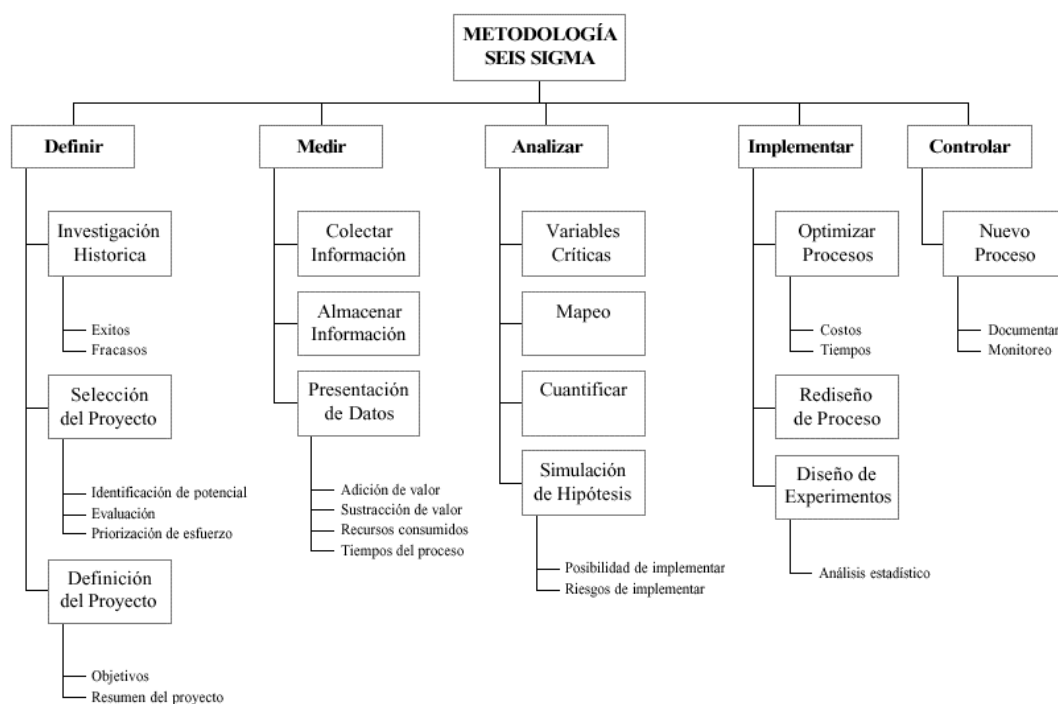


Figura 1.2 Metodología de Seis Sigma

Para poder realizar esta metodología de manera eficiente, es preciso el empleo de herramientas estadísticas para mejorar la calidad. Dichas herramientas se aplican en la evaluación de problemas en el área de producción, con lo cual disponer de una respuesta a los porqués de los defectos. El control estadístico de proceso es utilizado para identificar aquellos procesos que requieren alguna atención especial, que no están en control, por lo que las variaciones del proceso son mayores tales que los resultados del proceso no son siempre los más exactos o precisos posibles,

Las principales herramientas utilizadas por esta técnica se presentan a continuación:

Diagrama de flujo

Con esta herramienta se realiza una representación gráfica, en la cual se identifican las principales etapas y problemáticas del proceso (ver Figura 1.3).

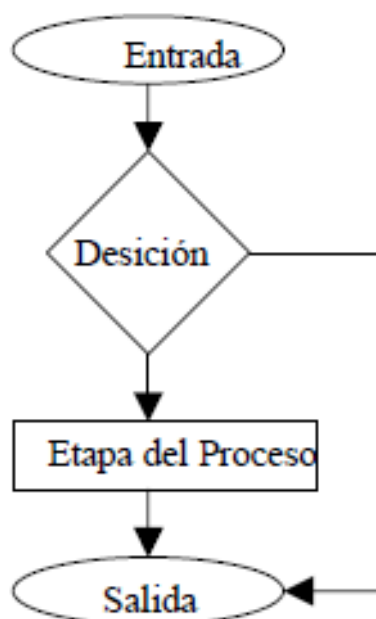


Figura 1.3 Diagrama de flujo

Diagrama causa-efecto

Este diagrama identifica las causas y efectos (factores) que conllevan a los problemas en los procesos (ver Figura 1.4).

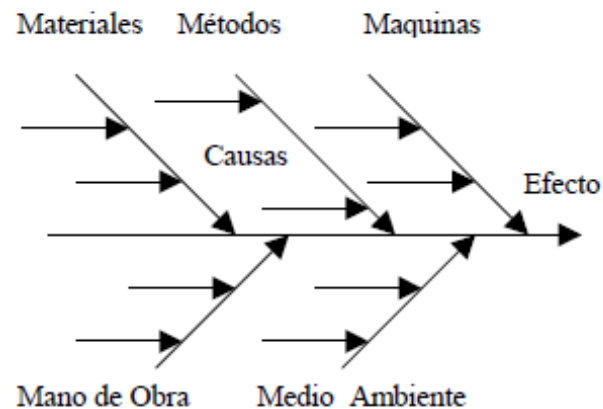


Figura 1.4. Diagrama causa-efecto

Diagrama de Pareto

Esta herramienta es utilizada de manera específica para identificar categorías de mayor ocurrencia para enfocarse en áreas precisas, en otras palabras, el 80% de los problemas son causados por el 20% de los fenómenos (ver Figura 1.5).

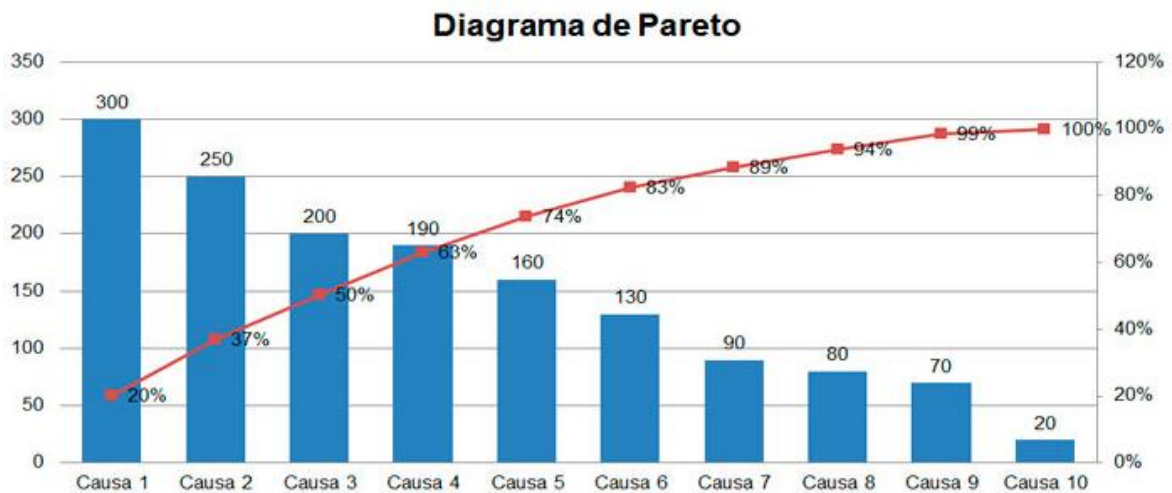


Figura 1.5 Diagrama de Pareto

Histograma

Esta gráfica provee la distribución de datos, así como la tendencia central: del mismo modo, se pueden sobreponer los límites de especificación inferior y superior, para estimar la capacidad del proceso (ver Figura 1.6).

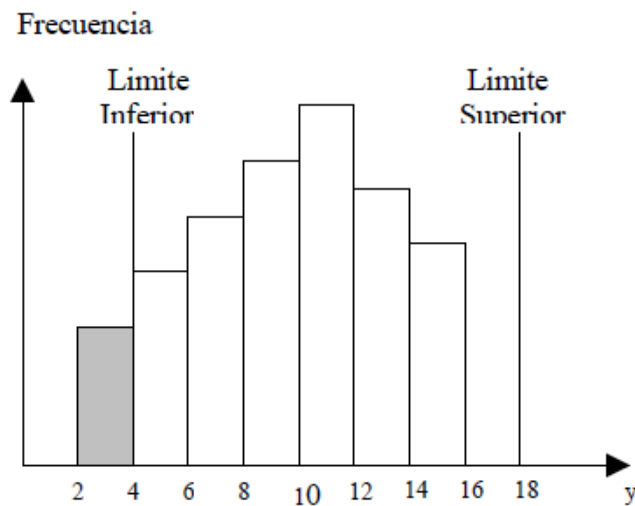


Figura 1.6. Histograma

Diagrama de dispersión

Este diagrama permite realizar estimaciones a primera vista e identificar la existencia, si es el caso, de puntos extraordinarios (ver Figura 1.7).

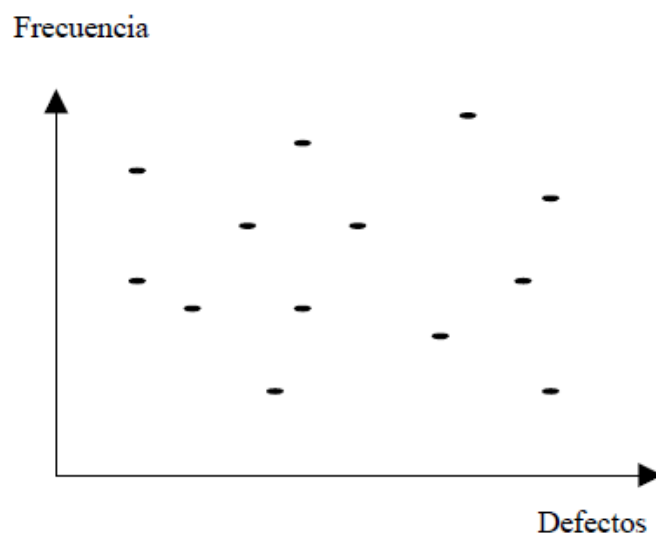


Figura 1.7. Diagrama de dispersión

Modelo de regresión lineal

Esta herramienta permite la predicción de respuestas en niveles fuera de donde se cuantifican los datos (ver Figura 1.8).

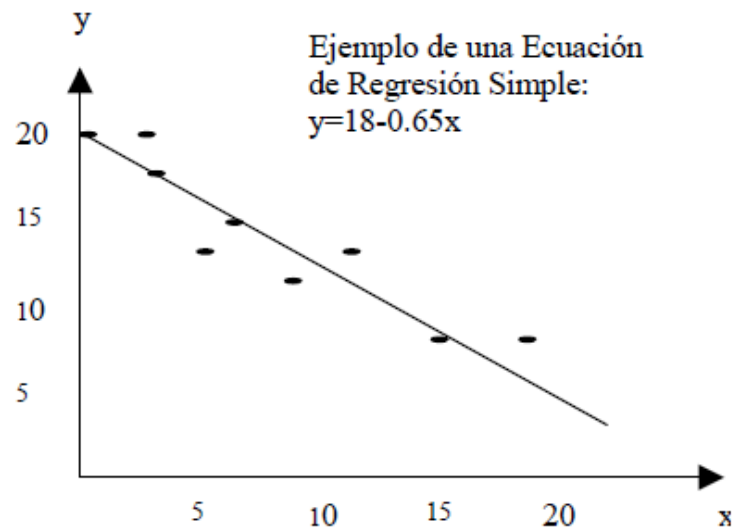


Figura 1.8. Modelo de regresión lineal

Gráfica de corrida

Es utilizada para reflejar las tendencias en los datos a través del tiempo; asimismo, sirve para observación en el seguimiento en los defectos del proceso (ver Figura 1.9).

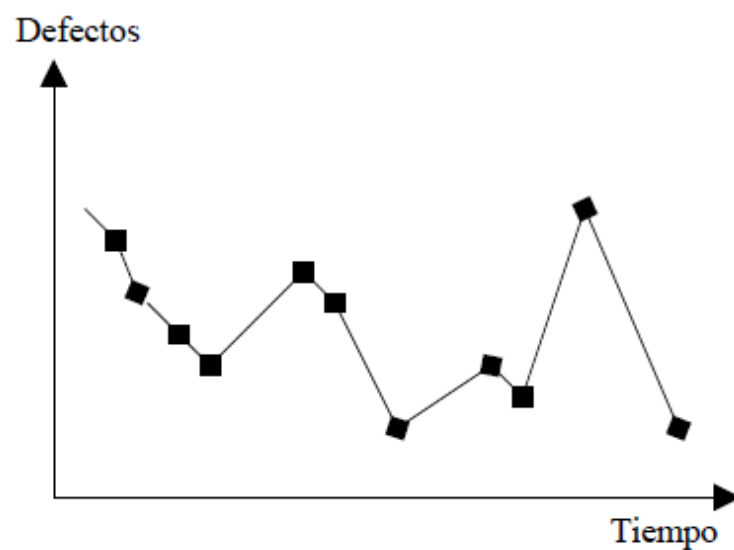


Figura 1.9. Gráfica de corrida

Grafica de control

Esta grafica identifica causas especiales que afectan la variación o el promedio; de igual manera, determina qué acción tomar durante el proceso (ver Figura 1.10).

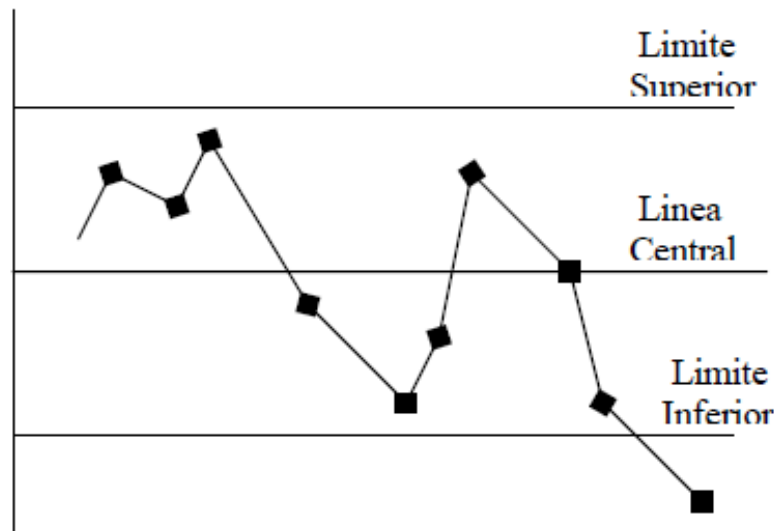


Figura 1.10. Gráfica de control

1.1.4.3. Análisis de causa-raíz (RCA)

El análisis de causa-raíz es una clase de método de solución de problema encaminado a identificar las causas de problemas o eventos. La práctica del RCA se basa en la creencia de que los problemas se resuelven mejor corrigiendo o eliminando las causas raíz, en lugar de simplemente tratar los síntomas evidentes. Dirigiendo las medidas correctivas a causas, es más probable que se evitara la reaparición del problema. Sin embargo, se reconoce que la prevención completa de repetición por una sola acción correctiva no siempre es posible. Por el contrario, puede haber varias medidas eficaces (métodos) para corregir las causas raíces de un problema. Por lo tanto, el RCA a menudo se considera que un proceso iterativo y frecuentemente se ve como una herramienta de mejora continua. (Deming, 1989, pp. 45-80; Calidad, Productividad y Competitividad)

1.1.4.4. Control estadístico de procesos (SPC)

El SPC es la aplicación de métodos estadísticos para la vigilancia y el control de un proceso, orientado a garantizar que funciona en todo su potencial en la elaboración de productos conformes. Las herramientas clave en el SPC son los gráficos de control, orientados a la mejora continua y el diseño de experimentos.

1.1.4.5. Teoría de restricciones (TOC)

Es una filosofía presentada por el Dr. Eliyahu Goldratt en su libro "La meta", que está orientado a ayudar a las organizaciones a lograr continuamente sus objetivos. El título proviene de la afirmación de que cualquier sistema manejable está limitado en el logro de sus objetivos por un muy pequeño número de restricciones, y que siempre hay al menos una restricción. El proceso de TOC busca identificar la restricción y reestructurar el resto de la organización alrededor de ella, mediante el enfoque de cinco pasos. Asumiendo que "El objetivo" es "ganar dinero". Todos los otros beneficios se derivan, en una u otra forma, de esa meta principal.

1.1.4.6. Mantenimiento productivo total (TPM)

Lleva casi cincuenta años implementándose dentro de la industria. Puede ser malinterpretado como una nueva forma de mantenimiento. Sin embargo, al menos en Japón, es un proceso bien establecido. En el TPM, el operador de maquinaria está capacitado para realizar mucho más que el simple mantenimiento y descubrir errores. Finalmente, al trabajar en equipos de "cero defectos", que incluyen un técnico y operadores expertos, pueden aprender muchas tareas más; a veces, todas aquellas en el ámbito de un operador. Una forma de pensar del TPM es la "prevención del deterioro". Deterioro es lo que le ocurre naturalmente a cualquier objeto o equipo que no recibe el mantenimiento adecuado. Por este motivo, muchas personas se refieren al TPM como "fabricación productiva total" o "administración total del proceso". El TPM es un enfoque proactivo que esencialmente pretende identificar los problemas tan pronto como sea posible, procurando prevenirlos antes de su aparición. Un lema suyo muy común es: "cero errores, cero accidentes relacionados con el trabajo, y cero pérdidas".

1.1.4.7. Círculos de calidad

Un círculo de calidad es un grupo de voluntarios compuesto por los trabajadores (o incluso aprendices), generalmente bajo el liderazgo de su supervisor; quienes están entrenados para identificar, analizar y resolver problemas relacionados con el trabajo. Tiene la finalidad de que los integrantes del grupo presenten sus soluciones en la mejora del rendimiento de la organización, a fin de motivar y enriquecer el trabajo de los empleados. Cuando estos círculos de calidad se consideran maduros, se pueden auto-dirigir, ganándose la confianza de la alta gerencia.

1.1.4.8. Sistema de administración (PDCA)

También es conocido como el ciclo PDCA: Planear, Hacer, Revisar y Actuar (traducción al español de *Planning, Doing, Checking y Acting*). Se basa en los círculos de calidad de Deming. Otras técnicas utilizadas conjuntamente con PDCA incluyen los cinco porqués; que es una forma de análisis de causa raíz, en que el usuario pregunta "¿por qué?" a un problema con su correspondiente respuesta durante cinco ocasiones sucesivas. Normalmente hay una serie de causas raíces derivadas de un problema, y pueden visualizarse mediante el diagrama de pescado o de Ishikawa.

1.1.5. Gestión de calidad total

Como se ha apreciado en apartados anteriores, la calidad total constituye un nuevo sistema de gestión empresarial, en la medida en que sus conceptos modifican radicalmente los elementos característicos del sistema tradicionalmente utilizado. La satisfacción del cliente es el corazón del concepto de calidad. Por eso el sistema productivo de la empresa debe basarse en una retroalimentación continua desde los clientes.

La Gestión de Calidad Total (GCT) es un concepto global e integrador que pretende tener en cuenta, simultáneamente, todos los aspectos de una organización productiva. Lo esencial del concepto de GCT se deriva de la siguiente doble

consideración: Los proveedores y los clientes forman parte del sistema productivo. (Deming, 1989, pp. 45-80; Calidad, Productividad y Competitividad)

1.1.5.1. Elementos de gestión de calidad total

Los elementos que conforman la GCT son:

Satisfacción del cliente: es el corazón del concepto de calidad que debe implementarse en una organización que aspire a la calidad total; lo que implica, entre otras muchas cosas, abrir el mayor número de cauces posibles para conocer bien la opinión de los clientes sobre los productos o servicios que la empresa les ofrece.

Mejora continua: cuando el producto llega a manos del cliente, está todavía en la fase de diseño y desarrollo; es decir, que el sistema productivo de la empresa debe basarse en una retroalimentación continua desde los clientes, adaptándose constantemente a sus opiniones e incorporando continuamente las mejoras que ellos demandan; por tanto, no se da nunca por finalizado o por definitivo ninguno de los procesos productivos de la organización.

Gestión basada en hechos: las afirmaciones que se realicen sobre cualquier aspecto del sistema productivo deben estar basadas en hechos, no en opiniones; deben ser medibles numéricamente, de modo que sean aceptadas por toda la organización.

Gestión basada en personas: una organización son proveedores, trabajadores y clientes; pero nadie conoce mejor la relación entre proveedores, sistema productivo y clientes que los propios trabajadores.

El liderazgo es un punto de acuerdo general entre las distintas metodologías para la implantación de la GCT en una organización. El Consejo de Dirección es quien lidera la introducción de la CGT. La filosofía de la Calidad Total proporciona una concepción global que fomenta la Mejora Continua en la organización y la

involucración de todos sus miembros, centrándose en la satisfacción tanto del cliente interno como del externo. Podemos definir esta filosofía del siguiente modo: Gestión (el cuerpo directivo está totalmente comprometido) de la Calidad (los requerimientos del cliente son comprendidos y asumidos exactamente) Total (todo miembro de la organización está involucrado, incluso el cliente y el proveedor, cuando esto sea posible).

1.1.5.2. Principios de la gestión de calidad total

Los principios de la GCT son el marco de referencia para que la dirección de cada organización guíe a la misma, orientándola hacia la consecución de la mejora del desempeño de su actividad.

Los principios de gestión de la calidad total se derivan de la experiencia colectiva y del conocimiento de los expertos internacionales que participan en el Comité Técnico ISO / TC 176 - Gestión de la calidad y aseguramiento de la calidad, responsable del desarrollo y mantenimiento de las normas ISO 9000.

Los principios de gestión de la calidad total son aquéllos que toda organización ha de seguir, si quiere obtener los beneficios esperados. De nada sirve que una organización implante un sistema de gestión de la calidad que cumpla con los requerimientos detallados en la norma ISO 9001, si no sigue los siete principios de gestión de la calidad total.

Estos siete principios aparecen recogidos y definidos en la norma ISO 9001:2015 como una adecuación de los ocho principios de gestión de la calidad introducidos por la norma ISO 9000:2000 – Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario; y en la norma ISO 9004:2000 – Sistemas de Gestión de la Calidad – Directrices para la mejora del desempeño. (Deming, 1989, pp. 45-80; Calidad, Productividad y Competitividad)

Principio 1: Enfoque al cliente

“Las organizaciones dependen de sus clientes, y por lo tanto deben comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes”.

La empresa debe tener en claro que las necesidades de sus clientes no son estáticas, sino dinámicas y cambiantes a lo largo del tiempo; además de ser los clientes cada vez más exigentes y cada vez están mejor informados. Por ello, la empresa no sólo ha de esforzarse por conocer las necesidades y expectativas de sus clientes; sino que ha de ofrecerles soluciones a través de sus productos y servicios. Además de gestionar e intentar superar esas expectativas día tras día.

No hay que olvidar que el cliente es quien acude a la organización y quien valida el esfuerzo de todos sus integrantes. Por lo que se le debe ubicar tanto al principio como al final de la cadena de valor.

Principio 2: Liderazgo

“Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización”.

El liderazgo es una cadena que afecta a todos los directivos de una organización que tienen personal a su cargo. Si se rompe un eslabón de esa cadena, se rompe el liderazgo de la organización.

Principio 3: Participación del personal

“El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización”.

La motivación del personal es clave, así como una red de comunicación que permita que todos conozcan los objetivos y su participación en la consecución de los mismos; así como una retroalimentación adecuada, en la que todos puedan

aportar ideas innovadoras y propuestas de mejora. Sin estas dos acciones, difícilmente una organización puede conseguir el compromiso del personal.

Principio 4: Enfoque basado en procesos

“Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso”.

El cambio reside en la concepción de “organización”. Ha dejado de ser una organización por departamentos o áreas funcionales para ser una organización por procesos orientados para la gestión de la creación de valor para los clientes.

Principio 5: Mejora continua

“La mejora continua del desempeño global de una organización debería ser un objetivo permanente de ésta”.

Esa mejora continua de los procesos se consigue siguiendo el ciclo PCDA del Dr. E. Deming: Planificar – Desarrollar – Controlar – Actuar.

El trabajo realizado a conciencia permite un autocontrol permanente. La implementación de ideas de revisión PDCA ayuda a la generación de mejoras inmediatas, económicas y preventivas; mismas que aseguran no sólo la reducción de errores, sino una cultura de cambio y evolución.

Principio 6: Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones

“Las decisiones se basan en el análisis de los datos y la información”.

Normalmente suelen tomarse decisiones apresuradas, con base en la información “del momento”. Incluso sin contar con que esta información es incompleta, debe sumarse la influencia de otros factores tales como:

- La inexactitud de la memoria individual o colectiva para recordar situaciones similares ocurridas en el pasado.
- Lo mucho que afectan las emociones y situaciones personales, al igual que las relaciones y opiniones que se tienen de las personas involucradas.
- El ánimo con el que se reciben las noticias, etcétera.

Para tomar decisiones acertadas, frías y objetivas, debe tenerse la certeza de minimizar toda subjetividad que pueda afectarlas.

Lo que no se puede medir, no se puede controlar; y lo que no se puede controlar es un caos. Esto no se puede ni se debe pasar por alto.

Principio 7: Gestión de las relaciones

"La correcta gestión de las relaciones que la organización tiene para con la sociedad, los socios estratégicos y los proveedores contribuyen al éxito sostenido de la organización".

Es necesario conocer, escuchar y fomentar el desarrollo de las partes interesadas, desarrollando alianzas estratégicas con el objetivo de ser más competitivos y mejorar la productividad, la rentabilidad y la relación con la sociedad. En esta gama de herramientas, con sus correspondientes estrategias encaminadas al aseguramiento de la calidad total, particularmente en líneas de producción, merecen especial atención la del mejoramiento continuo, o *Kaizen*, y la de la manufactura esbelta, o *Lean*; las cuales se desglosan con mayor detenimiento en los apartados siguientes, en función de tratarse de las filosofías de calidad que mejor se adecuan a los requerimientos propios del presente trabajo de investigación.

1.2. Kaizen (Estrategia del Mejoramiento Continuo)

El significado de la filosofía Kaizen, precisa Cabrera (2012), tiene su raíz en las palabras japonesas *kai* ("continuo") y *zen* ("mejora" o "sabiduría"). En razón de esto, *Kaizen* puede entenderse como "mejora continua". De tal modo, Kaizen hace referencia al mejoramiento gradual e interminable, efectuando mejoras en "pequeñas cosas", con una orientación a alcanzar siempre estándares más altos. Ello se refiere entonces a las prácticas que se enfocan en la mejora continua de procesos de fabricación; así como de ingeniería, en procesos de negocios y a la gerencia. Por ende, se le considera una técnica clave en la administración exitosa de las empresas modernas. También se le aplica en cuidados médicos,

psicoterapia, técnicas de superación personal, gobierno, actividades bancarias y muchas otras áreas más.

Kaizen primero fue ejecutado en varios negocios japoneses después de la Segunda Guerra Mundial, bajo la influencia en gran medida de los profesores americanos y expertos en calidad que visitaron el país. Se ha extendido al mundo entero y ahora se está ejecutando en muchas otras áreas además de negocios y productividad. La estrategia de negocios de Kaizen involucra la suma total de esfuerzos de los integrantes de la organización en la implementación de mejoras sin grandes inversiones de capital (Cabrera, 2012).

Kaizen es un proceso diario, cuyo propósito va más allá de mejorar la productividad simplemente. Es también un proceso que, cuando se lleva a cabo correctamente, humaniza el lugar de trabajo; elimina el trabajo excesivamente duro; enseña a la gente a realizar experimentos en su trabajo usando el método científico; y a cómo aprender a identificar y eliminar los desperdicios en los procesos. En cualquier proceso humanizado, la productividad es cada vez mayor. *"La idea es cuidar los recursos de la compañía tanto como elogiar y animar la participación de actividades Kaizen".*

En relación con lo anterior, Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008), catedráticos de prestigiosas universidades mexicanas que se han dedicado a la investigación en calidad, plantean que Kaizen es un término adoptado en el ámbito de las empresas con diversos enfoques prácticos, en conformidad con la óptica organizacional desde la que se pretenda aplicarlo:

"Durante los últimos 20 años, este concepto ha sido utilizado en el mundo empresarial de diferentes maneras: i) desde aplicarlo como un posible elemento "mágico" que aparece a través de la participación de los empleados y los sistemas de sugerencias de mejora, considerándose de igual manera, como un grupo de técnicas y herramientas para eliminar desperdicios (Muda por su término en japonés); ii) hasta llegar a ser simplemente utilizado como una pieza más, de aproximaciones de gestión tales como la

Gestión por Calidad Total –Total Quality Management (TQM)– en su enfoque occidental, la Gestión de la Calidad en toda la Empresa –Company Wide Quality Control (CWQC)– en su orientación japonesa, el Pensamiento Esbelto –Lean Thinking– o el Sistema de Producción Toyota (Martínez-Lorente et al. 1999; Osono et al. 2008). No obstante, y a pesar de que el Kaizen ha sido definido por el autor que condujo a la luz el término, todavía sigue existiendo en la literatura del tema, cierta ambigüedad e inconsistencia en la forma en que el Kaizen aparece en la literatura académica y en la empresarial. Por ende, el desarrollo de teoría en este campo de la gestión de operaciones, surge como necesario”.

(Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J., 2008, pp. 286-287)

Continuando con Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008), estos autores refieren que, en una primera aproximación, el manejo del concepto Kaizen *“se basa entonces en sustentar su presencia, como un elemento organizacional en la que la participación de los empleados impacta directamente en la mejora de los procesos de trabajo”* (Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J., 2008, p. 288). Al respecto, Bessant (2003; citado por Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J., 2008) señala que la movilización y la participación de los empleados, siguiendo los preceptos Kaizen, genera un mecanismo que les permite contribuir de manera decisiva al crecimiento de la organización. Kaizen se convierte así en *“un símbolo a los problemas y luchas de cada día, y del modo en el que los empleados se enfrentan a todo ello”* (Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J., 2008, p. 288); tal y como si se tratara de una filosofía de vida que abarca las esferas personal, familiar, social y laboral.

Otra línea de interpretación del Kaizen, sugerida por Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008), es la que lo entiende a manera de un principio que brinda armonía al entorno con los valores de cada quien, estableciendo un respeto profundo ante el entorno por medio de la búsqueda permanente del balance de la persona con todo cuanto le rodea. *“Por este motivo es visto como un principio o «espíritu individual» de Cooperación y Mejora (Brunet 2000: 2), que rápidamente se despliega generando un impacto positivo en la sociedad (Gondhalekar et al. 1995: 197)”* (Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J., 2008, p. 288).

“Finalmente, también se encuentra la línea de autores que indican que el Kaizen o la Mejora Continua en su caso, puede ser entendido, como un elemento más de la Gestión por Calidad Total (Crosby 1979; Ishikawa 1986; Deming 1986; Garvin 1987; Juran 1990; Hakes 1991; Feigenbaum 1991; Dean y Bowen 1994; Oakland 1999; Hellsten y Klefsjö 2000), o como la plataforma básica de Sistema de Producción Toyota o el Pensamiento Esbelto (o Lean Thinking) caracterizado por la participación de los empleados en la solución de los problemas o desperdicios (Muda) que surgen en el trabajo cotidiano; la forma en que se ejecuta dicha eliminación es a través de equipos de mejora o de la aplicación de las 5'S y la estandarización (Womack et al. 1990; Ho and Citmill 1996; Likert 2004; Spear 2004; Hino 2006; Dahlgaard y Dahlgaard-Park 2006). Ambas aproximaciones, la japonesa y la occidental también ha sido estudiada por algunos autores para comparar conceptos, similitudes y principios (Magaña-Campos y Aspinwall 2003)”.

(Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J., 2008, p. 289)

Cuando se aplica al lugar de trabajo, Kaizen se refiere a las actividades que mejoran continuamente todas las funciones; lo que involucra a todos los empleados: desde el gerente general hasta los trabajadores de producción. Abarca procesos tales como compra y logística, cruzando límites dentro de la organización en la cadena de suministro. Mejorando actividades y procesos estandarizados, Kaizen se enfoca primordialmente en eliminar desperdicios.

De esta manera, Kaizen involucra el sentido común como el ingrediente básico que aliente mejoras paulatinas en el quehacer cotidiano dentro de una organización, a través de la coordinación de las habilidades y de las percepciones de quienes en ella trabajan a diario, sin importar su función o jerarquía; incluso, sin que tenga que ver el que la mejora propuesta haya surgido o se aplique estrictamente en su propia área de trabajo (Cabrera, 2012).

En consecuencia, para el buen funcionamiento de la disciplina Kaizen, es vital el involucramiento de la gente en todos los niveles de una organización. El formato para Kaizen puede ser utilizando un sistema individual, buzón de sugerencias, pequeños grupos o grupos grandes. En Toyota, es generalmente una mejora dentro de un sitio de trabajo o de un área local, e implica a un pequeño grupo de personas en la mejora de su propio ambiente y productividad del trabajo. Este grupo a menudo es encabezado por el supervisor de línea que dirige el proceso Kaizen. Ésta es casi siempre una actividad clave para él. Kaizen, en una escala interdepartamental más amplia dentro de la compañía, lleva a la empresa a la calidad total; y libera esfuerzos humanos mejorando productividad usando máquinas, herramientas y computadoras. La filosofía Kaizen incluye realizar cambios y la supervisión de los resultados, para después realizar los ajustes necesarios, como se verá a continuación en los apartados siguientes.

1.2.1. Principios rectores

Los principios rectores de la filosofía Kaizen, con sus correspondientes técnicas y herramientas, se presentan en la Tabla 1.1 a continuación.

Principio Rector	Técnicas	Herramientas
Principio Rector 1: Elementos básicos Referido a la simple idea de que es lo primero que se tiene que implantar para cimentar al <i>Kaizen</i> .	1.1 Las 5's 1.2. La estandarización	- Tarjetas rojas y amarillas. - Hoja del plan de implantación. - Check list u hoja de toma de datos antes y después de la implantación. - Hoja del plan de seguimiento. - Hoja de estándares de limpieza preventiva. - Hoja del estándar operativo o SOP (Standard Operation Procedure). - Check list de recolección de datos.
Principio Rector 2: Mantenimiento y mejora de los estándares La mejora continua tiene como requisito fundamental el establecimiento de estándares.	2.1. Aplicación del Ciclo PDCA	- Hoja de planes de negocio y de planes de calidad (PDCA a nivel organizacional). - Hoja de despliegue de políticas (Hoshin Kanri). - Hoja de objetivos en los tres niveles organizacional, de procesos e individual. - Hoja de propósito, objetivos, e indicadores de los procesos de trabajo (PDCA a nivel de procesos). - Formato de ideas de mejora (PDCA a nivel individual), también conocido como mini-píldoras de mejora.
Principio Rector 3: Enfoque de procesos El <i>Kaizen</i> centra todos sus esfuerzos de mejora en los procesos de la organización	3.1. Rediseño de Procesos	- Diagrama de sistemas. - Diagramas de bloques. - Diagramas de flujo y participantes. - Matriz de selección del proceso. - Matriz de indicadores de medición del proceso. - Mecanismos y paquetes informáticos de automatización.
Principio Rector 4: Enfoque hacia las personas	4.1. Red de equipos de mejora	- Acuerdo de formación del equipo. - Memoria del equipo (reglas, roles, nombre, logotipo). - Hoja de control de la red de equipos de mejora. - Hoja de seguimiento de los proyectos de mejora. - Manual de desarrollo de proyectos de mejora. - Diagrama de afinidad o TKJ.

El Kaizen centra todos sus esfuerzos de mejora con una alta participación de los empleados.	4.2. Educación y capacitación	- Programa de formación y educación a corto, medio y largo plazo. - Expedientes de cursos. - Planes de carrera de cada empleado.
	4.3. Relación <i>Senpai-sensei-Kohai</i> (maestro-aprendiz)	- Programa de reuniones y de estudio. - Programa de formación y educación. - Matriz de habilidades de liderazgo.
Principio Rector 5: La mejora continua del trabajo diario El Kaizen se enfoca en una mejora constante cotidiana, a través de la resolución de problemas en el lugar de trabajo (<i>gemba</i>) y la eliminación del <i>MUDA</i> (palabra japonesa para desperdicio o despilfarro; cualquier actividad que consuma recursos y no cumpla con los requerimientos del cliente).	5.1. Administración del <i>Gemba</i> (palabra japonesa para lugar de trabajo)	- Check list u hoja de recolección de datos para detectar el <i>Muda</i> en el lugar de trabajo. - Hoja de análisis y resumen de las anomalías encontradas. - Mapa de la distribución física (layout) antes y después de la mejora. - Protocolo de entrevista de diagnóstico (los 5 porqués). - Forma de observación de tiempos. - Sistema de sugerencias de mejora (Kaizen Teian).
	5.2. Talleres de mejoras rápidas del Kaizen	- Check list u hoja de recolección de datos para detectar el <i>Muda</i> en el lugar de trabajo. - Hoja de estándar operativa (SOP). - Hoja de análisis y resumen de las anomalías encontradas. - Mapa de la distribución física (layout) antes y después de la mejora. - Protocolo de entrevista de diagnóstico (los 5 porqués). - Forma de observación de tiempos. - Tabla resumen del cambio.
	5.3. La historia de la calidad (<i>QC Story</i>)	- Check list u hoja de recolección de datos de frecuencias de los problemas. - Tabla de efectos de los problemas. - Diagrama de Pareto. - Diagrama de Ishikawa. - Histograma. - Diagrama de Gantt (plan de acción de mejora).

Tabla 1.1. Principios rectores del Kaizen

Fuente: Suáres, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008), p. 62.

1.2.2. Metodología

De acuerdo con Suáres, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008), Kaizen consiste en el establecimiento de estándares que puedan llevarse a cabo, además de ser medibles y verificables, con la finalidad de mejorar paulatinamente dichos estándares, dado que las mejoras consistentes son determinantes para el aseguramiento de la calidad a mediano y a largo plazo.

Ante esto, Suáres, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008) sugieren establecer en una primera instancia los cimientos procedimentales en que habrá de basarse la implementación de Kaizen. Esto incluye la designación de equipos auto-dirigidos con la capacidad para analizar problemas y, partir de dicho diagnóstico, generar soluciones efectivas. Estos equipos, continuando con Suáres, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008), deben contar con la delegación de autoridad conveniente para llevar a cabo las adecuaciones y los cambios que sean necesarios; además de que todos sus integrantes deben estar involucrados en el proceso.

En este sentido, una alternativa desarrollada en los Estados Unidos consiste en el denominado *Kaizen Blitz* (o evento inmediato). En éste, ante un obstáculo o dificultad que se haya identificado en la línea de producción es analizado de forma imperativa por un equipo auto-dirigido conformado de manera apresurada. En cuanto generan la solución, habiendo constatado la efectividad de ésta, son rápidamente disueltos reintegrándose sus integrantes a sus respectivas áreas de trabajo normales (Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J., 2008).

El nuevo enfoque de calidad que plantea Kaizen requiere una renovación total de la mentalidad de las personas y, por tanto, una nueva cultura organizacional enfocada en este sentido; ya que, entre otros aspectos, se tiene que poner en práctica una gestión participativa y una revalorización del personal que no es aplicada en los modos de administración tradicional.

En consecuencia, debe establecerse la mentalidad de cero defectos. Esto tiene el propósito de erradicar el desperdicio, en todas las formas como se presente, eliminando las actividades que no agregan valor. La filosofía de cero defectos, relacionada con la de Kaizen de cero mermas, consiste en mantener una actitud sistemática hacia el no-error. No se trata de perseguir a los subalternos porque cometen errores, ya que eso mataría su iniciativa; sino de lo que se trata es de despertar en ellos una actitud consciente de no equivocarse y de no cometer desperdicios.

Así, la calidad total aplicada en Kaizen promueve la eliminación de todo tipo de desperdicios. La ventaja competitiva se encuentra en la reducción de errores y en el mejoramiento continuo de los procesos; ahí radica la reducción de costos. Es ante todo una responsabilidad gerencial. Los mandos directivos deben ser líderes; ser capaces de involucrar y de compenetrar al personal en las acciones de mejora. Puesto que la reducción total de los errores y de las mermas sólo será posible con la participación de todos y cada uno de los integrantes de la organización. La cultura de la calidad requiere el establecimiento de un nuevo cambio organizacional, en el que se premien las aptitudes para el aprendizaje y el compromiso, tanto en términos individuales como organizacionales.

En función de lo anterior, un cambio organizacional orientado hacia la calidad privilegiará aspectos como los que se señalan a continuación:

- Compromiso y consenso con visiones, misiones y objetivos estratégicos.
- Promoción y estímulo de conductas cuyo objetivo sea el aprendizaje.
- Favorecer la conversión de los valores a acciones proactivas.
- Fomentar y entrenar equipos autónomos con capacidad de auto-dirigirse.
- Promover el comportamiento comprometido y dinámico frente al pasivo.
- Establecer objetivos comunes que estimulen antes que obligar.
- Dar autonomía dinámica, delegación y enriquecimiento de puestos y tareas.
- Estimular la convicción de que puede llevarse a cabo cualquier objetivo.
- Ejercer un liderazgo que estimule la mejora en continuidad.
- Valorar y promover la formación continua del personal.
- Crear factores de evaluación de desempeño basados en la creatividad e innovación.
- Proponer programas permanentes de capacitación y entrenamiento.

El mejoramiento y aseguramiento de la calidad total aplicada en Kaizen se basa en el ciclo de control conocido como PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Corregir, por sus siglas en inglés); metodología que se compone de las siguientes cuatro fases:

1. **Planificar:** Actividad que determina qué es lo que se debe hacer, cuál es la meta y cómo se puede alcanzar.
2. **Hacer:** Significa transformar los procesos actuales con el fin de mejorar su desempeño, de acuerdo con lo planeado.
3. **Verificar:** Determina el grado de cumplimiento de las actividades planeadas y metas de desempeño.
4. **Corregir:** Significa realizar los ajustes a los nuevos procedimientos y estandarizarlos asegurando su utilización.

La ejecución continua del ciclo de control PDCA garantiza el mejoramiento permanente del desempeño de los procesos de la organización, aplicándose una

retroalimentación que origina una espiral de escalonamiento de la mejora continua hacia la excelencia en la gestión.

Suárez (2007), Doctor en Ciencias Administrativas y autor de diversas publicaciones en el tema, resume las acciones principales o elementos de la calidad a partir del enfoque de Kaizen, postulados por Joseph Juran, consultor de gestión en el siglo XX, quien es recordado como un experto de la calidad y la gestión de ésta, habiendo publicado varios libros influyentes sobre esos temas (Ver Tabla 1.2).

Fases de la Trilogía de la Calidad de Juran	
1. Planificación de la calidad	
• Identificación de los clientes. • Determinación de las necesidades de los clientes. • Desarrollo de las características del producto. • Establecimiento de las metas de la calidad. • Desarrollo de un proceso. • Comprobación de las virtudes del proceso.	
2. Control de la calidad	
• Selección de los objetivos de control (qué debe controlarse). • Selección de las unidades de medición. • Fijación de las mediciones. • Establecimiento de los estándares de desempeño. • Medición del desempeño real. • Interpretación de las diferencias (medición contra estándar). • Corrección de las diferencias.	
3. Mejora de la calidad	
• Demostración de la necesidad de las mejoras. • Identificación de proyectos específicos para las mejoras. • Organización para dirigir los proyectos. • Organización para el diagnóstico-descubrimiento de las causas. • Diagnóstico para determinar las causas. • Definición de las correcciones. • Comprobación de que las correcciones son efectivas en las condiciones de operación. • Implantación de los controles para conservar lo ganado.	

Tabla 1.2. Acciones principales o elementos de la calidad en Kaizen
Fuente: Suárez (2007), p. 66.

1.3. Manufactura Lean (TPS)

La Manufactura Lean (conocida también como *Sistema de Producción Toyota*, TPS por sus siglas en inglés) consiste en un sistema de producción que se deriva del concepto japonés relacionado con la estrategia del mejoramiento continuo o *Kaizen*. Se diferencia de éste en que la Manufactura Lean se centra en el concepto de cantidad, así como en el de calidad, con la finalidad de depurar los procesos y así reducir los costos (Cabrera, 2012). La Manufactura Lean nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo y Eijy Toyota, entre otros (Maldonado, 2008). Consiste en una práctica de producción que considera el gasto de recursos para cualquier objetivo que no esté enfocado a crear valor para un cliente final como un desperdicio; el cual, por tanto, debe ser eliminado.

Maldonado (2008), quien desarrolló un trabajo académico en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, titulado: “Herramientas y técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad”, establece que la Manufactura Lean “*es una forma de pensar para adaptarse al cambio, eliminar desperdicio y tender hacia la mejora continua usando herramientas y técnicas para lograr maximizar el esfuerzo de la fuerza laboral y así operar como una compañía esbelta*”. Esto desde la perspectiva de que un cliente es quien consume un producto o servicio. Así, el valor del producto o servicio se define como cualquier acción o procedimiento que el cliente estaría dispuesto a pagar. Esencialmente, la Manufactura Lean se concentra en preservar ese valor con menos trabajo.

Por otro lado, en opinión de Cabrera (2012), la Manufactura Lean, también conocida como *Manufactura Esbelta*, en alusión a su enfoque de *adelgazar* al máximo cualquier clase de merma en el proceso de producción, representa un concepto bastante amplio, compuesto por diversas herramientas. A decir de dicho autor, la implementación de dichas herramientas no es suficiente; por lo que se vuelve fundamental la compenetración de la cultura organizacional en la obtención de resultados sustentables, por medio de la implantación cotidiana de la filosofía Lean por cada uno de los miembros de la organización.

El TPS es famoso por su enfoque sobre la reducción de siete desperdicios de Toyota para mejorar el valor global del cliente. Pero existen diferentes perspectivas sobre cómo esto se consigue mejor. El crecimiento constante de Toyota, de una pequeña empresa a ser el fabricante de automóviles más grande del mundo, ha ganado atención por cómo se ha logrado esto. La Manufactura Esbelta es entonces una variación del tema de eficiencia basada en la optimización de flujo; es una instancia actual del tema recurrente en la historia de la humanidad hacia el aumento de la eficiencia y la reducción de residuos, utilizando métodos empíricos para decidir lo que importa, en lugar de aceptar ideas preexistentes como verdades absolutas.

De este modo, la Manufactura Lean abarca una serie de preceptos que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, al servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y desechando lo que no se requiere. Así, permite mejorar significativamente las operaciones, con base en dos pilares fundamentales: mejoramiento continuo y respeto por las personas (Cabrera, 2012).

1.3.1. Antecedentes

Se pueden rastrear los orígenes de la Manufactura Lean en la industria japonesa, a finales de la Segunda Guerra Mundial. En aquel momento, Kiichiro Toyoda, fundador de Toyota Motor Company, se dio cuenta de que la productividad de los obreros americanos era nueve veces mayor que la de los obreros japoneses. En estas circunstancias, Taiichi Ohno, quien ya era conocido por haber mejorado la productividad en las fábricas textiles de la familia Toyoda, es contratado por Toyota para incrementar la productividad de la compañía.

Ohno rápidamente se percató de que la baja productividad no podía deberse a que el trabajador americano pudiera hacer físicamente nueve veces más trabajo. El problema, según pensó, era que el trabajador japonés estaba trabajando de una manera muy ineficiente, haciendo muchas tareas que en realidad no eran necesarias, a las que denominó *desperdicios* (“muda” en japonés). Si esos

desperdicios podían ser eliminados, la productividad podría incrementarse en un factor de diez, o tal vez más.

Este concepto de “eliminar los desperdicios” es el motor de los trabajos de Taiichi Ohno en Toyota. Ohno se dedicó sistemáticamente a identificar y eliminar las causas de dichos desperdicios. Los conceptos y herramientas desarrollados durante años de ensayos para el perfeccionamiento de las operaciones productivas de Toyota son organizados y sistematizados en lo que en la actualidad se conoce como el *Sistema Toyota de Producción* (TPS, por sus siglas en inglés). El término “Lean Manufacturing” (traducido frecuentemente al español como *Manufactura Esbelta*) fue utilizado por James Womack y Daniel Jones en su libro “The machine that changed the World”, para referirse a ese conjunto de prácticas de manufactura resumidas en el TPS.

1.3.2. Objetivos

El sistema de Manufactura Lean se define como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- La mejora continua basada en la filosofía Kaizen.
- La mejora consistente de la productividad y de la calidad.

El principal objetivo de la Manufactura Lean es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios; ello con la finalidad de aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. La Manufactura Lean proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige una calidad más alta, así como una entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida.

Específicamente, la Manufactura Lean tiene los siguientes propósitos particulares:

- Reducir la cadena de desperdicios dramáticamente.
- Reducir el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crear sistemas de producción más robustos.
- Crear sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejorar las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

1.3.3. Beneficios

La implantación de la Manufactura Lean es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados, sobre todo a la producción neta de la empresa.

En este sentido, varios de los beneficios que genera son:

- Reducción en costos de producción.
- Reducción de inventarios al mínimo.
- Reducción del tiempo de entrega ("lead time").
- Mejoramiento de la calidad.
- Menor mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de desperdicios.
- Evitar la sobreproducción.
- Tiempo de espera menor (retrasos).
- Reducción de espacio de trabajo.
- Corrección de errores.
- Eliminar movimientos innecesarios.
- Eliminar procesos eficientes.
- Espacio de trabajo con mayor orden.

1.3.4. Proceso

La Manufactura Lean se enfoca en la eliminación de los desperdicios mediante la identificación de siete fuentes principales dentro del sistema de producción Toyota:

1.3.4.1. Tiempos de espera

Cuando el producto se encuentra esperando para ser procesado o entregado. Durante este tiempo, ninguna actividad que agrega valor está sucediendo. Es el caso, por ejemplo, de un lote de producto esperando su turno mientras otro lote se acaba de procesar. En una planta de proceso, un ejemplo de este desperdicio son los tiempos de llenado de tanques y reactores.

1.3.4.2. Transporte

Es el desperdicio ocasionado por mover el material de un lugar a otro sin sufrir ninguna transformación. Por ejemplo, después de fabricado un lote, éste es transportado a un tanque de granel para posteriormente ser conducido por algún medio a granel (pipa o tolva) o hacia contenedores.

1.3.4.3. Inventarios

La fabricación de un producto que no es requerido por la siguiente etapa en la cadena de valor, ya sea otra etapa de proceso (creando un inventario de producto en proceso) o por el cliente (creando un inventario de producto final). Éste es un desperdicio muy costoso, ya que adicionalmente al capital atado al inventario, la conservación, almacenamiento y movimiento de dichos inventarios no agregan valor, consumen dinero y pueden generar pérdidas adicionales por merma en el manejo u obsolescencia.

1.3.4.4. Sobre proceso

Consiste en trabajar en un producto más de lo necesario, debido a un pobre diseño o a procesos deficientes. Por ejemplo, empacar un lote en contenedores

intermedios, para posteriormente empacarlos en su contenedor final. Pero también se refiere a procesos en los que se calientan las materias primas para fabricar a un intermedio, se almacena el intermedio, se enfría, para luego volverlo a calentar para su transformación final.

1.3.4.5. Mermas

Se refiere a la producción de algún lote de producto defectuoso, que no se puede vender al cliente o tiene que ser reprocesado, o rematado a un precio inferior. También puede tratarse de cualquier remanente de producción que no pueda ser vendido.

1.3.4.6. Sobreproducción

Producir anticipadamente más de lo estrictamente necesario a utilizar por la siguiente etapa de proceso o de lo ordenado por el cliente. Típicamente ocurre cuando se realizan “campañas de producción” o se quiere llegar a cumplir cierta “cuota de producción”. Este desperdicio consume materiales y tiempo de equipo de proceso, que muchas veces son necesarios para fabricar otro material que sí es requerido por el cliente.

1.3.4.7. Movimientos innecesarios

Éstos son desplazamientos innecesarios del trabajador para realizar su trabajo, tanto al desplazarse fuera de su lugar de trabajo, como para ir a buscar un material o herramienta que necesite; incluso si el sanitario o el vestidor le quedan muy lejos. También se refiere a los movimientos repetitivos en su estación de trabajo que puedan causar fatiga o alguna lesión de trauma acumulativo.

La Manufactura Lean va más lejos que la reingeniería, al no limitarse al análisis y la mejora de procesos aislados, como el proceso de pedidos de clientes o cuentas por pagar de una gran variedad de productos. Sino al análisis y optimización de cadenas de valor, agilizando la adición de valor de productos específicos en toda su cadena de valor.

Las funciones dentro de una empresa son entonces organizadas, ya no por departamentos, ni como procesos aislados; sino alrededor de familias que toman propiedad de la entera cadena de valor de una familia de productos a lo largo de la empresa.

CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO Y ACTIVIDADES REALIZADAS

Calidad en la Alineación de los Vehículos

El presente capítulo expone, en una primera parte, los principios básicos de la alineación de vehículos automotores, desarrollando los principios básicos de temas tales como alineación, balanceo, cámbel, cáster y toe. A continuación, se presentan las actividades desarrolladas en el Departamento de Calidad en una planta ensambladora automotriz en la Ciudad de Toluca, Estado de México. Cuyo objeto imperativo es el de promover y desarrollar la calidad de los productos ofrecidos por la empresa en cuestión, utilizando los más altos estándares de seguridad y calidad promovidos por el sistema de producción de la compañía; en lo referente a la evaluación de aquellos aspectos y variantes que afectan el rendimiento y la manejabilidad de los vehículos reclamados como tales, por conceptos de alineación de ruedas y de ajuste en parámetros, a partir de las herramientas estadísticas y de control de procesos revisadas en el capítulo anterior.

2.1. Antecedentes de los neumáticos y el sistema de dirección vehicular

Muchos se habrán preguntado por qué los autos del siglo pasado tenían sus ruedas delanteras, y posteriormente las traseras, inclinadas hacia el centro del vehículo en su parte inferior. Esto era muy notorio en los primeros automóviles del siglo XX cuando uno los miraba de frente. En estas líneas, mitad históricas y mitad técnicas, se revisará el porqué de esa situación que con el correr de las décadas desapareció de los autos que se fabrican alrededor del mundo. Ver Figura 2.1.



Un Bugatti de carrera con sus ruedas delanteras con una marcada inclinación positiva o cámbel positivo.

Figura 2.1. Automóvil de principios del siglo XX

Para poder entender el asunto hay que remontarse a la época en que el automóvil no era ni siquiera un sueño alocado de algún constructor. Es menester recalar en los carruajes tirados por caballos y en los caminos de tierra o consolidados por donde transitaban esos vehículos de arrastre.

Las ruedas de las carrozas, si estaban verticales, perfectamente a 90° , tendían a romper el perno que las mantenía en el eje, con la posible volcadura consecuente del carruaje. Porque los caminos estaban abovedados para facilitar el escurrimiento del agua de lluvia. Si el cochero quería mantener la carroza por el medio del camino, no podía hacerlo en forma recta con las ruedas perfectamente verticales.

Al inclinar los pernos de las ruedas hacia abajo, se lograba que las ruedas se separaran en su parte superior y estuvieran más cerca por la parte inferior. Es decir que la trocha superior e inferior era de diferentes distancias. Pero para entender mejor estas palabras, obsérvese la Figura 2.2 a continuación; la cual muestra claramente esta modificación lógica en los carruajes tirados por caballos.



Vemos cómo es la diferencia entre ruedas verticales al suelo y con inclinación positiva. También podemos apreciar la convergencia de las ruedas delanteras y traseras en un carruaje tirado por caballos.

Figura 2.2. Separación de las ruedas en carruajes de principios del siglo XX

Ahora bien, cuando aparecen los primeros carruajes sin caballos, que posteriormente serían conocidos como automóviles, se copió esta disposición de las ruedas sin justificación aparente. Aunque podría deberse a que las primeras carrocerías provenían de carroceros dedicados a las carrozas y para ellos, era natural esta disposición de las ruedas con respecto al suelo.

También se puede argumentar a favor de seguir con la misma inclinación, o cámbler positivo, que los primeros caminos donde circularon los primeros automóviles eran los mismos por donde pasaban las carrozas con caballos, suscitando diversos problemas de tránsito: Eran dos mundos diferentes, desde la velocidad hasta el ruido que generaban.

Los primeros autos copiaron el cámbler positivo para el eje delantero pero no así para el trasero. Y esto porque la mayoría de los automóviles comenzaron a tener tracción trasera. Más adelante, cuando aparece el cardán y el diferencial, las ruedas no podían estar inclinadas, por ser un eje rígido que debía estar a 90°. Eso cambió por completo las primeras suspensiones independientes traseras, con tracción delantera o trasera, volviendo a copiar el viejo esquema de las carrozas.

El problema de la inclinación de las ruedas con cámbler positivo, se comenzó a agravar con el aumento de la potencia y consecuente mayor velocidad que podían desarrollar los automóviles. Las ruedas con esa inclinación tendían a seguir una trayectoria curva y no recta. Pero ese defecto había sido notado en los carruajes con llantas de acero que presentaban un desgaste prematuro en la parte interna. También los pernos de las ruedas delanteras sufrían un desgaste anormal.

Se solucionó el problema acercando, ligeramente, las ruedas delanteras. De esta forma el desgaste pasaba a ser el normal. Había nacido la convergencia de las ruedas delanteras. A mayor inclinación de las ruedas, mayor convergencia. Pero todo esto comenzaría a cambiar con el mejoramiento de los caminos. Ya no se justificaba tener una inclinación positiva en las ruedas, delanteras o traseras. Pero se volvería aplicar cuando aparecieron las suspensiones independientes en el eje trasero.

Muchos recordarán al Fiat 600 o al Mercedes-Benz 170, y a tantos autos europeos con suspensión independiente en el eje trasero con sus ruedas con inclinación positiva. Cosa que cambiaría en la década de 1960 y, en especial, con los neumáticos radiales que tienen una pisada diferente a los neumáticos de lomo redondo. (Luque, P. y Álvarez, D. 2003 pp 45-48. Estudio del automóvil. Investigación de accidentes de tráfico)

Pero como toda evolución, el cámbel ha pasado a ser nulo o negativo. Los autos modernos mantienen sus ruedas en el piso en forma vertical tanto en rectas como en curvas. Pero para eso han pasado muchas décadas, suspensiones, ruedas y autos. Por lo que es bueno saber por qué esos viejos automóviles tenían tan torcidas sus ruedas delanteras vistos de frente.

En la Figura 2.3 siguiente, del lado derecho, se muestra la evolución del cámbel de positivo a negativo y las consecuencias que traen aparejadas en el tema agarre en las curvas. Con un cámbel positivo, con las ruedas inclinadas hacia dentro en su parte inferior, se tiene una menor adherencia en el piso. El ángulo de inclinación se acentúa con una menor pisada del neumático.



Las diferencias entre cámbel nulo, positivo y negativo.
También se puede apreciar en la fotografía el agarre en una
curva con cámbel positivo en el eje trasero.

Figura 2.3. Diferencias entre tipos de cámbel

Con la aparición de los neumáticos radiales, las cosas se comenzaron a complicar. Porque este tipo de neumáticos pierde mucha adherencia en un auto con cámbier positivo y el máximo agarre al piso se logra con un cámbier negativo. Esto comenzó a observarse en algunos autos deportivos en la década de 1970. Lo que decían los viejos conocedores era: “tiene rota la suspensión”. Todo lo contrario, esa suspensión “rota” mejoraba notablemente la tendida, tanto en rectas como en curvas.

Pero esto no se aplica para neumáticos anchos de pista: Los que antaño eran conocidos como “patonas”. En este caso, el cámbier debe ser nulo por el tipo de pisada del neumático tan ancho. En la siguiente Figura 2.4, se ilustra la diferencia entre un neumático radial y otro ancho de pista.

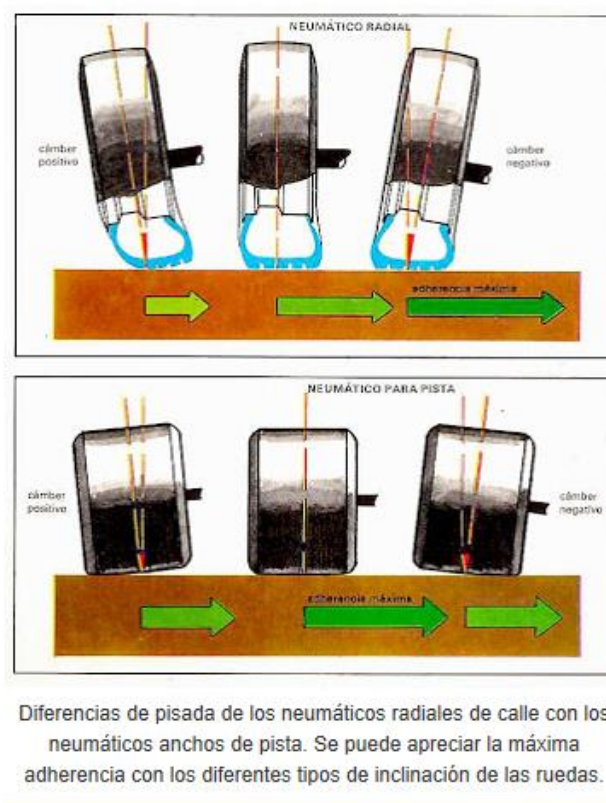


Figura 2.4. Neumático radial y de pista

Habrían de pasar muchos años para que se comprendiera que la inclinación de las ruedas no era lo apropiado para los automóviles; menos aún, cuando los caminos comenzaron a pavimentarse y ya no era necesario circular por el medio de la calzada, a fin de no irse a la banquina por la superficie curvada del camino.

2.1.1. Cámbber

De acuerdo con Tire Rack (2019), una empresa estadounidense especializada en neumáticos y una amplia gama de servicios relacionados con éstos, es el ángulo que forman los neumáticos de un vehículo con respecto a la vertical sobre una superficie horizontal. Se mide en grados, resultando negativa cuando la parte superior de la rueda se inclina hacia adentro y positiva, cuando se inclina hacia afuera (Figura 2.5). La desventaja de un ángulo negativo pronunciado equivale a la reducción de la tracción en línea recta requerida para una aceleración rápida y poder detener súbitamente el vehículo.

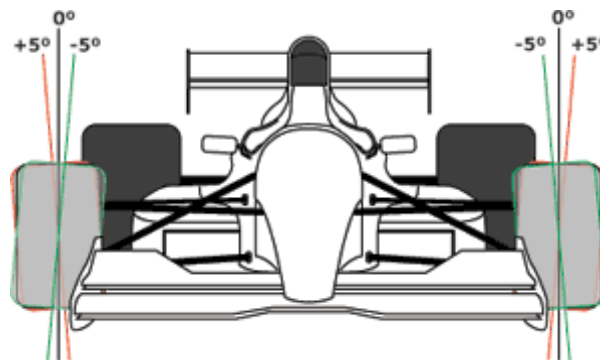


Figura 2.5 Cámbber

Fuente: Tire Rack (2019)

2.1.2. Cáster

Identifica la inclinación hacia adelante o hacia atrás de una línea imaginaria vertical que pasa por la parte de arriba hacia abajo del pivote de dirección, al observar el vehículo desde un costado (Figura 2.6). El ángulo cáster se mide en grados. Es positivo cuando la parte superior de la línea imaginaria vertical se inclina hacia la parte trasera del vehículo y negativo, cuando se inclina hacia el frente. Un ejemplo de ángulo cáster puede distinguirse en la dirección frontal de una motocicleta en su efectividad al tomar curvas (Tire Rack, 2019).

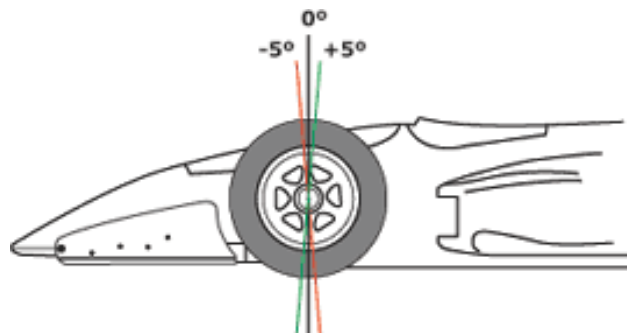


Figura 2.6 Cáster

Fuente: Tire Rack (2019)

2.1.3. Toe

Se trata de un ángulo convergente/divergente que identifica la dirección exacta hacia la cual las ruedas apuntan comparándolas con una línea vertical en el vehículo, al ver las ruedas desde la parte superior (Figura 2.7 Se expresa en grados o fracciones de pulgadas. Si las ruedas apuntan hacia adentro, existe convergencia; a lo contrario se le conoce como divergencia. Los ajustes del toe usualmente sirven para ayudar a compensar los bujes de la suspensión y mejorar la duración del neumático, además de facilitar la maniobrabilidad del vehículo (Tire Rack, 2019).

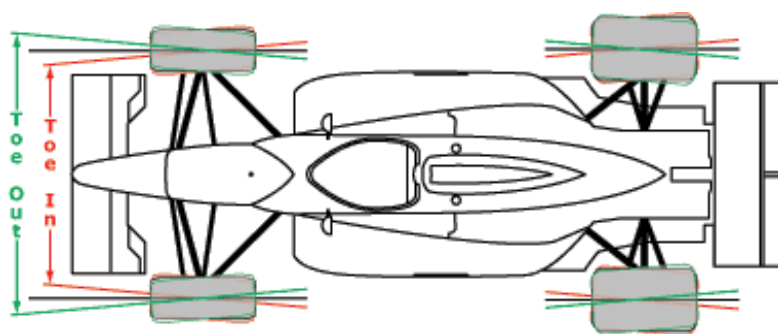


Figura 2.7 Toe

Fuente: Tire Rack (2019)

En conformidad con Tire Rack (2019), los fabricantes de automóviles generalmente establecen una combinación ideal del ángulo cáster (inclinación del eje), del ángulo cámbier (comba) y de la convergencia/divergencia (toe), con un ángulo preferido de empuje igual a cero. Los fabricantes también ofrecen medidas mínimas y máximas para ángulos en cada especificación. El ángulo mínimo o máximo del ángulo cámbier (comba) y del ángulo cáster (inclinación del eje) se encuentran por lo regular en una escala de más menos un grado del ángulo preferido.

2.2. La alineación de las ruedas de un coche

La alineación de las ruedas de un coche es importante para la esperanza de vida de los neumáticos. Una pobre alineación es una de las causas que conduce al desgaste irregular y a la sustitución prematura de los neumáticos. Aunque otros factores, como la carencia de rotación de los neumáticos y el balanceo, pueden conducir al cambio prematuro. Otros ajustes pueden hacerse más a menudo para la alineación del auto y permitir de este modo la longevidad de los neumáticos.

Las condiciones normales de conducción, después de un tiempo, pueden fácilmente causar la necesidad de la alineación de las ruedas. Las condiciones anormales de conducción, como conducir en caminos de tierra o con baches, pueden intensificar el problema y la necesidad de verificaciones técnicas de alineación más frecuentes, con sus respectivos ajustes.

2.2.1. Definición de alineación de neumáticos

Muchas veces, al conducir un automóvil, puede percibirse que el volante vibra o que, al sujetar el volante en un tramo recto de la carretera, el coche se va hacia un lado. Esto se debe a que los neumáticos de dicho vehículo están mal alineados, como consecuencia de golpes contra bordillos, golpes leves repetitivos, atravesar baches a gran velocidad o por sufrir una colisión contra otro vehículo.

La alineación de los neumáticos es un procedimiento que consiste en colocar las ruedas y los ejes del vehículo de manera paralela entre sí y en el ángulo adecuado determinado por el fabricante del modelo del vehículo del que se trate.

2.2.2. Consecuencias de una mala o nula alineación

Los neumáticos, como se ha referido con antelación, pueden estar mal alineados debido a golpes contra bordillos, golpes leves repetitivos, atravesar baches a gran velocidad o por sufrir una colisión contra otro vehículo.

Dado lo anterior, las consecuencias de una mala alineación son las siguientes:

- Disminuye la durabilidad del neumático, ya que una mala alineación da lugar a un desgaste irregular de aquél.
- Una mala alineación de ruedas equivale a un aumento en el consumo de combustible, dado al exceso de fricción del neumático contra la superficie de rodamiento.
- En relación con lo anterior, el vehículo pierde potencia.
- Aumenta el riesgo de un accidente vehicular, debido a la fuerza que debe ejercerse para controlar el volante y a la menor distracción, el vehículo girará hacia un costado.

2.2.3. Tipos de desalineado de neumáticos

Los talleres tienen equipos de medición que miden las cotas del vehículo, con el fin de corregir los posibles desajustes que se hayan producido en los parámetros de dirección en el coche. Dichos parámetros son:

Convergencia y divergencia

Para constatar fácilmente si existe un problema de alineación en los neumáticos, solamente hay que pasar la mano por la banda de rodadura desde su exterior hasta su interior o al revés.

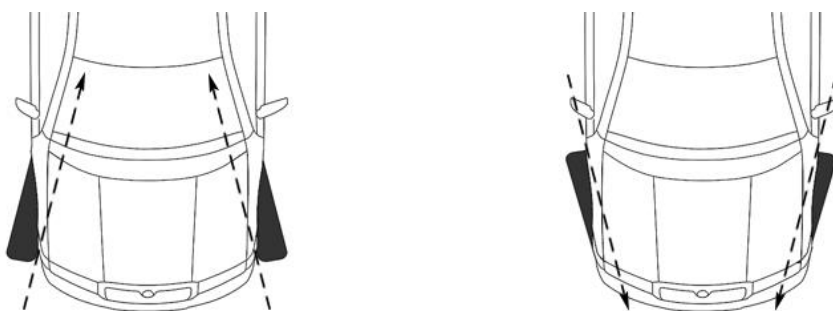


Figura 2.8 Desalineación divergente y convergente

En el coche de la izquierda en la Figura 2.8 se aprecia un problema de divergencia o apertura, ya que si el vehículo se observa de frente, podrá notarse que los neumáticos están desviados hacia fuera. Sin embargo, el coche de la derecha de la imagen muestra problemas de convergencia o cierre porque las ruedas están alineadas hacia el interior.

Ángulo de caída

Expresa cómo están colocadas las ruedas del vehículo al mirarlo de frente. Existen dos tipos de ángulo de caída: positiva y negativa.



Figura 2.9. Desalineación positiva y negativa

En la Figura 2.9 el coche de la izquierda muestra una caída negativa porque la parte superior de la rueda tiene una inclinación hacia dentro del vehículo. Esto hace que la banda de rodadura se desgaste más por el interior que por el exterior. Por el contrario, el coche situado del lado derecho en la Figura 2.9 muestra una caída positiva; ya que la parte superior del neumático se inclina hacia fuera, por lo que la banda de rodadura sufre mayor desgaste en su parte exterior.

2.2.4. Cuándo realizar la alineación de los neumáticos

Deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones:

- Cuando se note un desgaste irregular en los neumáticos, generalmente en la parte exterior, aunque también puede darse en la parte interior.
- Cuando se observe que teniendo centrado el volante, el vehículo no rueda en línea recta.
- Si se aprecia que la dirección del volante está muy dura o rígida.
- Tras sufrir un gran impacto con un bache, bordillo o algo similar.
- Cada vez que se sustituyan los neumáticos, así como algún elemento de la suspensión o de la dirección.
- Cada vez que se lleve a cabo la revisión del vehículo (servicio).

En resumen, llevar los neumáticos del coche correctamente alineados es muy importante; ya que, por ejemplo, no se desgastarán a un ritmo acelerado ni se harán visitas de más a la gasolinera. Por último, no hay un número determinado de kilómetros establecido para hacerle un alineado de ruedas al coche; por lo que en cuanto se aprecie el menor indicio de desgaste irregular, debe realizarle enseguida para evitar las consecuencias de una mala o nula alineación antes referidas.

2.3. Balanceo

De acuerdo con Luque y Álvarez (2003), dos autores españoles que publicaron una obra en la que analizan las condiciones de un vehículo automotriz como parte de la indagación pericial en accidentes de tránsito, el balanceo de los neumáticos se

define como la rotación equidistante de cada uno de éstos en torno al eje del vehículo en el cual están sujetos. De este modo, al existir un equilibrio de fuerzas apropiado alrededor de la circunferencia de la rueda, se evita que vibre la suspensión del coche. *“Esto resulta importante para caracterizar la estabilidad y conducción del vehículo bajo grandes aceleraciones laterales, ya que permite determinar las fuerzas resultantes sobre cada neumático y por tanto analizar la dinámica transversal del vehículo”* (Luque y Álvarez, 2003, p. 156). Además de que un buen balanceo, efectuado de manera periódica, posibilita el mantener las llantas alineadas; lo cual beneficia enormemente el control y maniobrabilidad del automóvil, aumentando la duración de cada neumático con el consecuente ahorro de combustible (ver Figura 2.10).

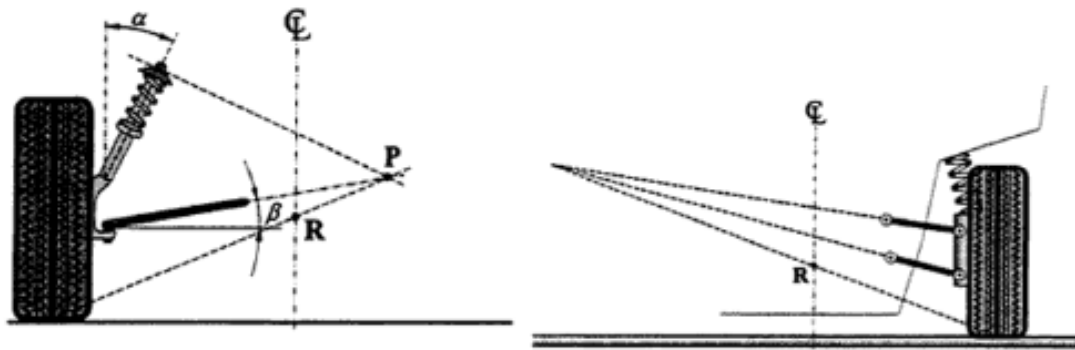


Figura 2.10. Centro de balanceo de una suspensión McPherson y de paralelogramo

Fuente: Luque y Álvarez (2003), p. 156

2.4. Aseguramiento de la calidad de la alineación en una planta ensambladora automotriz

La minuciosidad que pone en sus controles estrictos de calidad la empresa trasnacional, a la cual pertenece la planta ensambladora automotriz de la que se hace referencia en el presente proyecto, se deriva de su misión; compuesta ésta por los siguientes elementos: Contar con clientes satisfechos, recurriendo a la capacidad de la empresa para anticipar y exceder las expectativas de los consumidores; suscitar una rentabilidad superior a todas las compañías de productos automotrices de servicios y de transportación; disponer de un portafolio único de marcas, productos y servicios; consolidarse como una empresa global, respaldándose en su presencia actual en la región de Norteamérica y Europa, expandiéndose a los mercados con mayores oportunidades de negocio, para crecer a un ritmo continuo. La visión de la empresa es crear una compañía extraordinaria para su gente, sus clientes y sus accionistas. Sus creencias son: enfoque al cliente, excelencia, calidad, gente inspirada, innovación, rentabilidad, dinamismo, apertura, capacidad y trabajo en equipo.

2.4.1. Referentes de la planta ensambladora automotriz

La planta ensambladora automotriz se localiza en Toluca, Estado de México, una ciudad caracterizada por su amplio desarrollo industrial y comercial; razón por la cual, además de tratarse de la capital administrativa de la Entidad, es un importante centro de desarrollo económico en la región y del país.

La superficie que ocupa la planta ensambladora automotriz es de 691,780 metros cuadrados. Según datos de 2019, en ella laboran 5,470 empleados contratados por hora y 339 asalariados por contrato fijo, en dos turnos.

La empresa automotriz extranjera que posee esta planta ensambladora en el lugar referido, también cuenta en dicha ciudad con una planta de estampados y un centro de distribución de partes; cuyas instalaciones se encuentran físicamente separadas de la ensambladora.

Ésta es considerada como la única instalación en el mundo donde la empresa trasnacional en referencia produce dos de sus vehículos emblemáticos, mismos que son exportados a más de 60 países alrededor del orbe. Por tal motivo, el factor de la entera satisfacción del cliente es asunto de máxima prioridad.

De este modo, la planta ensambladora en cuestión es reconocida a nivel mundial como una de las que más innovan y marcan tendencia en el mundo, en cuanto a controles estrictos de calidad, con cero tolerancia a errores y mermas. A tal grado que en marzo de 2015, esta planta ensambladora logró el nivel de bronce en World Class Manufacturing (WCM). La WCM (o Manufactura de Clase Mundial, en español) es una metodología que se centra en eliminar el desperdicio, aumentar la productividad, así como mejorar la calidad y la seguridad, de manera sistemática y organizada. Involucra a la fuerza laboral para proporcionar e implementar sugerencias sobre cómo mejorar sus actividades, procedimientos y áreas de trabajo.

Además, dicha planta ensambladora cuenta con una planta de tratamiento de aguas “cero descargas”, motivo por el cual también ha sido distinguida como una “industria limpia”.

La planta ensambladora inició operaciones el 9 de diciembre de 1968. Ha venido produciendo varios modelos de vehículos desde entonces, tanto para el mercado nacional como para exportación; la mayoría, icónicos de la empresa trasnacional a la que pertenece. La producción de uno de ellos concluyó el 9 de julio de 2010, tras más de 10 años de fabricarse, habiendo vendido más de 1.3 millones de unidades alrededor del mundo.

La planta ensambladora comenzó a producir un nuevo modelo de automóvil, con gran demanda internacional, en marzo de 2011, llegando al millón de unidades fabricadas de dicho modelo en noviembre de 2012. La producción de una nueva generación de vehículos, que consolidan el renombre de la empresa trasnacional que los respalda bajo su marca distintiva, inició el 16 de enero de 2017.

La planta ensambladora automotriz se encuentra dividida en diversas áreas funcionales, a fin de poder encargarse de la administración de las autopartes y de los procesos de fabricación de los vehículos que dicha planta ensambladora produce. La atención del presente proyecto se centra en el departamento de calidad.

2.4.2. Organización y funciones del departamento de calidad

Como se comentó en un inicio, es el área de la planta ensambladora que se encarga de dar seguimiento a las políticas, estrategias y acciones que son llevadas a cabo, a fin de asegurar la calidad de clase mundial que respalda a los vehículos que la planta ensambladora produce. Dicho departamento es el mismo que se encarga del seguimiento a los reportes de los clientes, las garantías, remitiéndolos al área correspondiente encargada de su solución: proveedores, procesos internos de planta, las diferentes secciones de planta (carrocerías, pintura, estampados, ensamble), etcétera.

El departamento de calidad está distribuido en cuatro áreas:

- Calidad de línea.
- Proveedores.
- Ingeniería.
- Pruebas.

Su política de calidad de manufactura requiere que se mejore continuamente el sistema de gestión de calidad para los procesos de manufactura automotriz, productos y servicios de la planta. Las metodologías de manufactura de clase mundial son utilizadas para soportar la dirección estratégica de la empresa y proporcionar el marco para establecer y alcanzar los objetivos en todos los niveles. La fuerza de trabajo de clase mundial de la planta está comprometida con la seguridad y satisfacción del cliente.

Para llevar a cabo el aseguramiento de la calidad, este departamento se apoya en las herramientas de control siguientes: Diagrama de Parapeto, diagrama de causa-efecto, gráficas y cuadros, hojas de revisión, histogramas, diagrama de dispersión y cuadros de control. Los procedimientos que se aplican son: Índice de Capacidad Potencial (CP), Índice de Capacidad Real (CPK) y Control Estadístico del Proceso (CP-CPK), con sus correspondientes gráficas y fórmulas. Las actividades que se realizan en este sentido, se describen a continuación.

2.4.3. Aseguramiento de calidad de la alineación de vehículos

La procedencia de los ítems asignados a garantía se genera mes tras mes de los reclamos que los clientes reportan en las diferentes distribuidoras, a lo largo y ancho de los Estados Unidos de América. Estos reportes son descargados de manera electrónica por cada uno de los distribuidores de la red de ventas de los vehículos. El resultado final reportado a la empresa se mide mediante condiciones por cada mil unidades construidas. Es decir, los reclamos de un modo de falla son reportados por cada 1,000 vehículos vendidos. De este modo, si de 1,000 unidades vendidas, tres de ellas presentaron fallas de alineación en garantía, el reporte en cuestión se describe como 3c/1000.

Existe un límite de condiciones en mil por cada modelo producido. En este caso, para el vehículo reportado por fallas en la alineación, el máximo de condiciones previstas por políticas de la empresa es de 93. Visto de otro modo, el diseño de producción para cada vehículo prevé que, por cada 1,000 vehículos vendidos, 93 tengan algún defecto. De preferencia, entre menos fallas en garantía se presenten es mejor. Por ello, se implementan periódicamente estrategias y acciones de mejora continua, tendientes a reducir la cantidad de defectos que un cliente pudiera o no notar durante los primeros meses de uso del vehículo.

La garantía se mide a tres meses y a un mes de servicio. Estadísticamente, y por pruebas realizadas por la empresa, en tres meses los problemas de las unidades se ven reflejados y notados por los clientes, siendo éstas devueltas a los distribuidores por cuestiones de garantía.

De manera mensual, se realiza la junta oficial que determina e informa las fallas en garantía que se presentaron durante ese lapso. Una junta efectuada en enero significa que en ella se atenderán problemáticas de seis meses atrás. Es decir, un vehículo producido en julio, demora aproximadamente tres meses en el proceso de transporte y venta de los distribuidores, y otros tres meses de uso por parte del cliente. Es en ese momento cuando los reportes surgen a la luz para poder darles seguimiento.

Es de crucial importancia reaccionar de manera ágil y efectiva a los problemas porque, conforme con lo que se ha mencionado, hay seis meses de demora entre que la falla es detectada y la corrección que se dará de vuelta en las unidades producidas a la fecha. Así pues, son seis meses el lapso según el procedimiento actual para que el problema se minimice o se pueda eliminar.

El presente proyecto pretende reducir, por variantes del proceso antes mencionado, los problemas de alineación atribuibles a la planta de ensamble; ya que existen otros ítems, como por ejemplo las llantas, que fungen como parte importante en la problemática referida, pero no forma parte del alcance de este proyecto.

2.5 Problemática de Calidad en la Alineación

En el presente capítulo se desarrollan los aspectos metodológicos en que se centra la problemática identificada, con los que se definió el diseño y la implementación del proyecto en mejora de garantía de los vehículos producidos por la planta ensambladora; debido a una alineación deficiente, ya sea por un ajuste mecánico inadecuado de las piezas o porque el procedimiento de la línea de producción no se llevó a cabo de manera correcta, ocasionando una mala experiencia de manejo en los compradores de las unidades afectadas.

2.5.1 Planteamiento del problema

Como parte de las actividades desarrolladas en el departamento de calidad en la planta ensambladora, es imperativo promover y desarrollar la calidad de los productos ofrecidos por la empresa utilizando los más altos estándares de seguridad y calidad promovidos por el sistema de producción de la compañía. El departamento de calidad de la planta ensambladora automotriz, como parte de sus funciones, lleva a cabo análisis estadísticos periódicos en distintos puntos de revisión de los vehículos que son reportados por los distribuidores debido a alguna falla en garantía. Por este motivo, se identifican de manera constante las necesidades que los clientes tienen con los productos que se fabrican dentro de las Instalaciones, a través de los resultados de garantía; los cuales dan seguimiento de forma mensual en cada uno de los distribuidores ubicados en México y en Estados Unidos.

Durante abril de 2016, se presentó un incremento de reclamos por parte de clientes en los Estados Unidos, por problemas de experiencia de manejo en las unidades, ocasionando pérdidas monetarias por la reparación de estas fallas por concepto de garantía. Este tipo de acontecimientos, además de que ocasionan pérdidas para la empresa, incitan a la baja de confiabilidad que el cliente deposita en los vehículos fabricados en la planta ensambladora, repercutiendo en un decremento de las ventas.

Estos resultados de garantía están relacionados con cada uno de los sistemas en los que se pueden diferenciar los componentes de un vehículo: Eléctricos, interiores, chasis, motor, manejo, pintura, suspensión, frenos, exteriores, etcétera. Éstos son analizados de forma independiente para mejorar día tras día contra las exigencias y debilidades que pudieran existir dentro del proceso de producción.

En este caso, el presente proyecto se centra en la alineación de las llantas del vehículo. Las políticas de la empresa prevén un límite máximo de 3.0 en vehículos que son reportados por los clientes por concepto de jalamiento y volante no centrado debidamente. En la Figura 2.11 se aprecia que se detectó un índice en

CC		QA Matrix 28 Toluca Complex										TOP 1 QA MATRIX 28																													
ID - QA Matrix		# De ITEM		*TOP 50		*TOP 20		Departamento Calidad		Area Responsable		Grupo de Producción (BU1)		Departamento Responsable		Tipo de problema		Product		Problem Description		Referring period: Mar - Apr '15		Internal		Total		Detection		Severity		Priority		Impact		Responsible		Activities progress			

En el Diagrama de Pareto de la Figura 2.12, se aprecia nuevamente que el resultado arrojado (3.3) por el análisis que se efectuó es mayor que el límite permitido (1.0) por cada millar de unidades.

Pareto top Issues

A Pareto chart titled 'Pareto top Issues' showing the frequency of various issues. The x-axis lists the issues, and the y-axis shows the count (0 to 4) and the cumulative percentage (0% to 100%). The issues are ranked by count, with the highest count being 4 for 'JC MIL fault code...' and the lowest being 1 for 'JC Uconnect is not...'. A red line represents the cumulative percentage.

Issue	Count	Cumulative Percentage
JC MIL fault code...	4	20%
JC vehicle pulls right...	3	45%
JC Vehicle did not...	2	60%
JC Water is leaking...	2	70%
JC Tire pressure...	1	80%
JC AC not cooling...	1	90%
JC Uconnect is not...	1	100%

68

En un reporte sobre los quince principales problemas corporativos, el jaloneo de los neumáticos hacia un lado al conducirse el vehículo se ubicó en la décima primera posición, con un índice de 0.08 por cada millar de unidades producidas de manera global, superior al límite máximo tolerado por las políticas de calidad de la empresa (ver Figura 2.13).

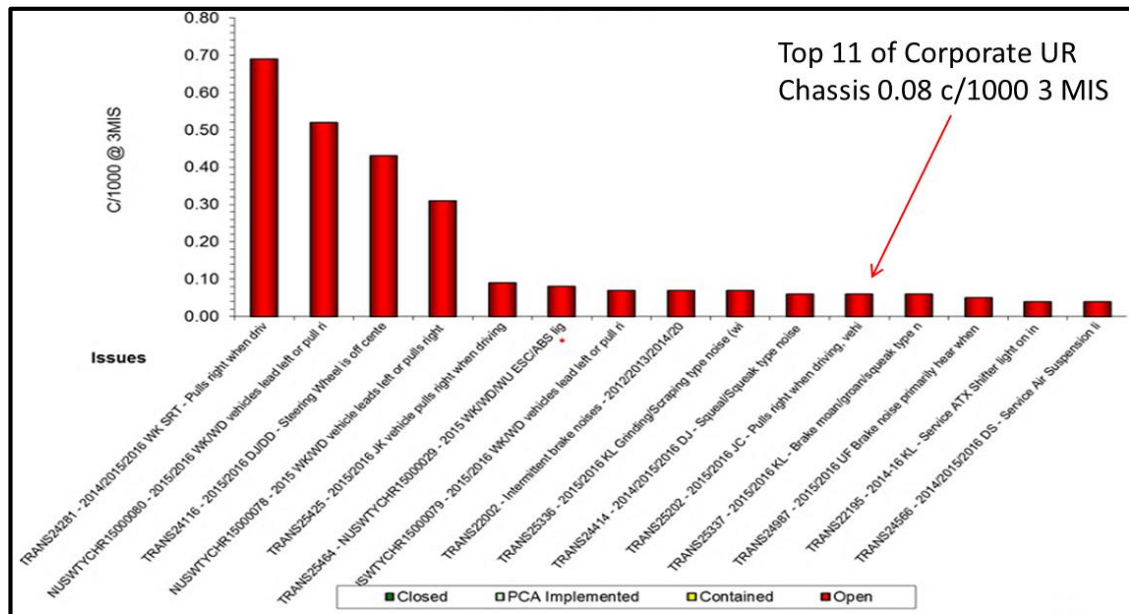


Figura 2.13 Problemas corporativos principales

En un reporte de prioridades actualizadas con respecto a la transmisión del chasis, el jaloneo de lado en la conducción se ubicaba en primer lugar, así como el porcentaje más alto en los últimos 3 y 12 meses (ver Figura 2.14).

IssueNumber	Customer Issue	Color	Priority	Current MOP	Last 12 Months Avg	3 Months Avg
TRANS24281	2014/2015/2016 WK SRT - Pulls right when driving	Red	2.14	0.69	0.54	0.71
NUSWTCYCHR15000080	2015/2016 WK/WD vehicles lead left or pull right when driving due to sensitivity to flat road bias. Shadow Transmittal 25634	Red	2.04	0.52	0.43	0.58
TRANS22002	Intermittent brake noises - 2012/2013/2014/2015 MK affects CQI	Red	1.50	0.07	0.30	0.31
TRANS24987	2015/2016 UF Brake noise primarily hear when vehicle is in reverse (affects CQI), vehicles built after 8-5-2015 equipped with the BRG Brake Package	Yellow	1.35	0.05	0.13	0.15
NUSWTCYCHR15000079	2015/2016 WK/WD vehicles lead left or pull right when driving due to Mobis pre alignment failures. Shadow Transmittal 25635	Red	1.14	0.07	0.06	0.08
TRANS25017	2015/2016 DS Brakes squeal when stopping - affects CQI	Yellow	1.10	0.09	0.06	0.06
TRANS24410	Power Steering has Low or No Assist - 2015/2016 PF KL UF	Yellow	1.09	0.02	0.04	0.05
TRANS25425	2015/2016 JK vehicle pulls right when driving, vehicles built after 2-21-2015	Red	1.06	0.09	0.09	0.08
NUSCUSCHR15000266	TPM lamp on, service TPM message, sensors damaged during assembly	Red	1.06	0.07	0.10	0.05
TRANS23820	2014/2015/2016 JC - Tire/Wheel imbalance, vehicles equipped with a 17 x 6.5 Steel Wheel, Sales Code WFU	Yellow	1.06	0.04	0.04	0.05
TRANS24799	Scraping / Squealing Noise in Front of Vehicle (Adjust Brake Splash Shield) - 2015/2016 WK, WD - affects CQI	Yellow	1.06	0.02	0.04	0.05
TRANS25466	2014/2015/2016 DS - Service Air Suspension light on in cluster	Red	1.05	0.04	0.03	0.03
TRANS25242	2015/2016 WK/WD - Rattle/Thump/Clunk type noise from rear or front suspension, vehicles equipped with rear Nivomat shocks built after 5-14-15	Red	1.05	0.04	0.03	0.04
TRANS24414	2014/2015/2016 DJ - Squeal/Squeak type noise from under vehicle due to park brake cable rubbing on rear axle - affects CQI	Red	1.05	0.06	0.07	0.06
TRANS25336	2015/2016 KL Grinding/Scraping type noise (wire brush) from the brakes (affects CQI)	Red	1.04	0.07	0.07	0.05
TRANS25024	2015/2016 PF - Key stuck in ignition (Trans Shifter)	Red	1.04	0.01	0.01	0.02
TRANS25337	2015/2016 KL - Brake moan/groan/squeak type noise in reverse or forward (affects CQI)	Red	1.04	0.06	0.06	0.05
TRANS22536	2013/2014/2015/2016 DS - Spring, front with air suspension failure (cold weather related)	Red	1.04	0.03	0.02	0.02
TRANS22408	2014/2015/2016 JK-ABS/ESC Light on in I/P Cluster due to various front and rear fault codes	Yellow	1.03	0.02	0.06	0.04
TRANS22195	2014-16 KL - Service ATX Shifter light on in cluster and or excessive load to get it out of neutral resulting in a damaged shifter	Red	1.03	0.04	0.03	0.03

Figura 2.14. Prioridad actualizada para transmisión del chasis

Tal condición se vio persistente en mediciones efectuadas durante cuatro ciclos de seis meses cada uno, como puede apreciarse en la Figura 2.15 con respecto a la máxima protección contra corriente (MOP) y al sistema de información administrativa generado en ese momento. Además, en una encuesta de satisfacción al cliente acerca de su experiencia de manejo al conducir su vehículo recién adquirido, los rubros referentes a la percepción de la dirección del auto en línea recta, así como de la maniobrabilidad y estabilidad de éste a altas velocidades y en curvas, arrojaron resultados muy por encima de los estándares permisibles por los estándares de calidad de la empresa (ver Figura. 2.16).

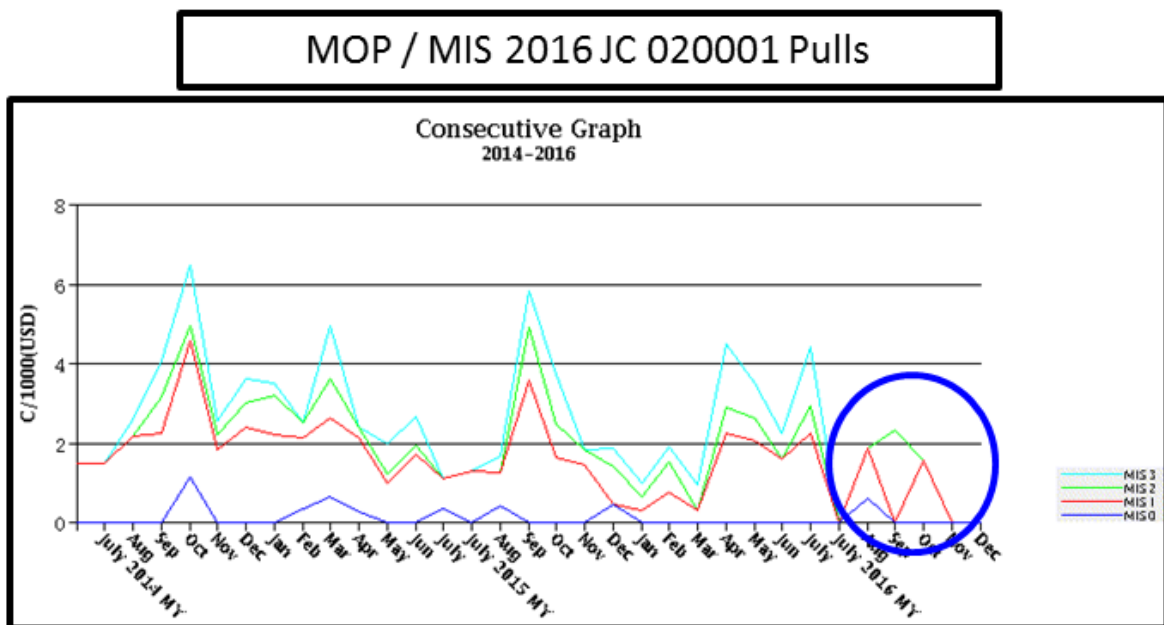


Figura 2,15. Máxima protección contra sobre-corriente / Sistema de información administrativa

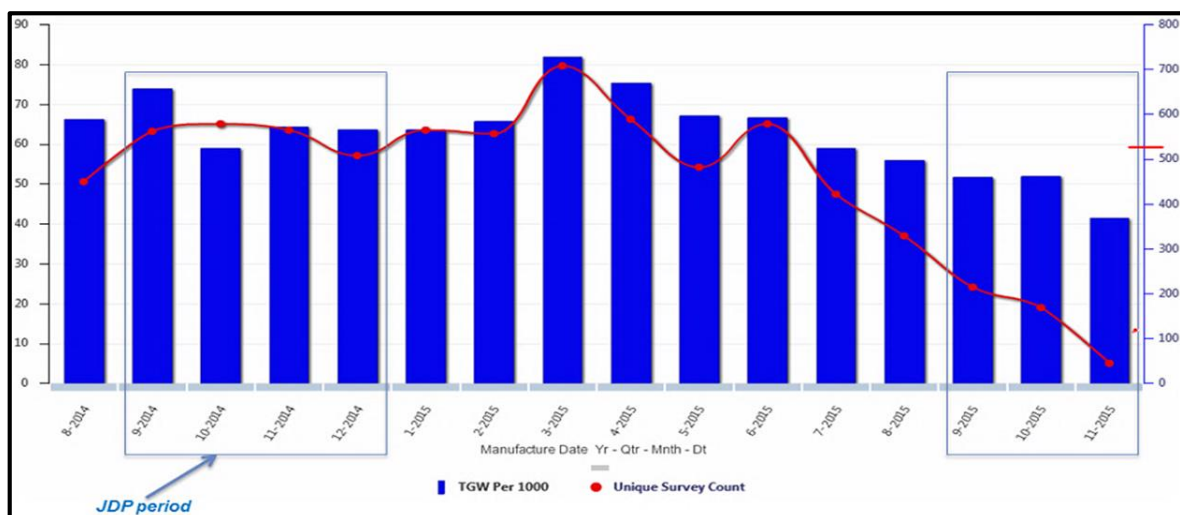


Figura 2.16. Mejora continua de calidad (CQI) midiendo la satisfacción del cliente

En la Figura 2.17 siguiente se observa que los indicadores previamente expuestos, que se ven reflejados en los reclamos en garantía de los compradores de los vehículos producidos por la planta de ensamble, a través de los distribuidores concesionados por la empresa alrededor del mundo, poseen un estatus promedio de siete meses para los componentes de la transmisión del chasis; entre los que el jaloneo de lado por fallas en garantía de la alineación representa el objeto del presente proyecto. El spill indicator, identifica la cantidad de unidades rechazadas hasta el momento en las que se realiza alguna corrección en la Planta de ensamble a través del año, en la tabla se puede identificar un incremento significativo en los reclamos durante el año expuesto

QSI QUALITY SPILL INDICATOR																									
			Transmittals			Monthly Raw Claims														Spike Metrics					
PL	LOP	DESC	Transmittal	Trans. Status	Open Red	2015/02	2015/03	2015/04	2015/05	2015/06	2015/07	2015/08	2015/09	2015/10	2015/11	2015/12	2016/01	Avg. MIS	Sparklines	Claims Last 17 Months	Threshold Perc.	Spike Risk	SR	DR	URSR
JT			JT			2015/02	2015/03	2015/04	2015/05	2015/06	2015/07	2015/08	2015/09	2015/10	2015/11	2015/12	2016/01	Avg. MIS	Sparklines	Claims Last 17 Months	Threshold Perc.	Spike Risk	SR	DR	URSR
JC - 020001		Wheel alignment	(1)23289 G X-201	>7 Months	Y	19	18	30	18	15	15	4	4	4	0	0	0	3.1		27	135%	0	Harbangel	Alignment/Susp	UR 03 SR 01
FE - 020001		Wheel alignment	(1)24120 G X-201	>7 Months	N	3	4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2.3		1	20%	0	Harbangel	Alignment/Susp	UR 03 SR 01
FF - 020001		Wheel alignment	(24120 G X-2015	>7 Months	N	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1.7		1	20%	0	Harbangel	Alignment/Susp	UR 03 SR 01
FW - 020001		Wheel alignment	(24120 G X-2015	>7 Months	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.8		0	0%	0	Harbangel	Alignment/Susp	UR 03 SR 01
FX - 020001		Wheel alignment	(24120 G X-2015	>7 Months	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0		0	0%	0	Harbangel	Alignment/Susp	UR 03 SR 01

Figura 2.17. Indicador de calidad total sobre cero reclamos

Ante tal situación, se plantea la necesidad prioritaria y urgente de disponer de un instrumento con su correspondiente procedimiento que permitan asegurar la calidad, bajo una filosofía de cero defectos y cero mermas, de la alineación en los vehículos producidos por la planta ensambladora; con lo cual disminuyan los reportes por fallas en garantía por jaloneo del vehículo mientras es conducido de manera recta o al hacer girar el volante durante el manejo.

RESULTADOS VS OBJETIVOS

El “Proyecto jaloneo del vehículo durante el manejo” fue implementado a través de una metodología Kaizen de tipo avanzado, aplicando las siguientes herramientas: 5G, 5W+1H, 5 WHY, 4M+1D, PARETTO, SOP, OPL, 7QC TOOLS, QA MATRIX, 7Q STEPS, CP&CPK, GR&R y PPA.

Se llevó a cabo como resultado de la identificación de un número mayor de clientes afectados por la alineación deficiente de fábrica en sus coches adquiridos, viéndose obligados a enviar sus unidades a reparación por concepto de jaloneo y por volante no centrado correctamente.

Se enfocó en las pérdidas derivadas por verificación de calidad y reparaciones. Los componentes del proceso de alineación que se consideraron fueron: Llantas, suspensión, amortiguadores, carrocería, cuna del chasis, cubierta de la suspensión, volante, especificaciones de medición, prueba Kemkraft y columna de dirección. Asimismo, se tomó en cuenta la distribución de cada uno de los componentes de ensamble vehicular en el área de producción automotriz.

En el presente capítulo se describe su diseño e implementación, así como la recopilación de los datos obtenidos y las acciones correctivas derivadas del análisis de los mismos. Así mismo se generó el equipo de trabajo para el desarrollo del mismo, del cual incluye personal de Mantenimiento, Producción, Ingeniería y los especialistas del tema de alineación del Corporativo localizado en Detroit USA.

Identificación del problema

Las pruebas efectuadas arrojaron una desviación del volante con respecto al centro, al conducir el vehículo de frente, como se muestra en la Figura 1.

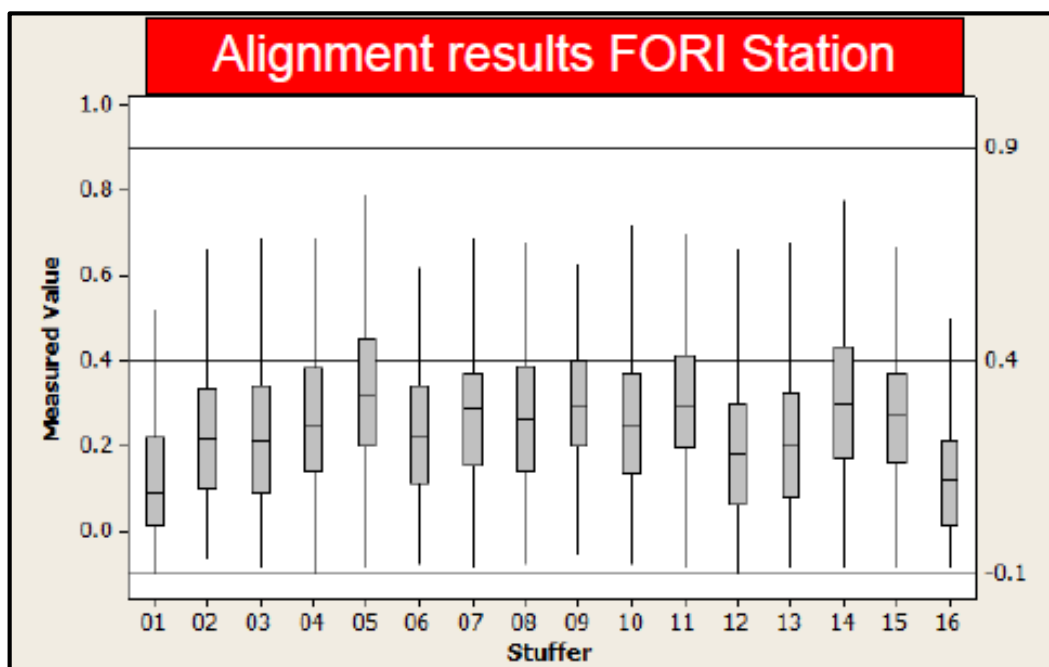


Figura 1. Resultados prueba de alineación

Los resultados obtenidos reflejaban una desviación de <0.4 con respecto a los estándares permisibles por las políticas de calidad de la empresa, determinándose la necesidad de solventar debidamente esta problemática. El valor de cross camber para el vehículo JC está determinado en el valor nominal de 0.4, como se muestra en la Figura 1, los valores en los que las Unidades salen de planta están por debajo de su valor nominal

Establecimiento de metas de calidad

A partir de los componentes involucrados en el proceso de alineación (ver Figura 2), así como de la ubicación de los puntos en la línea de producción donde son incorporados en el ensamblaje del vehículo (ver Figura 3), se establecieron revisiones específicas de los ángulos cáster, cámben y toe, con la finalidad de determinar los factores reales causantes de la problemática detectada.

De acuerdo con la metodología del Kaizen, en esta fase de planificación de la calidad se procedió al establecimiento de las metas de la calidad deseada, en función de la identificación de los clientes y de sus necesidades, considerando el proceso de producción del producto en conjunto con la comprobación de los aciertos en el mismo.

En cuanto a los principios de la Manufactura Lean, el objetivo primordial en este paso consistió en la mejora consistente de la productividad y de la calidad en la alineación de los vehículos producidos, mediante la eliminación adecuadamente planificada de cualquier clase de merma que estuviera ocasionando la problemática detectada.

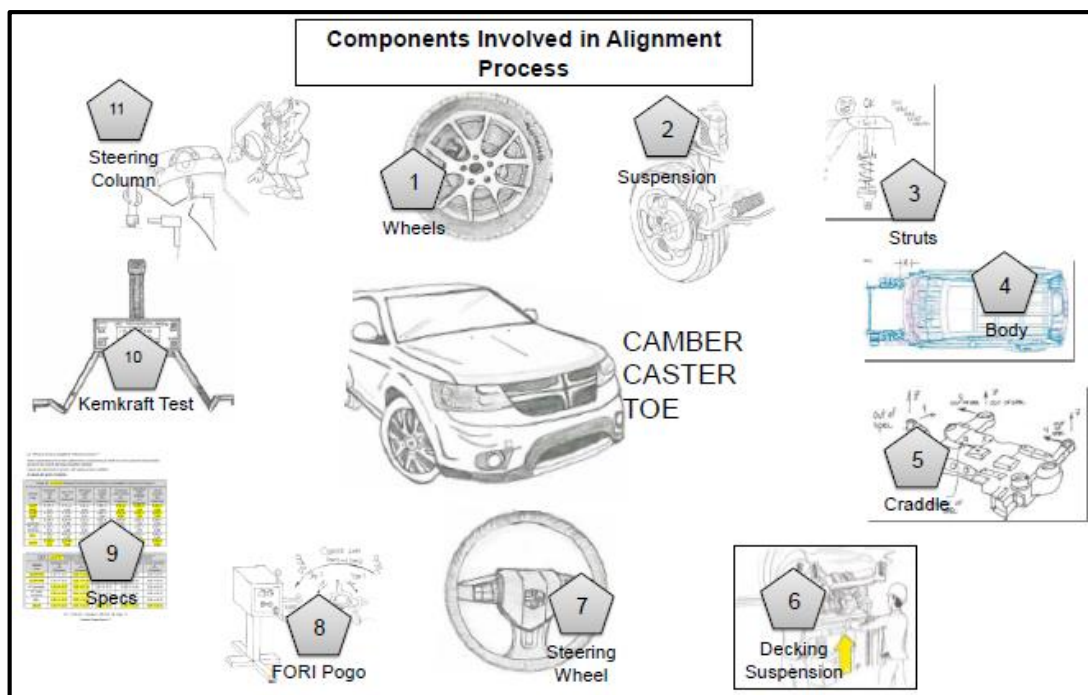


Figura 2. Componentes de la alineación

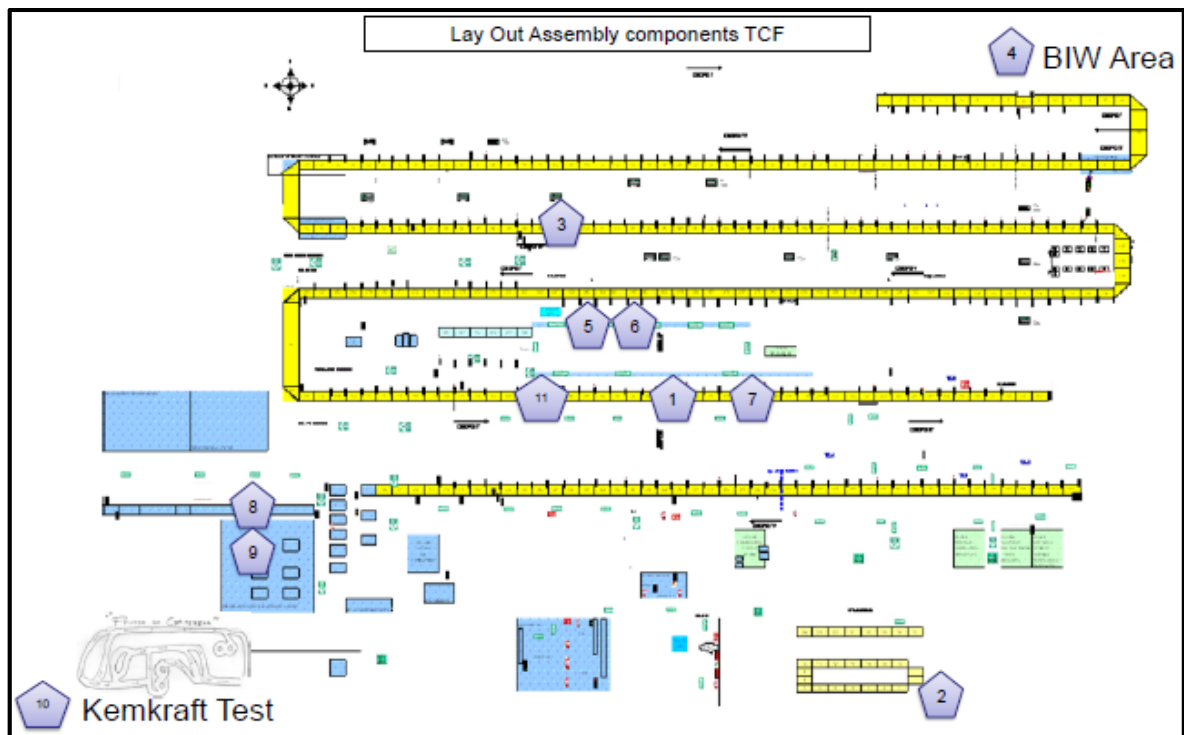


Figura 3. Distribución de la línea de ensamblaje (lay out)

A partir de los resultados obtenidos en las mediciones del ángulo cáster, cámbier y toe, cuyos índices de variación fueron significativos, ameritando una mejora del proceso (ver Figura 4), se precisaron los componentes de la alineación que representaban la causa concreta de la problemática identificada, ubicándose en el cámbier (Figura 5).

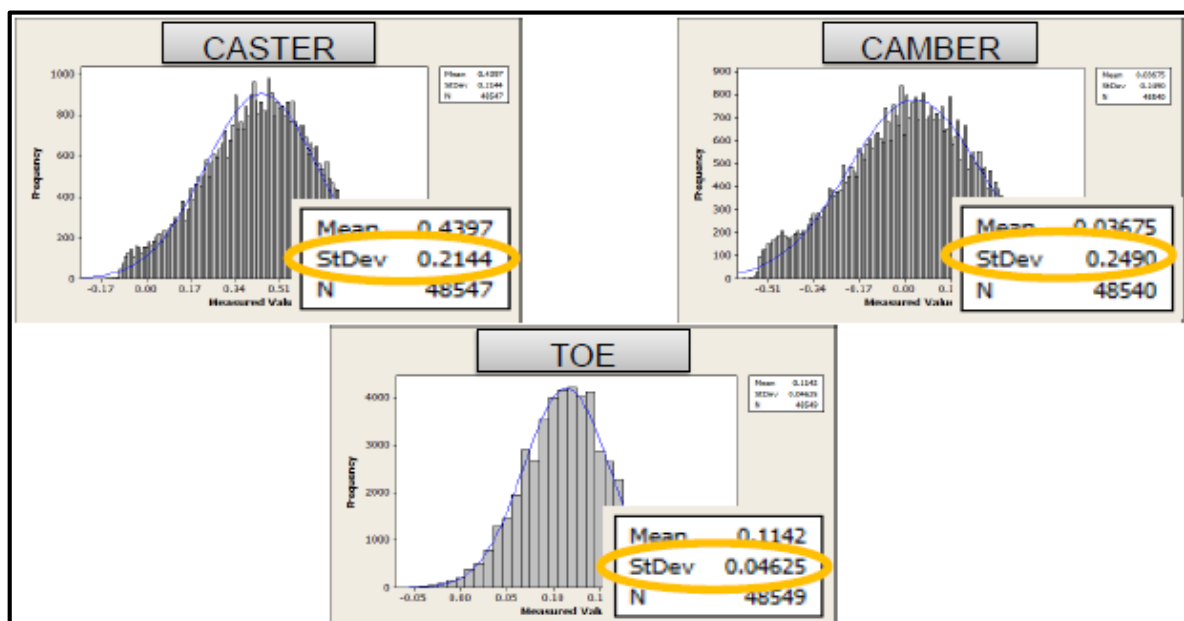


Figura 4. Variaciones resultantes en pruebas de cáster, cámbier y toe

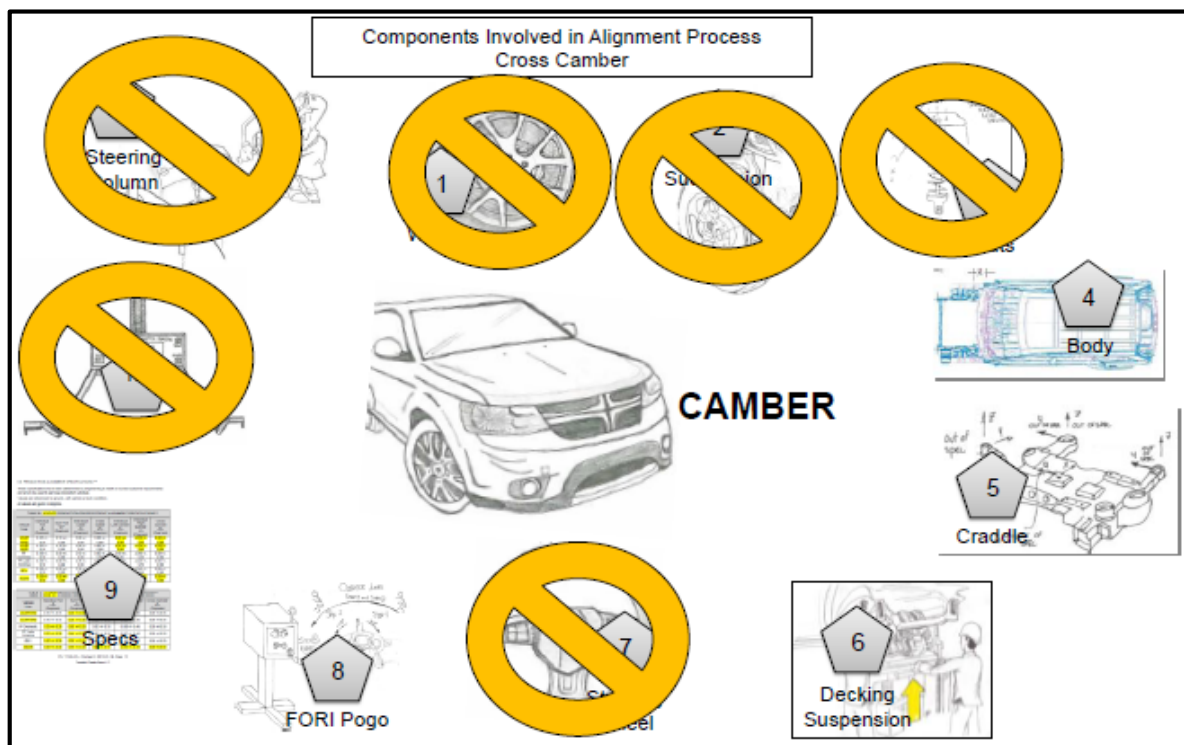


Figura 5. Causas raíz identificadas en ángulo cámbel

La meta de calidad establecida fue reducir los reclamos por fallas en garantía, y sus costos por reparación generados por unidad con jalamiento de la dirección, mediante la corrección en la variación del cámbel encontrada, disminuyendo ésta de 3.3c/1000 a 2.0c/1000 o menos.

Los estándares de calidad que se definieron se presentan en las Figuras 6 a la 19 a continuación.

NAME	1.1 Dowel Pin
PURPOSE	Guide stuffer position to the Body at the motor and front suspension during marriage process
FUNCTION	Holding the stuffer, and its pallet position relative to the Body avoiding irregular motion in "X" and "Y" axis
COMPONENTS	1.1.1 Dowel Pin 1.1.2 4mm X 15mm screw 1.1.3 4mm lock washer 1.1.4 4mm nut
PRINCIPLE OF OPERATION	The 4-Way dowel pin is lifted and positioned in to Body PLP and use mechanical force to attach stuffer to Body without relative motion on "X" and "Y" axis
OPERATING STANDARS	1.1.1 5mm deviation on dowel pin "Y" and "X" axis 1.1.1 24.8 +0.0/ - 0.9mm dowel pin upper diameter 1.1.1 12.5 +0.0/ - 0.5mm dowel pin lower diameter 1.1.1 80+ /- 1.0mm tall 1.1.1 90° +/- 5° from horizontal 1.1.2 tightened @ 2.5 +/- 0.5Nm 1.1.3 Must be a lock washer, not normal washer 1.1.4 tightened @ 2.5 +/- 0.5Nm



Figura 6. Estándares de calidad para pasador

NAME	1.2 Upper Arm
PURPOSE	Give support and robustness to the dowel pin.
FUNCTION	Place in correct height and maintain the dowel pin steady on its position during marriage process.
COMPONENTS	1.2.1 Upper arm Body 1.2.2 Secure pin bushing 1.2.3 Hinge bolt bushing
PRINCIPLE OF OPERATION	Using mechanical force, Upper Arm maintains the position of the dowel pin on the "X" and "Y" Axis, it also allows the pin to reach its height. The Lower and Upper Arms are connected by a secure pin and a hinge bolt with bushings in between.
OPERATING STANDARS	1.2.1 970 mm between 4 way and 2 way dowel pins on "Y" axis 1.2.1 Max 5mm deviation dowel pins, measured at the tip of the dowel pins. 1.2.1 800mm +/- 10mm tall 1.2.1 90° +/- 3° from horizontal 1.2.1 12.5 + 0.5/ -0.0mm internal diameter @ dowel pin joint. 1.2.1 Not bent or fracture present 1.2.2 12mm +0.5mm/-0.0mm internal diameter 1.2.3 12mm +1.5 mm/-0.0mm internal diameter

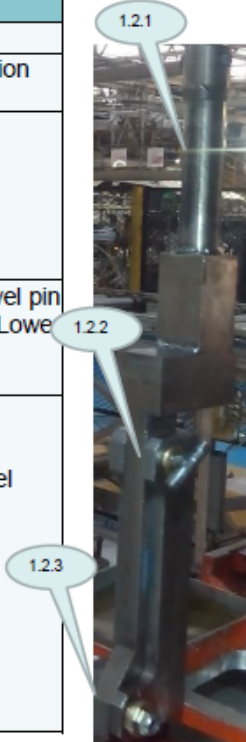


Figura 7. Estándares de calidad para brazo superior

NAME	1.3 Lower Arm	
PURPOSE	To keep the Upper Arm in position	
FUNCTION	Connects the arm support to the Upper Arm. Allows the Upper Arm and Dowel Pin to go up and down freely with out moving on the "X" and "Y" axis.	
COMPONENTS	1.3.1 Lower arm Body 1.3.2 Secure pin bushings (2) 1.3.3 Secure pin 1.3.4 Hinge bolt bushings (2) 1.3.5 5mm Hinge Bolt 1.3.6 5mm Hinge lock nut 1.3.7 Hinge washers	
PRINCIPLE OF OPERATION	Using mechanical force, lower arm uphold the position from the Upper Arm to the Arm Support. Upper and Lower Arm can go up and down without any movement on "X" axis thanks to linear bearings at the Arm Support.	
OPERATING STANDARS	1.3.1 970 mm between 4 way and 2 way dowel pins on "Y" axis 1.3.1 Max 5mm deviation dowel pins, measured at the tip of the dowel pins. 1.3.1 XXXXXX mm +/- 10mm tall 1.3.1 90° +/- 3° from horizontal 1.3.1 Not bent or fracture present 1.3.2 12mm +0.5mm/-0.0mm internal diameter 1.3.3 11.8 mm +0.0mm/-0.3mm secure pin diameter 1.3.4 12mm +1.5 mm/-0.0mm internal diameter 1.3.5 tightened @ 3.5 +/- 0.5Nm 1.3.6 Must be a lock nut	

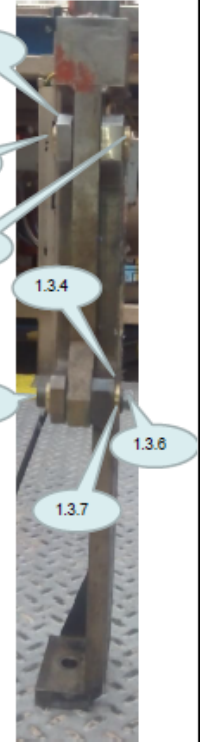


Figura 8. Estándares de calidad para brazo inferior

NAME	1.4 Arm Support	
PURPOSE	Connect the Arm and dowel pin to the rest of the stuffer. Allows the machine to be set according FARO ARM measurements.	
FUNCTION	Guide the Arm and dowel pin to the Body's PLP with the position set. Gives support to all the arm and dowel pin during the marriage process.	
COMPONENTS	1.4.1 Linear Bearings 1.4.2 Linear bearings guide 1.4.3 Shim Package 1.4.4 Arm Support Body 1.4.5 Linear Bearings bolts (8) 1.4.6 Shim Package bolts (8)	
PRINCIPLE OF OPERATION	Used on stuffer to keep the guide pin arm in position. Also the shim package is used to adjust the complete arm position in order to attain required measurements with FARO arm.	
OPERATING STANDARS	1.4.1 Lubricated 1.4.1 Arm moves up and down freely 1.4.2 With out burs or dents 1.4.3 Shims must be measured prior installation 1.4.4 970 mm between pins on "Y" axis 1.4.4 5mm deviation on individual dowel pins "Y" and "X" axis 1.4.4 90° from horizontal 1.4.4 No bent or fracture present 1.4.5 Torqued @ 5 +/- 0.5 Nm 1.4.6 Torqued @ 5 +/- 0.5 Nm	

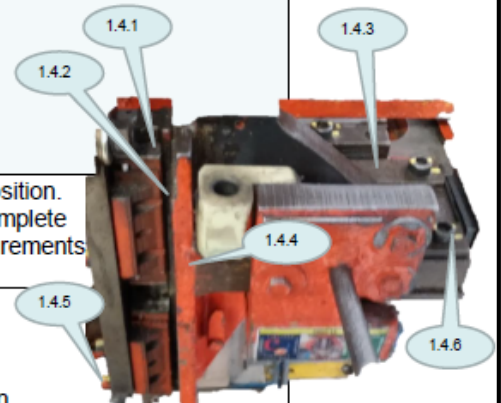


Figura 9. Estándares de calidad para soporte de brazo

NAME	1.5 Force spring	
PURPOSE	Allows the guide arm to move up and down.	
FUNCTION	Force spring lets the operator to adjust dowel pin height prior the dowel pin insertion into Bodys PLP.	
COMPONENTS	1.5.1 Spring 1.5.2 Inner Rod 1.5.3 Bolt (1) 1.5.4 Base	
PRINCIPLE OF OPERATION	Using springs capacity to storage potential energy and recover to its initial position, operator can move freely the arm up and down in order to get the correct dowel pin position.	
OPERATING STANDARS	1.5.1 26in +/- 2in unloaded and 23in. +/- 1.5in. loaded. 1.5.1 No fractures on the spring 1.5.2 38mm upper diameter and 50mm lower diameter 1.5.3 Torqued @ 5 +/- 0.5 Nm 1.5.3 Once torqued, bolt position must have positive buyoff. 1.5.4 40mm inner diameter	

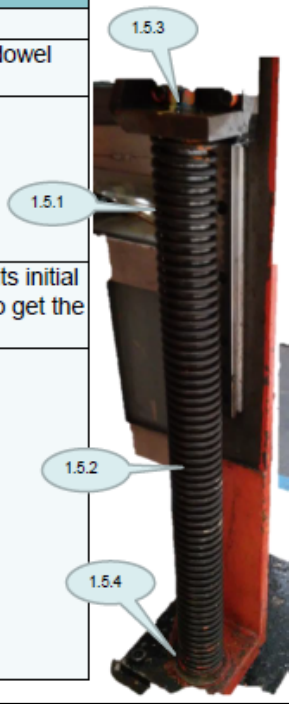


Figura 10. Estándares de calidad para fuerza de resorte

NAME	2.1 Oil Vessel	
PURPOSE	To fill the hydraulic piston that lifts stuffer table	
FUNCTION	Pressurized air comes in to the top of the vessel and pressurized oil comes out to impulse the hydraulic piston	
COMPONENTS	2.1.1 Oil Vessel Body 2.1.2 Oil level 2.1.3 Level Hose 2.1.4 Internal Seals	
PRINCIPLE OF OPERATION	Transforms pneumatic pressure into hydraulic pressure using communicating Vessels	
OPERATING STANDARS	2.1.1 80 psi pneumatic pressure 2.1.1 No leaks, check by visual inspection 2.1.2 Oil level in green area 2.1.3 No leaks, checked by visual inspection 2.1.4 No oil coming out from the pneumatic valve. 2.1.4 Stuffer table lifts free	



Figura 11 Estándares de calidad para recipiente de aceite

NAME	2.2 Hydraulic piston	
PURPOSE	Raise the stuffer table	
FUNCTION	Raising the stuffer table and guide pins in a even and steady movement in to the assembly position	
COMPONENTS	2.2.1 Cylinder Body 2.2.2 Piston Rod 2.2.3 Barrel 2.2.4 Sealing Kit PK802HLL01 2.2.5 Bolts M10 (6)	
PRINCIPLE OF OPERATION	Using hydraulic pressure, piston lifts motor and front suspension in to marriage position on the "Z" Axis	
OPERATING STANDARS	2.2.1 Without intremal scratches 2.2.1 No visual external damage 2.2.2 No bents nor scratches 2.2.2 Zero leaks from the seal 2.2.2 Torqued @ 149 - 155 Nm 2.2.3 No internal scratches 2.2.3 Complete internal seals 2.2.4 No leaks, no damage on seal kit 2.2.5 Torqued @ 25-30 Nm	

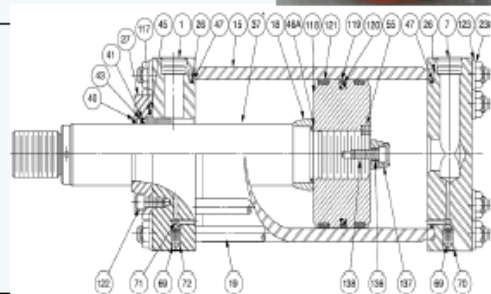
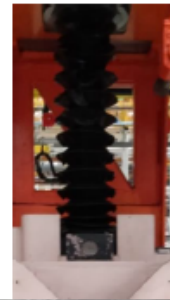


Figura 12 Estándares de calidad para pistón hidráulico

NAME	2.3 Hydraulic Valves (2)	
PURPOSE	Control the oil flow from the vessel to the hydraulic piston	
FUNCTION	Open and close valves in order to raise or lower the stuffer table.	
COMPONENTS	2.3.1 Cover 2.3.2 Housing 2.3.3 Shaft 2.3.4 External screws 2.3.5 Locknuts 2.3.6 Seals 2.3.7 VAPB-1 ball valve	
PRINCIPLE OF OPERATION	Pressurizing the cylinder chambers causes the pistons in the DRD to move back and forth. Linear motion is converted into rotary motion by means of a rack and pinion gear, of which is transmitted to a semi-rotary valve.	
OPERATING STANDARS	2.3.1 No dents or visible damage 2.3.2 No scratches 2.3.3 Moving free 2.3.4 Torqued @ 2.5 Nm 2.3.5 Torqued @ 2.5 Nm 2.3.6 No Air leaks at actuator 2.3.7 No Oil leaks	

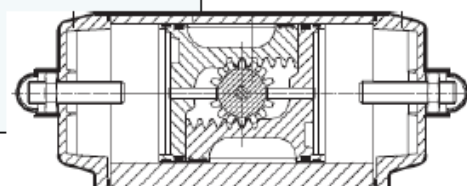
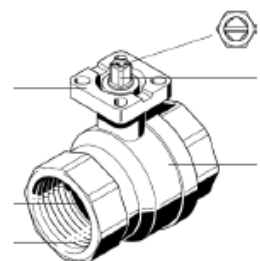


Figura 13. Estándares de calidad para válvulas hidráulicas

NAME	2.4 Piping
PURPOSE	Raise the stuffer table
FUNCTION	Transmits hydraulic fluid from oil vessel to hydraulic piston
COMPONENTS	2.4.1 Pipelines 2.4.2 Conectors
PRINCIPLE OF OPERATION	Hydraulic force created at the Oil Vessel is transmitted to the Hydraulic Cylinder thru this subsystem
OPERATING STANDARS	2.4.1 Tightened with out leaks 2.4.2 Tightened with out leaks

Figura 14. Estándares de calidad para tubería del pistón hidráulico

NAME	3.1 Actuator
PURPOSE	To move the stuffer table in to position
FUNCTION	Depending on the stuffer position actuators activate in order to set the stuffer pallets in position
COMPONENTS	3.1.1 Piston 3.1.2 Barrel 3.1.3 Piston Rod 3.1.4 Seal Kit P1D-6MRN 3.1.5 Bolts (4)
PRINCIPLE OF OPERATION	Pneumatic actuator transforms pneumatic pressure in to movement, this movement is used to set the stuffer table in position
OPERATING STANDARS	3.1.1 Air pressure @ 60psi min, 150psi max. 3.1.1 No leaks at ports 3.1.2 No scratches or dents 3.1.3 No scratches 3.1.3 Moving Free without rod bents 3.1.4 No air leaks thru seals 3.1.5 Torque @ 6 +/- 0.5 Nm

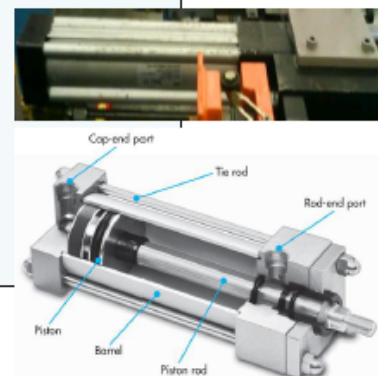


Figura 15 Estándares de calidad para actuador

NAME	3.2 Air Tank	
PURPOSE	Supply air to the stuffer during the process	
FUNCTION	Air tank is filled with enough amount of pressurized air to provide to all the actuators, valves and piston thru all the process without the need to refill.	
COMPONENTS	3.2.1 Air tank Body 3.2.2 Manometer 3.3.3 Safety Valve	
PRINCIPLE OF OPERATION	Air tank work as an air reservoir to give enough amount of air to the stuffer without the need of external piping	
OPERATING STANDARS	3.2.1 Regulated air @ 80 +/- 5 psi 3.2.2 No leaks 3.2.2 Measuring correctly 3.3.3 Set @ 100 psi 3.3.3 No leaks	



Figura 16. Estándares de calidad para tanque de aire

NAME	3.3 Pneumatic Valves	
PURPOSE	Supply air where required	
FUNCTION	According to the stage on the process, pneumatic valves actuate in order to provide air wherever is needed.	
COMPONENTS	3.3.1 Limit Switches 3.3.2 Logic Valves 3.3.3 Control Valves	
PRINCIPLE OF OPERATION	Using different chambers, pneumatic valve change the air flow from one point to another	
OPERATING STANDARS		

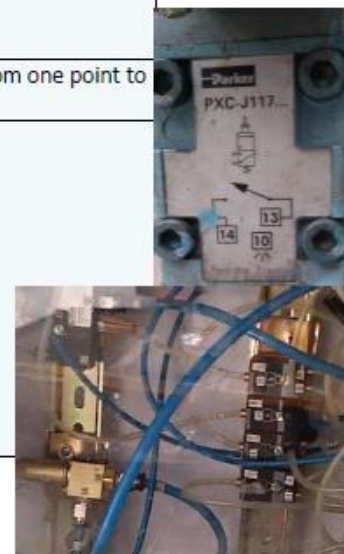


Figura 17. Estándares de calidad para válvulas neumáticas

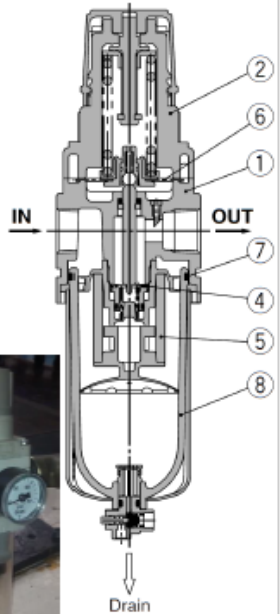
NAME	3.4 Air Regulator	
PURPOSE	Adjust air pressure from main line	
FUNCTION	Reduces main line air pressure to 80psi and filters the air from particles up to 5µm	
COMPONENTS	3.4.1 Body 3.4.2 Bonnet 3.4.3 Drain 3.4.4 Valve Assembly 3.4.5 Filter element 3.4.6 Diaphragm Assembly 3.4.7 Bowl O'ring 3.4.8 Bowl Assemble	
PRINCIPLE OF OPERATION		
OPERATING STANDARDS	 	

Figura 18. Estándares de calidad para regulador de aire

NAME	3.5 Piping	
PURPOSE	Control de stuffer	
FUNCTION	Transmits pressurized air from air tank to the rest of the stuffer	
COMPONENTS	3.5.1 Pipes 3.5.2 Hoses	
PRINCIPLE OF OPERATION	Pneumatic force is transferred from the air tank so it can produce movement at the suffers.	
OPERATING STANDARDS	3.5.1 No leaks at the pipes, inspected by hand 3.5.1 Correctly connected an tightened 3.5.2 150psi max. 3.5.2 No air leaks 3.5.2 Correctly set at the stuffer	

Figura 19. Estándares de calidad para tubería de maquinaria de relleno

Con la fijación de estos estándares de calidad, de acuerdo con la metodología del Kaizen, se involucran los objetivos de control, que determinan qué debe controlarse, incluyendo la selección de las unidades de medición, en conjunto con la definición de las mediciones por realizar.

Con la finalidad de llevar a cabo la medición del desempeño real y derivar de ello la interpretación de las diferencias que se llegaran a encontrar, para estar en condiciones de efectuar la corrección de las diferencias resultantes, se procedió a implementar un diagnóstico basado en el principio rector del Kaizen con un enfoque de procesos.

Dentro de éstos, se recurrió a los principios de la Manufactura Lean referentes a la eliminación de mermas mediante la identificación, en los procesos involucrados, de los siete aspectos principales dentro del sistema de producción Toyota: Tiempos de espera, transporte, inventarios, sobre proceso, mermas, sobreproducción y movimientos innecesarios. Esto con apoyo de la técnica PDCA de mejora continua (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, por sus siglas en inglés).

En el siguiente apartado se describen las actividades que se desarrollaron, en conformidad con lo anteriormente expuesto.

Análisis situacional

En apego a la metodología del Kaizen adoptada, uno de sus principios rectores consiste en analizar a fondo la problemática detectada bajo las condiciones propias del proceso en que aquélla tiene lugar, y donde los defectos encontrados ocurrieron (ver Figura 20), dando prioridad a la percepción de los propios trabajadores involucrados en el proceso.

Uno de los aspectos fundamentales en lo que nos enfocaremos será en el restablecimiento de las condiciones básicas del equipo de inserción, ya que como se identificaron los componentes anteriormente, éstos son básicos en la posición que adquiere la suspensión hacía la carrocería. (ver Figura 20)

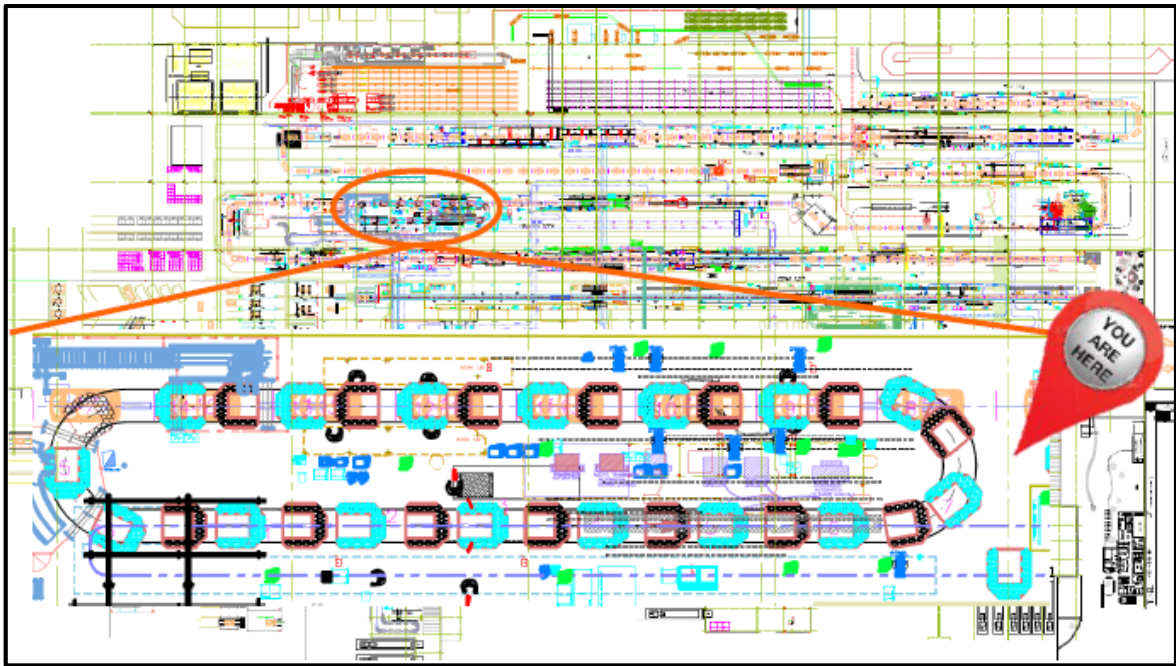


Figura 20. Área de la línea de producción donde se detectaron defectos

En este sentido, se definió un cronograma de trabajo; mismo que sirvió para ir cotejando las actividades en efecto realizadas, conforme cada una de ellas se iba cumpliendo según lo proyectado (ver Figura 21).

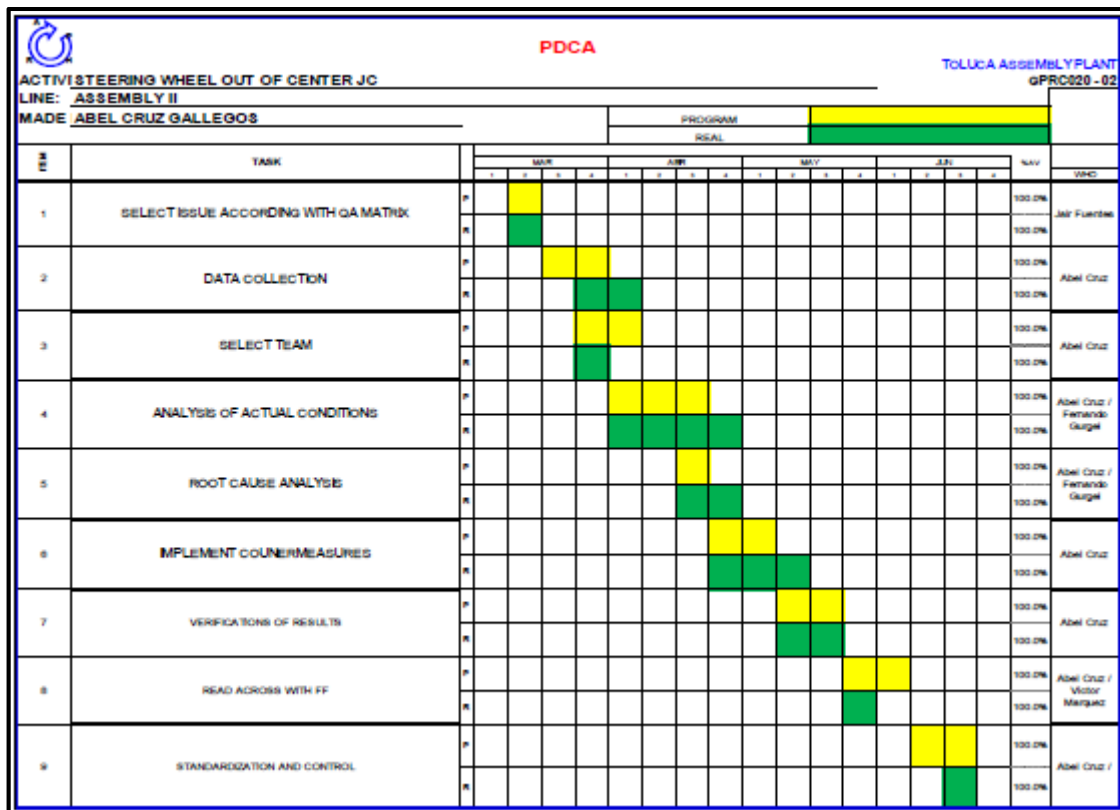


Figura 21. Cronograma de trabajo

Se inspeccionó directamente el sitio de trabajo, observando y detallando cada una de las piezas y de la maquinaria, así como de los pasos seguidos en el procedimiento de ensamblaje estipulado para la alineación del vehículo; con lo que se revisó a fondo la situación o estado real del sistema de alineación del vehículo, a fin de encontrar la causa raíz como principio básico a partir del cual estandarizar las mejoras pertinentes que solucionaran el problema.

Fue así que se realizaron verificaciones de tipo dimensional y visual a los sistemas mecánico, hidráulico, neumático y de cierre. Se incluyeron revisiones detalladas a varias de las piezas pertenecientes a cada uno, como partes del proceso esquemático global; tales como: reguladores de aire y manómetros, botones operativos, micro switches, válvulas de control, cásters, guías de pasador, bolas de rodamiento, tornillos y paquetes de calza.

En seguimiento a la aplicación de la metodología del Kaizen y de la Manufactura Lean, se recurrió a la técnica 5W+H y al diagrama de causa-efecto. Con éste último, el análisis diagnóstico efectuado posibilitó detectar la causa raíz en la maquinaria de relleno bajo condiciones de vaciado (ver Figura 22).

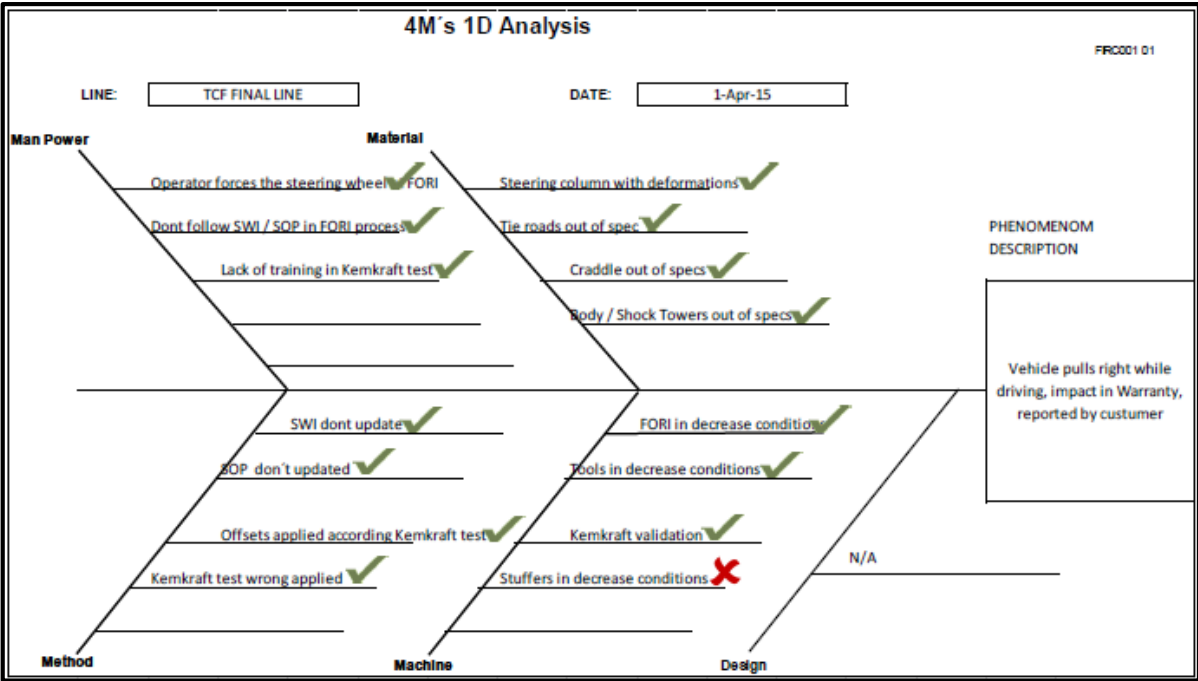


Figura 22. Diagrama de causa-efecto

Otros parámetros de análisis incluyeron las variables: fuerza de trabajo, materiales, maquinaria y procedimientos técnicos (ver Figura 23). Se encontró que los pasadores de localización en la máquina de relleno no estaban apropiadamente alineados (ver Figura 24).

Potencial Root Cause	Task (to Prove or Disprove)	Parameter	Results (Data collected by Tasks)	WHO / DATE	STATUS	
					OK	NOK
MAN POWER						
Operator forces the Steering Wheel at FORI	Verify the FORI error proofing working, updated last year	Specs 0° +/- 15° before start the alignment	The error proofing it's working according with specs 15°	Abel Cruz / 04-12-2015		
Don't follow SWI in FORI Process	Request SWI and compare against AMPS and PS	N/A	The Alignment process it's following according with PS, AMPS and SWI	Abel Cruz / Juan Rivera 04-10-2015		
Lack of Training in the Kemkraft Test	Develop TWTT	N/A	All the operators has the knowledge and are trained to perform the Kemkraft test	Abel Cruz / Juan Rivera 04-14-2015		
MATERIAL						
Steering column out of SPEC (deformations)	Request data from supplier about CP and CPK	Spec SC total position 0+/- 0.25	All data values are above 1 CPK; X=0.04	Ricardo Hernandez / 04-12-2015		
Tie rod out of Spec	Request data from Supplier about CP, CPK, and	Tie rod spec lenght 124 mm +/- 5	Supplier return information about lenght CPK 1.41	Ricardo Hernandez / 04-16-2015		
Craddle out of SPEC	Request data from supplier about CP and CPK	Craddle located points 0.53mm	All data are in controll above CPK 1.25	Gabriel García Limón / 04-12-2015		
Body / Shock towers out of Spec	Request data from Metrology Center	Sdev 0.14	Body are in specs, Shock Tower already measure by Perceptron Camera; stdev 0.138	Marco Antonio / 04-16-2015		

Figura 23. Parámetros de análisis

Potencial Root Cause	Task (to Prove or Disprove)	Parameter	Results (Data collected by Tasks)	WHO / DATE	STATUS	
					OK	NOK
MACHINE						
FORI equipment in Decrease conditions	Verify TMS and calibrations according with MQGR07	AM Calendar activities	All activities are performed according with TMS and AM	Roberto Nieto / 04-18-2015		
Stuffers locator pins not properly aligned	Measure pin locator position 0.00 +/- 0.05 mm	0.00 +/- 0.15 mm	Variance in 16 Stuffers of 0 +/- 6 mm	Marco Antonio Valdés		
Kemkraft certification	Repetibility Study for Kemkraft	Gauge RR less than 30% of error	The Kemkraft is certificated according with the Study	Abel Cruz / Armando Rosas 04-12-2015		
Tools in Decrease conditions	Verify TMS and calibrations according with MQGR07	AM Calendar activities	All activities are performed according with TMS	Roberto Nieto / 04-18-2015		
METHOD						
SWI dont update in FORI	Verify the process activities described in the SWI	N/A	The SWI were updated last model year launch (2014)	Humberto Tenorio / 04-12-2015		
Offsets applied according with Kemkraft Validation	Verify the Historic offsets applied in TOE in FORI Machines	Offsets requested by Kemkraft audit	The Offsets were applied during this year, not applied before	Abel Cruz Gallegos / 04-14-2015		
Kemkraft test wrong applied	Verify the applicable method and compare with real test	Gauge RR less than 30% of error	GR&R shows discrepancies between operators and shifts	Abel Cruz / Laurence Choinard 04-12-2015		

Figura 24. Parámetros de análisis (continuación)

Asimismo, se identificaron desviaciones en las pruebas específicas aplicadas a los reguladores de aire y manómetros, botones operativos, micro switches, válvulas de control, cásters, guías de pasador, bolas de rodamiento, tornillos y paquetes de calza

Con base en estos resultados, se procedió a efectuar las acciones correctivas necesarias, a fin de implementar una mejora de la calidad para la resolución de la problemática detectada; las cuales se presentan en el siguiente apartado.

Acciones correctivas para mejora de la calidad

Prosiguiendo con la implementación de la metodología del Kaizen y de la Manufactura Lean, se realizaron las adecuaciones y las correcciones de las desviaciones que fueron detectadas, a fin de resolver la problemática identificada.

En el caso de las piezas y de los componentes del proceso de alineación de los vehículos (reguladores de aire y manómetros, botones operativos, micro switches, válvulas de control, cásters, guías de pasador, bolas de rodamiento, tornillos y paquetes de calza), se les dio mantenimiento consistente en limpieza y cambio de

cojinetes (ver Figura 25.). A fin de evitar en lo sucesivo estas fallas, se determinó llevar a cabo el mantenimiento de las piezas y de los componentes cada dos semanas, en vez de los seis meses en que se efectuaba con anterioridad.

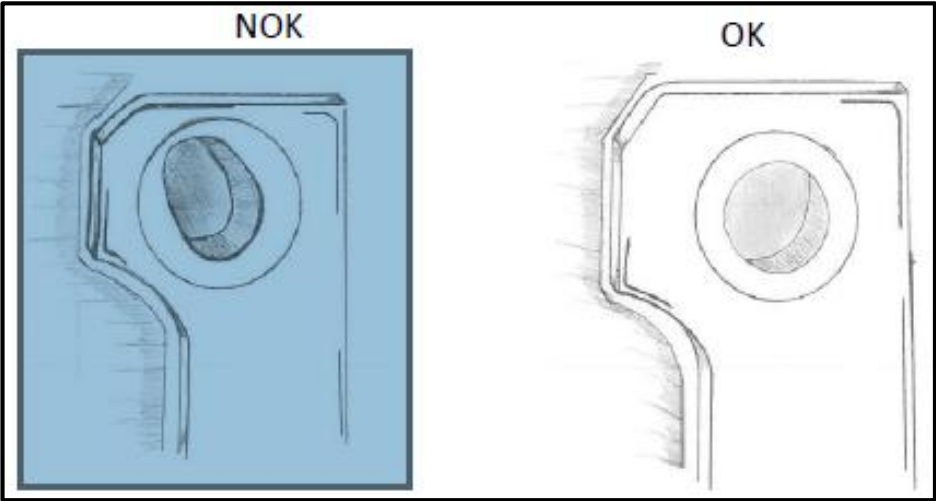


Figura 25. Mantenimiento de piezas y componentes

Otra medida correctiva consistió en la alineación apropiada de los pasadores de localización en la máquina de relleno, reajustándose de 965mm a 970mm (ver Figura 26).

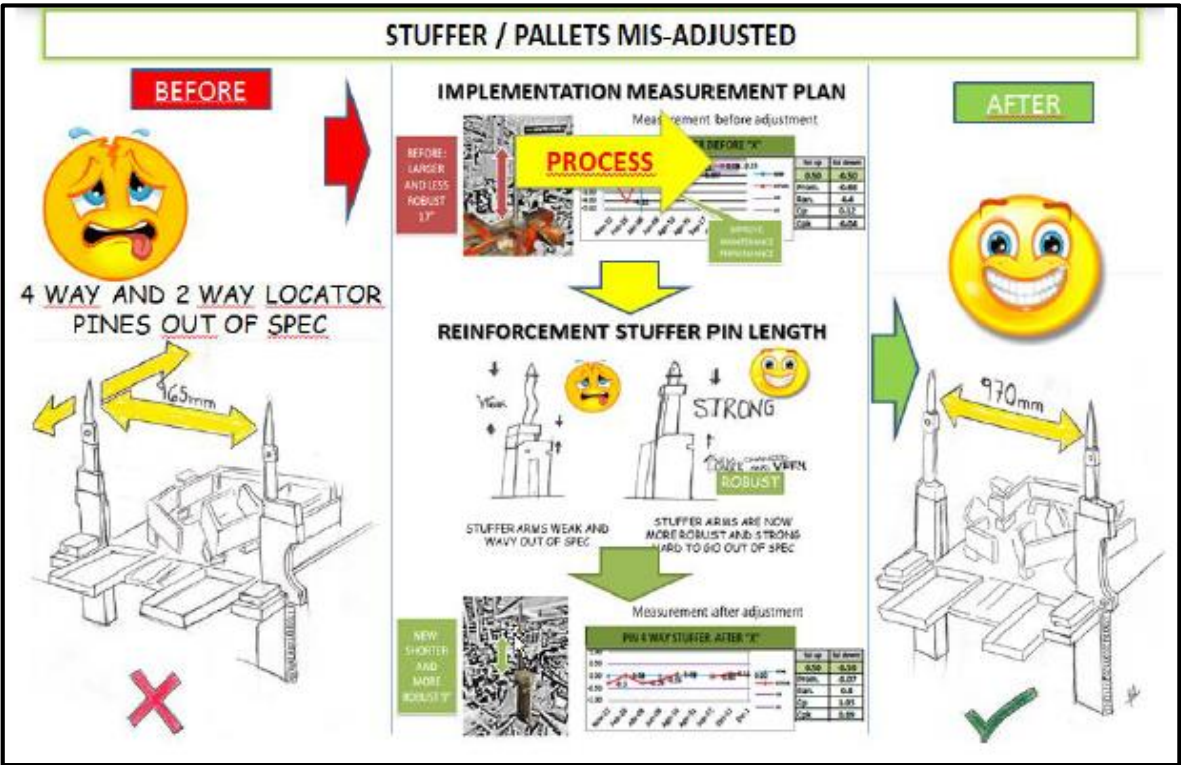


Figura 26.. Reajuste de alineación de pasadores de localización

También se realizó el ajuste y limpieza de los cojinetes en los brazos de la máquina de sellado, a fin de prevenir la desviación del vehículo en la conducción, quedando éste debidamente alineado (ver Figura 27). Mantenimiento que de igual modo se fijó en lo sucesivo con una periodicidad de cada dos semanas.

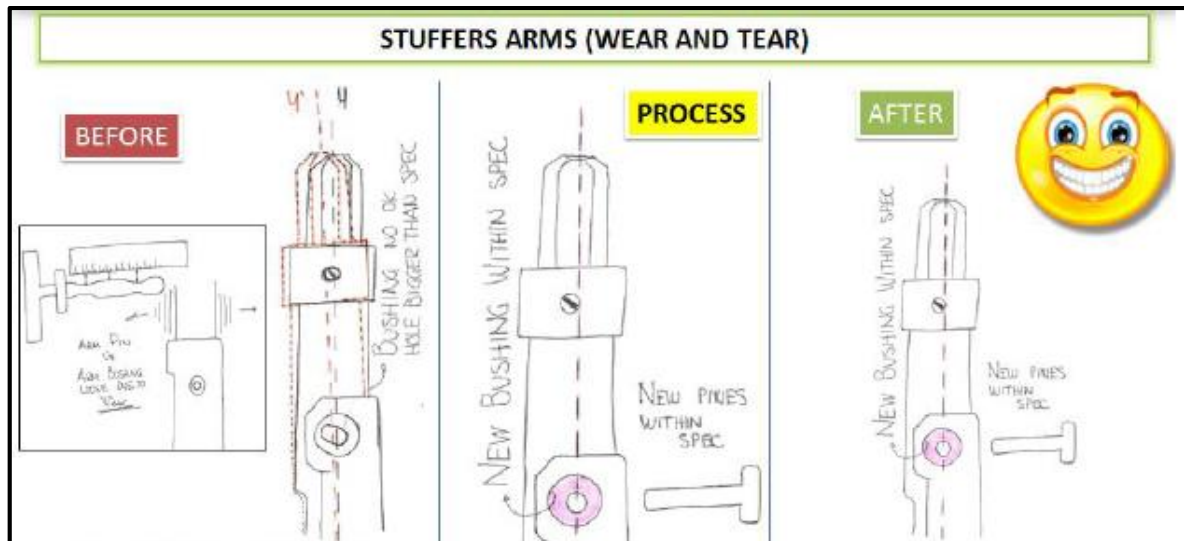


Figura 27. Mantenimiento brazos de máquina selladora

En complementación de la medida anterior, el largo del brazo se redujo 60% con el objeto de reducir la variación debida a la torsión del pasador durante el proceso de cubrimiento (ver Figura 28).

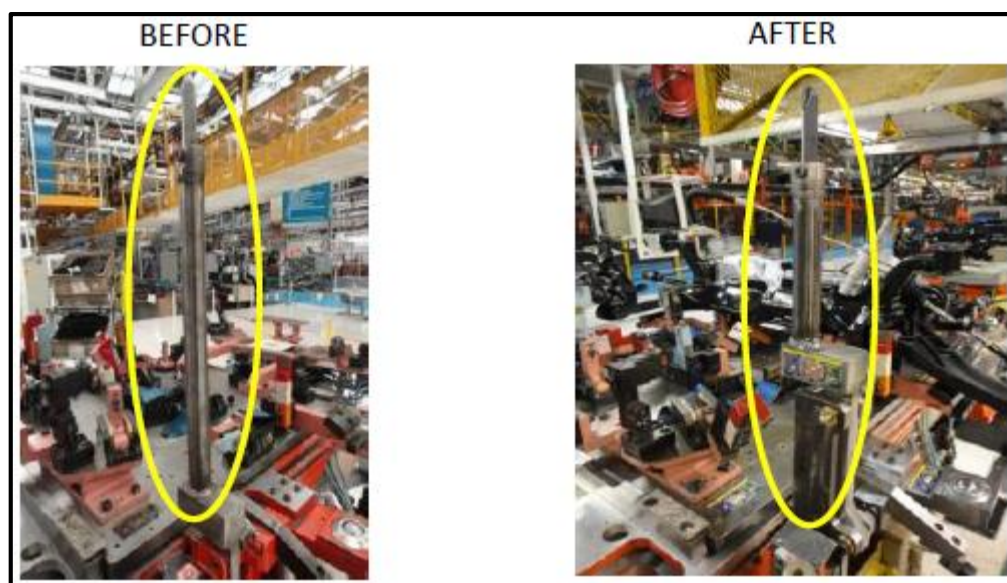


Figura 28. Reducción del brazo de la máquina selladora

Por otro lado, se realizaron mejoras en las paletas para reducir la variación de la curvatura del cámber frontal. Se sustituyeron las paletas para generar una curvatura cruzada más positiva del cámber (ver Figura 29).



Figura 29. Mejoras en las paletas para un cámber más positivo

Como paso final en la aplicación de la metodología del Kaizen y de la Manufactura Lean, se llevaron a cabo pruebas con la finalidad de comprobar que las correcciones efectuadas son efectivas bajo las condiciones de operación y así constatar que la problemática identificada haya quedado debidamente resuelta; además de la implementación de los controles necesarios para mantener las mejoras obtenidas en la calidad deseada. En el siguiente apartado se detallan dichas pruebas y los resultados obtenidos.

Verificación de las mejoras en calidad

A las dos semanas de haberse realizado las acciones correctivas, se observó una notable mejoría en el área de ensamblado de las piezas y componentes de la alineación en las unidades, tras la sustitución de los cojinetes (ver Figura 30).

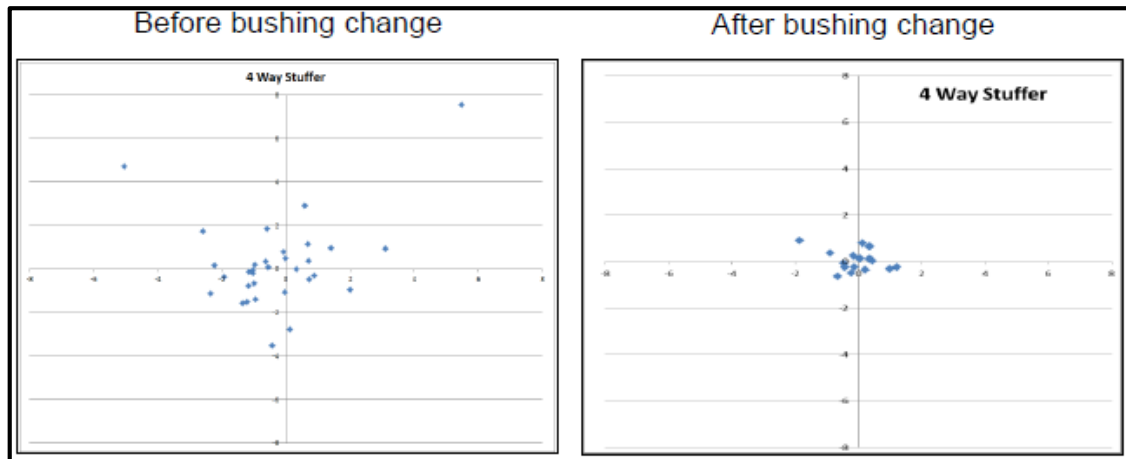


Figura 30. Mediciones tras cambio de cojinetes

También las pruebas de alineación del vehículo, con respecto al volante centrado durante la conducción, arrojaron resultados favorables (ver Figura 31).

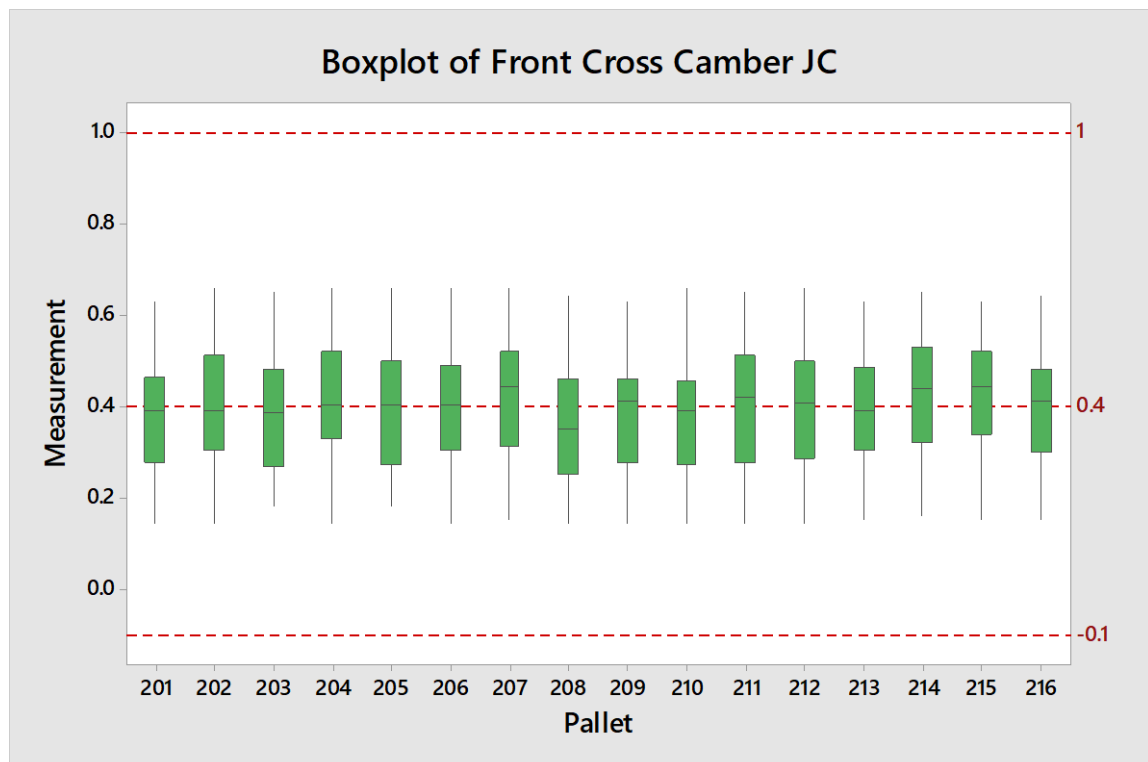


Figura 31. Resultados prueba de alineación tras mejoras

Se presentó además una reducción en los estándares de variación estándar de 0.22 a 0.18, mejorando el Xcam/Xcas (ángulos cámbér/cáster), como se aprecia en la Figura 32.



Figura 32. Mejora ángulos cámbér/cáster

En las mediciones de Ppk se obtuvo una mejoría de 0.82 a 1.11 (ver Figura 33).

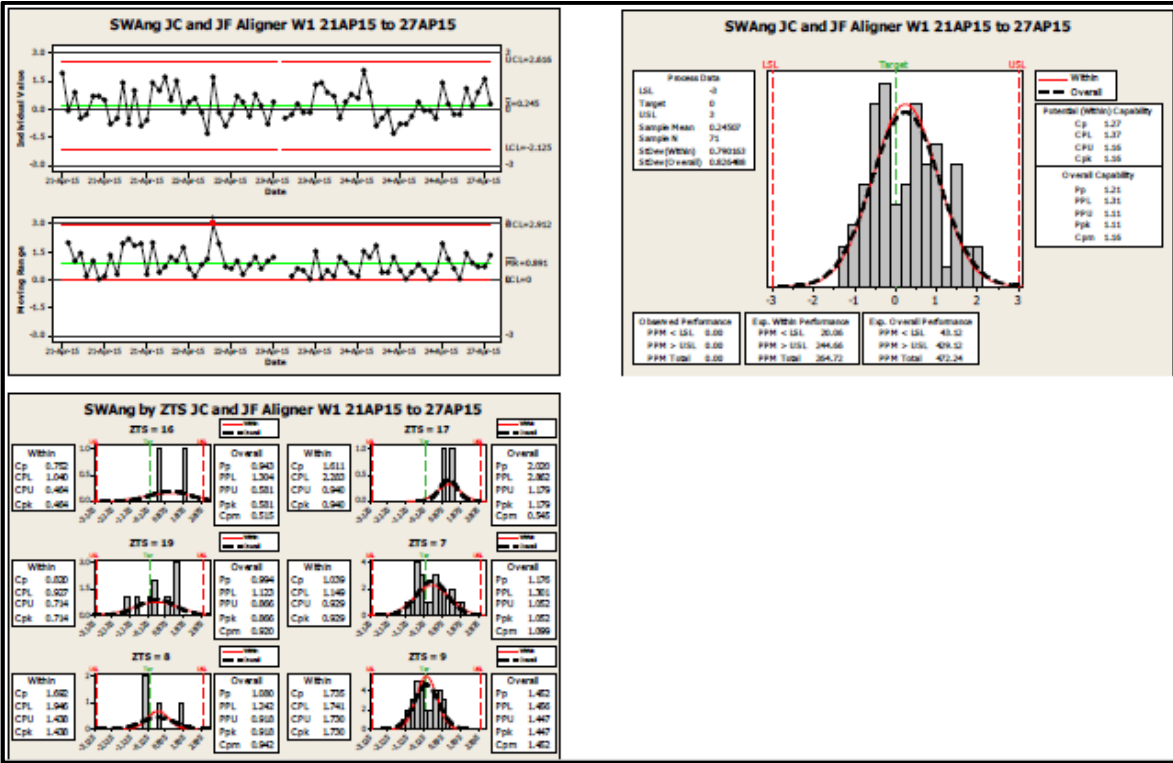


Figura 33. Mejoría en mediciones Ppk

En cuanto al costo/beneficio, éste se ubicó en 1.805 (ver Figura 34). Éste es basado en el cálculo de lo que costaría no hacer nada y seguir que los costos de garantía pagados por el cliente sigan incrementando vs los costos asociados a las mejoras:

- Tiempo dedicado al análisis del problema
- Inversión del cambio de periodicidad de los bujes y de la certificación de los pallets
- Trabajos de mantenimiento en los carros de inserción
- Costos asociados a luz, energía durante el desarrollo de las modificaciones en los procesos productivos

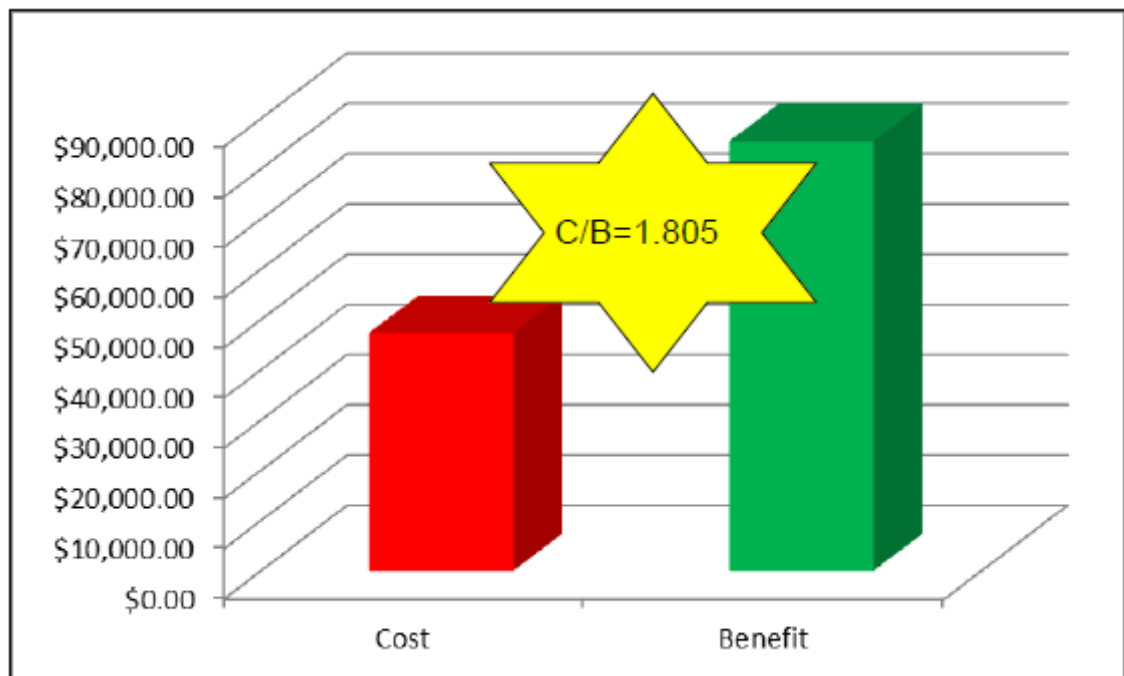


Figura 34. Costo/Beneficio

Como medida de aseguramiento de la calidad, el Sistema de Mantenimiento Total (TMS, por sus siglas en inglés) se actualizó de acuerdo con los nuevos requerimientos para el cambio de cojinetes y el período de certificación de los mismos (ver Figura 35).

CHRYSLER		TOLUCA COMPLEX		IMPRESO POR: 07/2015
DOCUMENT NO:		SISTEMA DE MANTENIMIENTO TOTAL		IMPRESO: 07/2015 PAGINA: 1
POR SU SEGURIDAD POR FAVOR "ASEGURE" SU MAQUINA				
DEPTO: CHAS GRABOS	EMPREG: ENCAMBLE TOLUCA	SEMANA DE: 07/2015 - 07/2015		
TURNOS: 1	PSO: CARRUCEL STUFFING	MP SEMANA: 00		
GRUPO: 000	ETIQUETA METALICA: 11100	ACTIVO: STUFFING DELANTERO		
RESPONSABLE: EDUARDO C. MARI	DABA: NO ANO	EXTENSION: 1		
AREA: ULG ULG	USO: COTACIONES	DESCRIPCION: COURO PARA B SERVICIO MOTOR		
ESPECIALIDAD: CLIC ELECTROMAGNETICO	ACIA DE STUFFING	UNIDAD:		
MODELO: OPTIMUS	MODELO:	HERRAJE: 001		
APROBADO ACTIVIDAD	DESCRIPCION	ULTIMO DES ETAPA PROCTAND		
() 2200 ACTUADORES Y CILINDRO HIDRAULICO		04/03/15 04/03/15 NYR-01-00		
STS-MPI	1. MICROSWITCH NEUMATICO DE POSICION * PARKER * CON REFERENCIA AL SMP # ASPMULESTUFF-3.	0		
	2. CILINDRO PRINCIPAL HIDRAULICO * PARKER * CON REFERENCIA AL SMP # ASPMULESTUFF-4			
	3. ACTUADORES DE RETRACCION: REFERENCIA SMP ASPMULESTUFF-14			
	4. ACTUADORES DE SUJECION DE SUSPENSION TRASERA CON REFERENCIA SMP # ASPMULESTUFF-15			
	5. ACTUADORES DE POSICION DE SUSPENSION TRASERA CON REFERENCIA SMP # ASPMULESTUFF-16			
() 2200 DEPÓSITOS		04/03/15 04/03/15 NYR-01-00		
STS-MPI	1. DEPÓSITO DE AIRE, CON REFERENCIA AL SMP # SMP ASPMULESTUFF-5.	0		
	2. DEPÓSITO DE ACRITE, CON REFERENCIA AL SMP # SMP ASPMULESTUFF-6			
() 2300 VALVULAS		04/03/15 04/03/15 NYR-01-00		
STS-MPI	1. VALVULA PRINCIPAL, DE AIRE, CON REFERENCIA A LA SMP # ASPMULESTUFF-08.	0		
	2. VALVULA NEUMATICA PARA PISTONES * PARKER * CON REFERENCIA AL SMP ASPMULESTUFF-09			
	3. REDUCCION DE SUMINISTRO DE AIRE CON REFERENCIA AL SMP ASPMULESTUFF-10.			
	4. VALVULA DE MOVIMIENTO VERTICAL DE MASA DE RETENCIÓN CON REFERENCIA AL SMP ASPMULESTUFF-11.			
() 2300 PERROS		04/03/15 04/03/15 NYR-01-00		
STS-MPI	1. PERRO DE ARRASTRE CON REFERENCIA AL SMP # ASPMULESTUFF-13.	0		
	2. PERRO DE LOCALIZACION AL SMP # ASPMULESTUFF-23			
	3. PERRO DE RETENCION AL SMP # ASPMULESTUFF-32			
COMPONENTE	DESCRIPCION	QTY	RS	
00-100-0007	TAMBE, FORM-124, PERRO GUATEMPLADO Y R	1	P	
() 2300 MOVIMIENTOS		04/03/15 04/03/15 NYR-01-00		
STS-MPI	1. LANTER PARA STUFFERS REFERENCIA SMP # ASPMULESTUFF-17.	0		
	2. RALLEROS PARA JORDO DE STUFFER * THOMPSON * CON REFERENCIA AL SMP # ASPMULESTUFF-18.			
	3. RESORTES, SMP # ASPMULESTUFF-20			
	4. TORCER SMP # ASPMULESTUFF-21			
	5. RALLEROS DE DESPLAZAMIENTO SMP # ASPMULESTUFF-25			
	6. RALLEROS DE MASA PARA PALLET REFERENCIA SMP # ASPMULESTUFF-33			
COMPONENTE	DESCRIPCION	QTY	RS	
00-100-0000	TAMBE, FORM-141, TORCER PARA STUFFERS	1	P	
00-100-0000	TAMBE, FORM-127, RUEDA DE ACERO TRATADO	1	P	
00-100-0000	TAMBE, FORM-120, CORRE DE ACERO PARA PAL	1	P	
00-011-0000	FIRE-HIGH-000000-H-000000	1	P	
() 2301 VERIFICACION CON CHECK INMATER PICTURE		06/07/15 06/07/15 NYR-01-00		
STS-MPI	"TARO ARM"	0		
	1. REPORTER TECNICO A PERSONAL DEL CMN PARA LA VERIFICACION CON (CHECKING) MONITOR LASSER) KOTR MONITOR INCLuye AL AJUSTE DE LO CALIBRACIONES DE AJUSTE A LA POSICION QUE ABORDE EL LASSER Y A DETECCION DEL PERSONAL QUE HACE LA CALIBRACION.			
	2. LOS RESULTADOS Y EVIDENCIAS DE ENTREGAS POR PARTE DE CMN A L DEPTO DE CALIDAD.			
	3. LANTER WORK TICKETS DE EVENTOS INMEDIOS PARA REGISTRAR L DE MONITORING Y/O AJUSTES REALIZADOS.			

Figura 35. Actualización del Sistema de Mantenimiento Total (TMS)

En términos generales, se constató una notoria mejoría en la calidad de la alineación de los vehículos producidos por la planta ensambladora, como resultado de las evaluaciones efectuadas para verificar la efectividad de las medidas correctivas introducidas; lo que representa un logro significativo en el aseguramiento de la calidad en dicho concepto, bajo una filosofía de cero defectos y cero mermas, en conformidad con el procedimiento implementado con base en la metodología del Kaizen y de la Manufactura Lean.

Con respecto a la disminución de los reportes de parte de los distribuidores, por fallas en garantía por jaloneo del vehículo mientras es conducido de manera recta o al hacer girar el volante durante el manejo, se redujeron significativamente.

Se puede observar que después de haber realizado las mejoras en los procesos de producción, te contar con 3c/1000, durante el siguiente año calendario reportado, se logró bajar a 0.39 c/1000, representando una de las grandes mejoras en el sector del grupo de chasis para éste problema, posicionándose a la Planta de Ensamble de Vehículos en Toluca como una empresa de clase mundial (Figura 36).

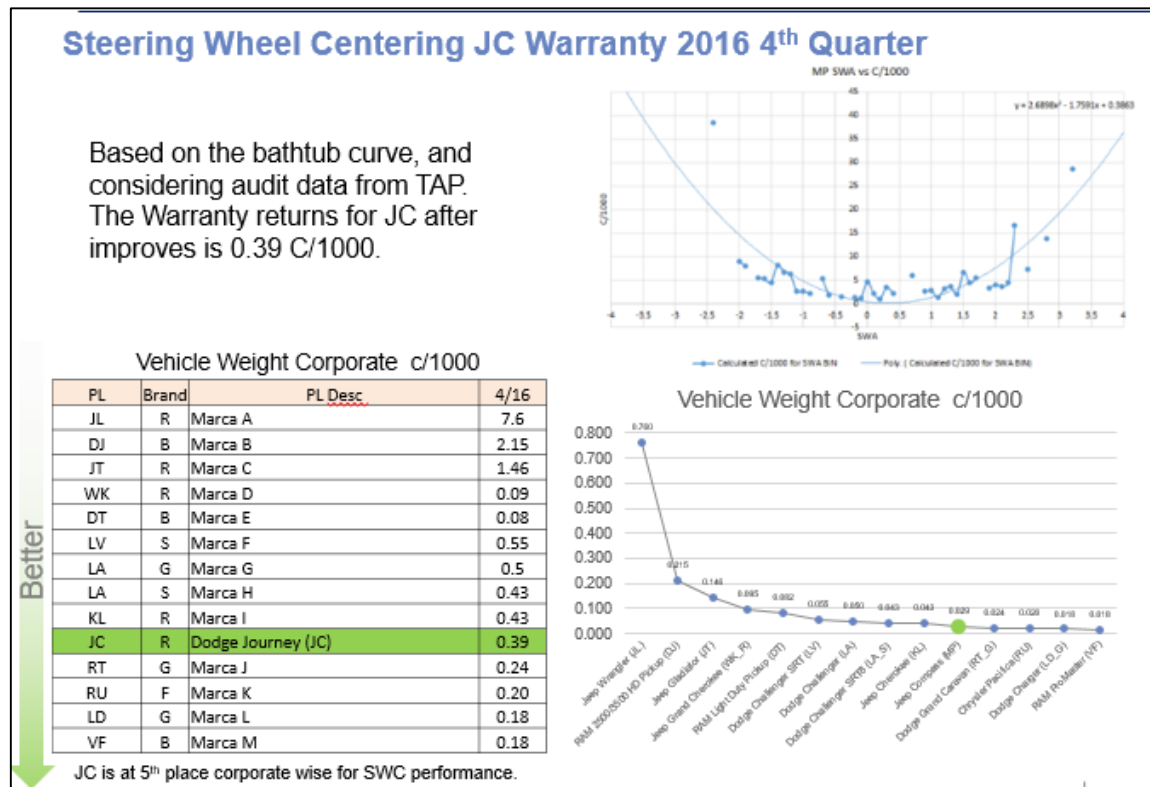


Figura 36. Resultado de la mejora en Garantía a 3 Meses

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El aseguramiento de la calidad es un factor sumamente importante en el ensamblado de vehículos, ya que permite lograr la plena satisfacción del cliente. En el caso de la empresa de corte mundial a la que pertenece la planta ensambladora, es un objetivo primordial que sus vehículos fabricados cuenten con una garantía total que respalde la confianza y seguridad de sus clientes al adquirir sus vehículos.

Para lograr lo anterior, la metodología del Kaizen y de la Manufactura Lean ofrecen estrategias y herramientas efectivas en la verificación de los procesos de producción, con lo cual realizar una identificación precisa de las fallas existentes y poder introducir las acciones correctivas pertinentes, de modo que dichos procesos estén debidamente controlados y se asegure una producción exitosa, respaldada por altos índices de calidad, cuidando que ésta se efectúe bajo cero defectos y cero mermas.

Por tanto, la correcta aplicación de las estrategias y de las herramientas pertenecientes a la metodología del Kaizen y de la Manufactura Lean es esencial, a fin de solucionar con efectividad los problemas detectados en el menor tiempo posible. Posteriormente, luego de implementarse las acciones correctivas necesarias, es imprescindible llevar a cabo una verificación minuciosa de que los problemas han quedado completamente resueltos; además de establecer las adecuaciones pertinentes que permitan constatar que dichos problemas ya no se volverán a presentar a futuro. Así, el departamento de calidad de la empresa estará cumpliendo cabalmente sus funciones enfocadas a la plena satisfacción del cliente.

Como recomendaciones, se tienen las siguientes:

- Dominar a fondo las estrategias y herramientas de aseguramiento de calidad.
- Constituir un equipo de trabajo con buena comunicación entre sus integrantes, y de éstos con las demás áreas de la planta ensambladora, así como con proveedores, distribuidores, directivos y clientes.

- Llevar a cabo un análisis cuidadoso de las causas-raíz del problema detectado.
- Compartir los resultados que se vayan obteniendo en cada una de las fases de implementación de la metodología del Kaizen y de la Manufactura Lean, a fin de tomar en cuenta las opiniones y sugerencias de las demás áreas.
- Implementar periódicamente la metodología de aseguramiento de la calidad, con fines preventivos.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Competencias Genéricas

A continuación, se numeran las competencias genéricas que fueron llevadas a cabo durante el proyecto:

- Capacidad para generar conocimientos durante la práctica, ya que el tema de alineación fue un concepto adquirido por los meses de experiencia previa en el departamento.
- Conocimientos sobre el área de estudio de la profesión al tener como fundamento la enseñanza aplicada de la Ingeniería.
- Capacidad de aprender y actualizarse debido a los conceptos y técnicas usadas en los conceptos de alineación, debido a nuevos equipos disponibles para mejorar el centrado de volante.
- El compromiso con la calidad basado en la experiencia obtenida en la satisfacción del cliente y basados en las normas y especificaciones de los vehículos.
- Capacidad de organizar y planificar al tener un grupo de trabajo disponible para la ayuda en temas poco conocidos, como equipos, maquinas, herramientas.
- Trabajo en equipo, al signar tareas y responsabilidades a cada integrante del mismo.
- Capacidad para buscar y analizar información de distintas fuentes, ya que identificar la causa del problema basado en reportes de clientes, generó una alianza de investigación del problema bajo criterios individuales y reparaciones de las distribuidoras.
- Habilidad de manejo de la información al interpretar los resultados en las distintas pruebas hechas a las unidades.
-

Competencias Específicas

A continuación, se numeran las competencias específicas llevadas a cabo durante el proyecto:

- Capacidad de identificar la variable que representa la característica de calidad a controlar en los procesos estadísticos y de producción.
- Diseñar e implementar gráficos de control de control de variables para reducir la variación en los procesos de producción, para su medición y control.
- Desarrollar la habilidad de toma de decisión a partir de alternativas de solución, basado en el tipo de problema a analizado.
- Identificar los requisitos de las normas nacionales e internacionales de los Sistemas de Gestión Calidad, para que una empresa asegure la permanencia de sus operaciones apegadas a los lineamientos establecidos vigentes.
- Conocer los sistemas integrados de gestión con la finalidad de identificar los aspectos ambientales, los riesgos laborales y la calidad, en los procesos productivos.
- Capacidad de adaptarse a distintas situaciones basado en el costo/ beneficio que funciona para la Compañía.

BIBLIOGRAFÍA

Amaro, V. (2007). Evolver. A practitioner's guide to Lean Manufacturing. USA: Lean Manufacturing Consulting Inc.

Deming, W. Edwards. (1989). Calidad, productividad y competitividad. España: Ediciones Díaz de Santos.

Cabrera, R. (2012). Lean, Six, Sigma, Toc. Simplificado. PYMEs. Madrid, España: Editorial Academia Española.

Hansen, B. y Ghare, O. (1990). Control de calidad. Teoría y aplicaciones. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

Luque, P. y Álvarez, D. (2003). Estudio del automóvil. Investigación de accidentes de tráfico. Oviedo, España: Universidad de Oviedo, Centro de Publicaciones.

Maldonado, G. (2008). Herramientas y técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad. Tesis en Ingeniería Industrial. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Suárez, M., Castillo, I. y Miguel, J. (2008). Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la mejora continua. En Research Gate, diciembre. pp. 285-311. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/279207411_Encontrando_al_Kaizen_un_analisis_teorico_de_la_mejora_continua

Suárez, M. (2007). Kaizen: La filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total. México: Panorama Editorial.

Tire Rack. (2019). Información de neumáticos: Alineación. Disponible en <https://m.tirerack.com/tires/tiretech/techpage.jsp?techid=4&ln=sp>

Vicencio, A. (2007). La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas. En Contaduría y Administración, enero-abril. 221. México: Scielo Analytics. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422007000100010