



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Medidas de control en el proceso de
ensamble del sistema de
enfriamiento del tren motriz de un
vehículo**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero mecatrónico

P R E S E N T A

Erick Ramos Ramírez

ASESOR(A) DE INFORME

M. en A. Luis Yair Bautista Blanco



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 5 de diciembre 2018

ÍNDICE

Introducción y objetivo	1
1.- Descripción de la empresa	2
1.1.- Historia de Ford	2
1.2.- Historia de Ford en México	2
1.3.-Área de Desarrollo del Producto	5
1.3.1.-Descripción del área dónde laboré	5
1.3.1.1.- Equipo del vehículo de planta – Interiores	5
1.3.1.2.- Equipo de Sistema de Enfriamiento del Tren Motriz	6
1.3.1.3.- Equipo de Calibración y control del Tren Motriz	7
1.3.1.4.- Equipo de Gestión de Programa para un coche tipo SUV	8
2.- Antecedentes del proyecto	11
2.1 Introducción al caso	11
2.2 Sistema de enfriamiento del tren motriz	11
2.2.1 Circuito Hidráulico del sistema de enfriamiento	12
2.2.2 Proceso de ensamble del sistema de enfriamiento	13
2.2.3 Proceso de fabricación y ensamble de una manguera del sistema de enfriamiento	14
2.3 Desarrollo del Producto, diseño en Ford	15
2.4 Metodología Six Sigma	16
3.- Desarrollo del Proyecto	18
3.1.-Antecedentes y descripción del problema	19
3.2.- Implementación de la metodología Six Sigma	20
3.2.1 Diseño	20
3.2.2 Medición	21
3.2.3 Análisis	23
3.2.4 Mejora	25
3.2.5 Control	26
4.-Resultados	28
5.- Conclusiones	29
Bibliografía y fuentes consultadas	30

Introducción y objetivo

A través del presente trabajo reporto mi experiencia laboral dentro de la empresa *Ford Motor Company* de México en el área de Desarrollo del Producto.

El objetivo de este reporte de proyecto de mejora es describir mi participación dentro de la implementación de medidas de control del proceso de ensamble de una manguera del sistema de enfriamiento del tren motriz para un vehículo.

Este trabajo está organizado en varias partes: En la primera parte hablo de la historia de Ford dentro de la Industria Automotriz a nivel mundial y nacional. Posteriormente explico la estructura jerárquica y funcional del área donde laboré, que es la de Desarrollo del Producto, así como las actividades que realiza un Ingeniero de diseño y lanzamiento dentro de Ford.

Más adelante explico los conceptos manejados en el área de Sistema de enfriamiento del tren motriz para posteriormente poder describir los proyectos en los que participé, así como el proceso que llevé a cabo para su resolución.

Finalmente expondré las conclusiones a las que llegué tras haber participado en el proceso del desarrollo de un producto dentro de Ford.

1.- Descripción de la empresa

1.1 Historia de Ford

La empresa *Ford Motor Company*, es una organización multinacional fundada en Estados Unidos, la cual se dedica a la construcción de automóviles con sede en Dearborn, Michigan. Fue constituida el 16 de junio de 1903 por Henry Ford en Detroit [1].

Henry Ford revolucionó el proceso de manufactura con el desarrollo de la cadena de ensamblaje móvil y las técnicas de producción en masa (1913 con el FORD Modelo T), las cuales marcaron un estándar mundial en la industria. Este tipo de producción hizo posible disminuir los costos y precios de los automóviles, haciéndolos más accesible al público.

Actualmente Ford es el segundo mayor fabricante de automóviles con sede en EEUU (precedido por *General Motors*) y el quinto más grande en el mundo (por detrás de las compañías: *Toyota*, *Volkswagen*, *Hyundai Motor Group* y *General Motors*) basado en la producción de vehículos registrada para el año 2015 [2].

Ford actualmente cuenta con 18 plantas de motores, 11 de transmisión, 4 de Forja, 5 de estampado y 35 plantas de ensamble alrededor del mundo. Cuenta con más de 166,000 trabajadores entre plantas y oficinas [1].

A lo largo de la historia, Ford ha sido administrada por la misma familia, y actualmente el presidente ejecutivo y el presidente de la junta es William Clay Ford, Jr, y el director general es Jim Hacket.

1.2 Historia de Ford en México

Ford Motor Company llegó a México el 23 de junio de 1925, siendo la primera empresa automotriz en el país, iniciando ese mismo año con la inauguración de la planta de montaje y acabado de automóviles en Calzada Balbuena y en 1931 inició la construcción, de la primera planta de ensamble de Ford en México como se muestra en la Figura 1 [3][4].



Figura 1: Planta de Ford en La Villa

Ford de México actualmente cuenta con 2 plantas de estampado y ensamble en Cuautitlán y Hermosillo. La planta de Cuautitlán se inauguró en 1964, actualmente se produce el *Fiesta* 4 y 5 puertas y el *Fiesta ST*, y cuenta con 2130 empleados aproximadamente. En 2018 ocupa el primer lugar en métricos de calidad dentro de las plantas de Ford en el mundo, figura 2.

La planta de estampado y ensamble de Hermosillo se inauguró en 1986, actualmente se produce el *Fusion* y el *MKZ*. Cuenta con aproximadamente 3650 empleados. Tienen un nivel alto de producción, ya que embarca diariamente 1450 unidades a otros mercados.

De igual manera, para 2018, la planta de Hermosillo se encuentra dentro de las primeras 3 plantas de Ford a nivel global en métricos de calidad y es la única en México que produce vehículos híbridos, figura 3.



Figura 2: Planta de Estampado y Ensamble de Cuautitlán

Asimismo, Ford tiene también 3 plantas de motores en el estado de Chihuahua, la primera se abrió en 1983, actualmente se emplean a 1580 personas y se producen los motores de gasolina: I4 2.0 L y 2.5L; y los motores Diesel: 4.4L y 6.7 L [1].



Figura 3: Planta de Estampado y Ensamble de Hermosillo

Tiene también una planta de transmisiones en Irapuato, inaugurada en 2017 y que emplea aproximadamente a 2000 personas. Actualmente se producen algunas de las transmisiones para plataformas pequeñas, como la del auto tipo sedán *Focus* y el de la camioneta *Eco Sport*.

Ford de México cuenta también con el área de Desarrollo del Producto, que en 2017 contaba con 1500 empleados, los cuáles se dedican a diversas áreas del diseño del producto a nivel global [4].

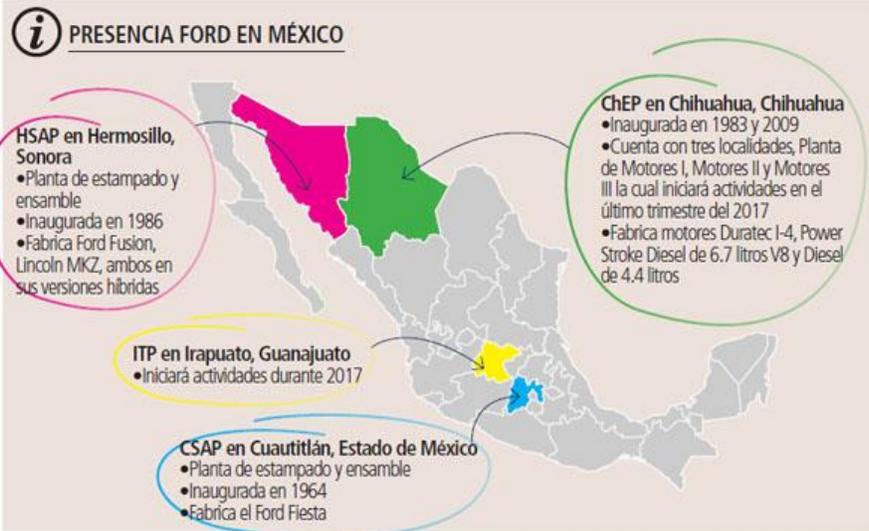


Figura 4: Presencia Ford en México

La misión, visión y valores de Ford de México, pueden verse en la siguiente figura [3]:

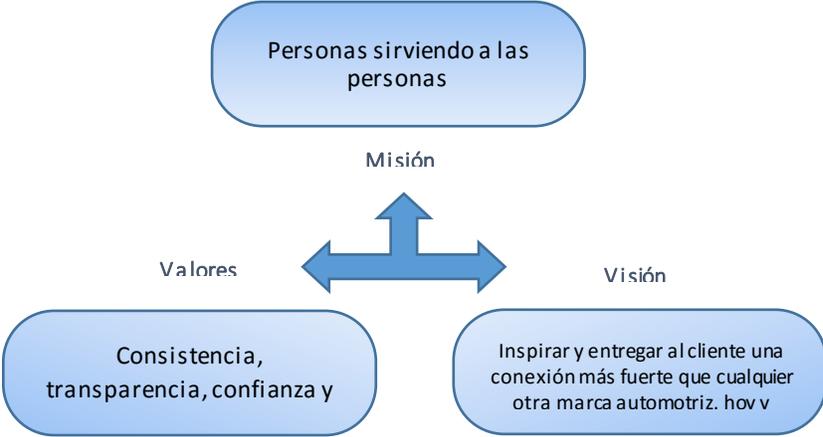


Figura 5: Misión, visión y valores de Ford de México

1.3 Área de Desarrollo del Producto

1.3.1 Descripción de las áreas dónde laboré

Inicié trabajando como *trainee* (practicante) en *Ford Motor Company* en marzo del 2016 en el área de Desarrollo del Producto, específicamente en el equipo de PVT BI (*Plant Vehicle Team- Body Interior- Equipo del vehículo de planta- Interiores*), posteriormente ingresé a un programa de rotaciones semestrales a través de distintas áreas dentro de Desarrollo del Producto a lo largo de dos años (*FCG- Ford College Graduated*), donde tuve la oportunidad de aprender de distintas tareas de la empresa que contribuyeron a mi formación en el desarrollo del producto desde un punto de vista corporativo y global.

A continuación, describo de manera general las funciones de las áreas donde laboré, así como los conocimientos y habilidades necesarias para cada una.

1.3.1.1 Equipo del vehículo de planta - Interiores

Entré en esta área en marzo de 2016. El equipo del vehículo de planta es un equipo de ingenieros encargado de dar seguimiento y apoyo a la producción de vehículos en la planta desde el punto de vista del diseño.

Esta área a su vez se divide en varios grupos para cubrir todas las partes y funciones del vehículo (Exteriores, interiores, chasis, tren motriz y eléctrico). Asimismo, el equipo de PVT forma parte de un grupo mayor de tres equipos:

- A. VRT (*Variability Reduction Team- Equipo de reducción de variabilidad*): que se encarga de la parte de manufactura y ensamble por parte de la planta.
- B. STA (*Supplier Technical Assistance - Asistencia técnica al proveedor*): que se encarga de la calidad de los materiales y partes provenientes del proveedor.
- C. PVT: que se encarga de la parte de diseño de las partes.

Estos tres equipos en conjunto soportan todos los problemas de calidad, propuestas de mejora de proceso y reducción de costo relacionados con la producción del vehículo a través de la metodología *Six Sigma*.

Yo trabajé directamente con el equipo de interiores, y entre mis principales funciones estaban:

- A. Apoyar las tareas del ingeniero de Aire Acondicionado y restricciones de seguridad.
- B. Ejecutar pruebas funcionales dentro de la línea de producción para los cambios de ingeniería de las partes y sistemas y su respectiva validación junto con los equipos de manufactura, Ingeniería del vehículo y validación de línea final.

- C. Soportar juntas con el equipo de Desarrollo del producto de Europa y Norteamérica y proveedores para la resolución de problemas de calidad.
- D. Revisión de piezas en CAD y planos para la aprobación de cambios de ingeniería y su incorporación.
- E. Soportar proyectos de *Six Sigma* en la etapa de medición dentro de los laboratorios de la planta.

Para desempeñar dichas labores ocupé algunos de mis conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera, tales como: dibujo técnico, diseño en programas CAD y CAE, ingeniería de materiales y manufactura, entre otros.

Asimismo, tomé algunos cursos dentro de Ford como: Introducción a la metodología *Six Sigma*, Excel avanzado, manejo de sistemas y programas internos, así como cursos para desarrollar estrategias de trabajo en equipo y manejo efectivo del tiempo.

En este equipo aprendí más sobre la importancia de la presentación de la información, ya que constantemente exponía información y procesos de solución a ingenieros y directores en la planta, por lo que era necesario poder explicar de manera breve, concisa, y eficiente la información sobre los problemas que se estaban resolviendo.

Tras trabajar en este equipo 9 meses, participé en la selección para un nuevo puesto que se abría por primera vez en México, FCG (*Ford College Graduated* por sus siglas en inglés), el cual consistía en rotar durante 2 años a lo largo de 4 áreas dentro de Desarrollo del Producto. Tras las entrevistas con los jefes de áreas, fui elegido FCG para el área de Tren Motriz.

1.3.1.2 Equipo de Sistema de Enfriamiento del Tren Motriz

Dentro de las rotaciones que tuve en el programa FCG, la primera fue como Ingeniero de diseño y liberación del producto del área de enfriamiento del tren motriz.

Esta área se encarga del proceso de diseño de todo el sistema de enfriamiento del tren motriz para algunos vehículos y plataformas.

El equipo se divide a su vez en ingenieros que diseñan el CAD para etapas muy tempranas del programa e ingenieros de diseño y liberación (D&R por sus siglas en inglés, *Design and Release*) que son responsables finales de partes para su liberación.

Un ingeniero de diseño y liberación del producto es encargado del diseño, desarrollo, validación y liberación de partes bajo su responsabilidad para algún programa asignado.

En esta área, algunas de mis principales tareas fueron:

- A. Entender y aplicar el Sistema de desarrollo global del producto de Ford (GPDS).
- B. Buscar mejoras de diseño para incrementar la calidad y la relación costo y optimización de peso.
- C. Soportar y coordinar juntas con los equipos de diseño, compras y con los proveedores para la resolución de problemas de diseño y su liberación.

- D. Conocer el proceso de fabricación de las partes por el lado de proveedor, así como los requerimientos de calidad y capacidad que Ford pide a sus proveedores.
- E. Atender las juntas que coordina el equipo de Manejo del Programa, con los equipos de finanzas, marketing y validación del vehículo para conseguir las aprobaciones de los cambios necesarios en el diseño.
- F. Soportar la incorporación de las partes a la planta y a la línea de ensamble y asistir con los problemas de calidad en cada una de las etapas de diseño.
- G. Corroborar que las partes cumplan con los requerimientos corporativos y locales para la validación de partes, así como los de diseño para la manufactura y el ensamble, entre otras. [5].

Para desempeñar dichas tareas ocupé algunos de mis conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera, tales como: conocimiento básico de diseño e interpretación de partes, planos y estudios en programas de CAD y CAE, ingeniería de materiales y manufactura, así como el conocimiento general de las funciones de un vehículo.

Asimismo, en paralelo al trabajo, fui aprendiendo: conocimiento básico de la industria automotriz, procesos de producción, manufactura y ensamble de las mangueras del sistema de enfriamiento, los procesos de validación de diseño en CAE y prototipos, además de tomar un curso de la metodología *Six Sigma* impartido por la empresa, del cual me certifiqué como *Green Belt*.

Después de 7 meses en esta posición pasé a la siguiente rotación dentro del programa FCG, calibración y control del sistema del tren motriz.

1.3.1.3 Equipo de Calibración y control del Tren Motriz

La segunda rotación fue como Ingeniero de Calibración dentro del área de Calibración del tren motriz (PCCN por sus siglas en inglés, *Powertrain Calibration and Controls*).

Esta área se encarga de la comparación, modificación y sintonización de las variables de los sistemas de control para los procesos relacionados con el tren motriz. El equipo de calibración a través de pruebas y estudios en coches instrumentados puede modificar las variables dentro del software que controla un determinado sistema para cumplir con los requerimientos de desempeño esperados por el cliente, así como cumplir con las medidas y regulaciones legales de cada uno de los mercados en los que el coche será vendido.

El equipo de calibración se subdivide en varios grupos para poder cubrir los distintos sistemas que le son asignados por el equipo líder en Estados Unidos. Entre ellos podemos encontrar la Calibración del motor, calibración de transmisiones, del sistema de Evaporativos, entre algunos más específicos.

Un ingeniero de calibración es encargado de planear y ejecutar el plan de desarrollo para la calibración de alguna función para su posterior liberación para la producción en masa.

En esta área, algunas de mis principales tareas fueron:

- A. Soportar el proceso de calibración del sistema de evaporativos para una camioneta tipo SUV (*Sport Utility Vehicle*- Vehículo deportivo utilitario).
- B. Correr y soportar pruebas de emisiones con el dinamómetro en los laboratorios especializados de emisiones.
- C. Correr pruebas de arranque en frío dentro de cuartos con temperatura controlada y evaluar su desempeño.
- D. Mantenimiento y auditorías de instrumentación para los vehículos asignados al equipo.
- E. Actualización del software de los módulos de control, así como sus respectivos archivos de configuración.
- F. Desarrollo de herramientas de Excel para la mejor interpretación de los archivos con los resultados de las pruebas de emisiones.

Asimismo, dos de los principales logros en esta área fueron la redacción de un tutorial, que ahora se usa en el departamento para el proceso de actualización del software de los módulos del vehículo así como la creación de una macro que facilitaba la administración, extracción e interpretación de los resultados de las pruebas de emisiones, que son archivos que contienen grabaciones de las lecturas registradas por el automóvil y los instrumentos externos que se le agregaban, y que podían llegar a tener una duración mayor a 1 hora.

Para estos últimos proyectos, así como el entendimiento de las diversas tareas de control me fueron muy útiles los conocimientos adquiridos en la facultad, tales como la programación en C, Visual Basic y Python, Electrónica, Circuitos digitales, los principios de Instrumentación y control, modelado de sistemas físicos y principalmente las materias donde aprendía y empleaba el Control, así como la experiencia obtenida dentro del Taller de Robótica Abierta (TRA).

Sin embargo, fue una de las áreas que representó un mayor reto para mí debido a la cantidad de datos técnicos del funcionamiento de los sistemas del carro, que superaron los que había adquirido en la facultad, por lo que constantemente tomaba cursos y lecturas que me ayudaran a llevar mejor mis tareas diarias, y profundizaba mis conocimientos de programación en Excel y Visual Basic para poder completar los proyectos de mi rotación.

Después de 6 meses en esta posición pasé a la siguiente rotación dentro del programa FCG, Gestión de Programas para un nuevo vehículo.

1.3.1.4 Equipo de Gestión de Programa para un coche tipo SUV

En mi tercera rotación me desempeñé como Analista de Programa dentro del área de Gestión de Programas (PM- *Program Management* por sus siglas en inglés).

Esta área se encarga de la coordinación de los equipos de Ingeniería, Mercadotécnica, Finanzas, Validación del Vehículo, Administración datos de las partes, equipos de

manufactura y planeación de partes y materiales en planta, entre otros, con la finalidad de cumplir con los objetivos en tiempo y forma dentro del GPDS.

El equipo a su vez se subdivide en varias áreas que atienden tareas en específico, como el abastecimiento y capacidad de los proveedores, coordinación de prototipos, análisis y control del Programa, siendo esta última en la que yo me desempeñé y en la cual mis principales tareas fueron:

- A. Coordinar a los equipos de ingeniería, finanzas y mercadotecnia para la reducción de la complejidad de las partes del vehículo.
- B. Realización de archivos con el despliegue de la complejidad según las series y regiones del coche.
- C. Analizar y apoyar a los equipos de ingeniería para conocer y entender el porcentaje local y global para cada una de las partes del coche a través de una herramienta de Excel que desarrollé.
- D. Organización de las juntas de cambios de ingeniería y del archivo maestro de dirección del producto.
- E. Análisis de los requerimientos de proceso para apoyar al equipo de Manufactura de la planta.

En esta área tuve la oportunidad de conocer otra parte del negocio al interactuar con los equipos de mercadotecnia y finanzas, lo que me ayudó a observar el desarrollo del producto desde un punto de vista más gerencial. Esto a su vez me permitió entender decisiones de la dirección del programa con las que en rotaciones previas me había encontrado y que no entendía. Pude entender un poco más la importancia de buscar, entender y cumplir los requerimientos del cliente.

Uno de los principales logros en esta área fue la creación de una serie de herramientas de Excel que facilitaban el análisis y obtención de los porcentajes globales y locales para una parte en específico. Esta herramienta fue de gran ayuda ya que logró reducir aproximadamente en un 95% el tiempo empleado en la obtención de dichos datos, además de brindar precisión y un despliegue gráfico para ayudar a su comprensión.

Para poder realizar esta herramienta tuve que profundizar mis conocimientos en Visual Basic y C; la desarrollé a lo largo de 5 meses. Actualmente estamos en proceso de formalizar la herramienta como parte de un proceso dentro del área.

Esta área representó también un reto para mí al tener en su mayoría tareas administrativas, ya que, en la facultad por mi carrera, tuve pocos antecedentes de ello y que compañeros de ingeniería industrial sí tuvieron. Sin embargo, los conocimientos y experiencia adquiridos en Diseño mecánico y en el servicio social dentro del TRA (Taller de Robótica Abierta) me ayudaron a aprender y acoplarme rápidamente a mis tareas.

Después de 10 meses en esta posición estoy iniciando la última de mis rotaciones, en el área de Gestión e integración del Tren Motriz, la cual es un área que se dedica a coordinar al grupo de ingeniería y que es el puente de información entre el equipo de Gestión del programa y cada uno de los ingenieros.

A continuación, muestro en la Figura 4, el organigrama de la empresa enfocado a las áreas dónde laboré.

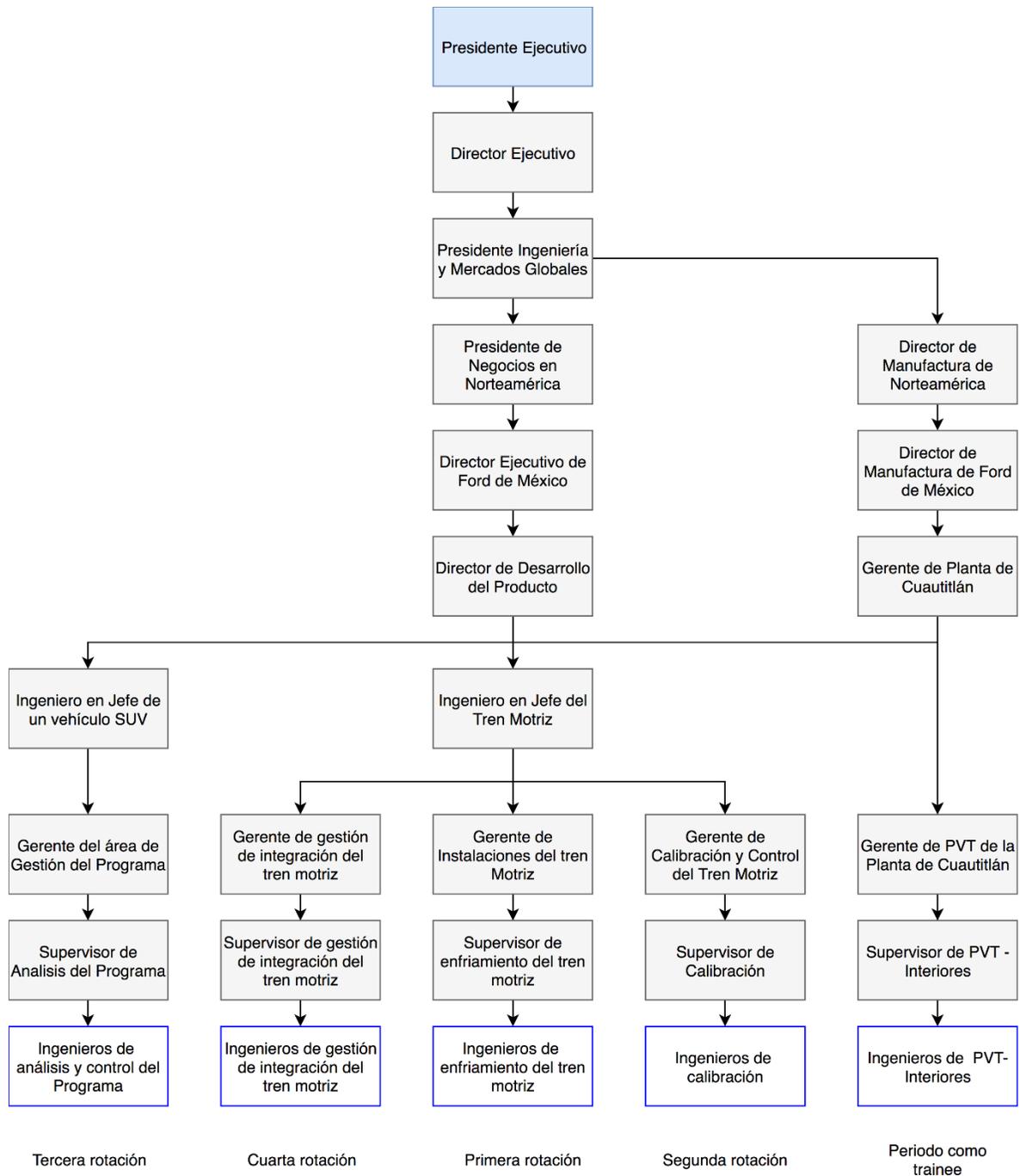


Figura 6: Organigrama de Ford enfocado a las áreas donde laboré

2.- Antecedentes del proyecto

2.1 Introducción al caso

El diseño del sistema de enfriamiento del tren motriz de un vehículo se desarrolla a lo largo de distintas etapas, y comprende desde las primeras etapas del dibujo en CAD, evaluación del desempeño de la parte en simulaciones, validación de los diseños, cumplimiento de las normas de funcionalidad, costo y peso y su liberación.

El caso que expongo se da justamente después de la liberación del producto para un vehículo, que en adelante denominaré como el **Vehículo A**, y para comprender más a detalle las implementaciones y algunos detalles de estas tareas, describo a continuación las características principales técnicas que deben conocerse.

2.2 Sistema de enfriamiento del tren motriz

Para poder hablar del sistema de enfriamiento del Tren motriz mencionaré qué es un motor de combustión interna.

Un motor de combustión interna es una máquina que convierte la energía química de un combustible en energía mecánica, usualmente esto se hace a través del movimiento rotacional de una flecha de salida [6].

La energía química del combustible es convertida primeramente a energía térmica a través de la combustión o la oxidación con aire dentro del motor; ésta aumenta la temperatura y la presión de los gases que están dentro del motor y la alta presión producida en este gas provoca la expansión de los pistones del motor, que al conectarse con el cigüeñal transforman el movimiento rectilíneo en movimiento circular uniforme. Los motores son comúnmente la propulsión de un vehículo, y algunas otras aplicaciones incluyen motores estacionarios para conducir generadores o motores portátiles.

Entre los sistemas de un motor podemos encontrar:

- Sistema de alimentación
- Sistema de distribución
- Sistema de encendido
- Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento del tren motriz tiene como función principal mantener al tren motriz en su temperatura de funcionamiento óptimo a través del intercambio de calor. Durante el funcionamiento del motor, la temperatura alcanzada en el interior de los cilindros es superior a los 2000 °C, y aunque esta temperatura es instantánea, la temperatura media es muy elevada, por lo que gracias al sistema de enfriamiento se logra evacuar gran parte

del calor producido en la explosión y se mantiene controlada la temperatura del sistema para funcionar adecuadamente [7].

En Ford se divide el sistema de enfriamiento en dos:

- Módulo de enfriamiento: Donde se encuentran los intercambiadores de calor
- Circuito hidráulico: Que está compuesto por elementos que transportan la mezcla agua- anticongelante.

2.2.1 Circuito Hidráulico del sistema de enfriamiento

Los sistemas de enfriamiento en los motores como puede verse en la Figura 7, consisten en un circuito de una mezcla agua-anticongelante, en contacto directo con las paredes y cámaras de combustión del motor, que absorbe el calor radiado y lo transporta al radiador donde el líquido se enfría y vuelve al circuito.

El anticongelante es necesario ya que disminuye el punto de congelación y aumenta el punto de ebullición de la mezcla, aumentando su rango de funcionamiento para condiciones extremas. Esta mezcla es a su vez impulsada por una bomba que asegura su flujo a través del circuito

Esta mezcla caliente recién salida del intercambiador de calor entra por la parte alta del radiador a través de la manguera superior donde se enfría a su paso por los tubos y aletas refrigerantes en contacto con el flujo de aire. Se tiene además un ventilador que aumenta el flujo de aire que está en contacto con el radiador.

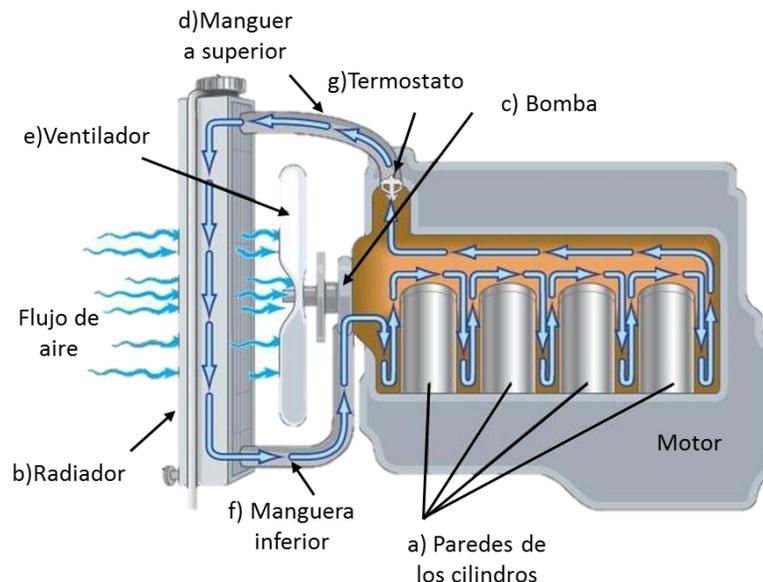


Figura 7: Circuito del sistema de enfriamiento

Esta mezcla una vez enfriada baja al depósito inferior del radiador y sale a través de la manguera inferior hacia el circuito para reingresar al intercambiador de calor.

Asimismo, para poder regular la temperatura de la mezcla se tiene una válvula operada por calor llamada termostato, la cual se encuentra previa a la entrada de la mezcla al radiador [8].

2.2.2 Proceso de ensamble del sistema de enfriamiento

El ensamble del sistema de enfriamiento se hace en distintas etapas, ya que varios de sus componentes son pre ensamblados por el proveedor para su posterior ensamble final en la planta.

Los elementos que llegan a la planta son:

- Radiador
- Ensamble del motor: donde ya vienen pre ensambladas las boquillas de entrada y salida para el sistema de enfriamiento
- Mangueras del circuito hidráulico: pre ensambladas en proveedor donde se les ensamblan abrazaderas para su sujeción a las boquillas de salidas y entradas del intercambiador de calor del motor y del radiador, y se les ensamblan también abrazaderas para su sujeción a otros elementos.
- Ventilador: Con un controlador independiente que regula su velocidad.
- Cubierta del ventilador: Una sola pieza moldeada de plástico la cual envuelve al ventilador; en ocasiones es utilizado también como punto de sujeción de las mangueras del radiador.

Una vez que estas piezas están en la planta, el proceso de ensamble es el siguiente:

1. En una línea de ensamble alterna a la principal, se hace el ensamble entre el radiador y la cubierta del ventilador.
2. El motor junto con el ventilador es ensamblado a la carrocería y es asegurado.
3. Se introduce el sub-ensamble del radiador con la cubierta del ventilador a la carrocería con el motor.
4. Se conectan las mangueras al radiador y al motor, se aseguran las abrazaderas y se sujetan los pines de las correas a la cubierta del radiador o de alguna parte plástica del motor para asegurar el ruteo y sujeción de las mangueras cuando el coche esté en funcionamiento.

Es justo el proceso del pre ensamble de la manguera del que más adelante describo como caso de trabajo.

2.2.3 Proceso de fabricación y ensamble de una manguera del sistema de enfriamiento

Las mangueras en el sistema de enfriamiento son tubos preformados de EPDM (etileno-propileno-dieno monómero) que transportan la mezcla agua-anticongelante del intercambiador de calor del motor al radiador, por lo que deben soportar las altas temperaturas de la mezcla proveniente del motor sin deformar su ruta ni su estructura.

Las mangueras pasan por varias etapas antes de poder ser enviadas a la planta, y estas son las principales:

1. Extrusión y tejido: El primer proceso es la extrusión de EPDM que define el diámetro interior de la manguera, posteriormente se refuerza el tubo con un tejido de nylon que ayuda a contener la expansión de la manguera, y por último se pasa a través de una segunda extrusora también de EPDM que define el diámetro exterior y se corta según la longitud deseada.
2. Preformado de la manguera y vulcanizado: La manguera es insertada en un mandril que tiene la forma final de la manguera y es ingresada en un horno a altas temperaturas por un tiempo determinado para su vulcanización, al salir, las mangueras son limpiadas y secadas.
3. Impresión de marcas: Aquí se imprime el número de parte de la manguera además de marcas guía necesarias para la línea de ensamble en la planta.
4. Ensamble de piezas externas: En esta etapa final se ponen las mangueras en distintos moldes donde se les ensamblan mallas, abrazaderas y correas en un lugar y posición exactas para su ensamble en planta. En la figura 8 podemos ver una manguera tras su proceso de fabricación.



Figura 8: Mangueras del sistema de enfriamiento

2.3 Desarrollo del Producto, diseño en Ford

El proceso del desarrollo del producto, es el conjunto de actividades requeridas para obtener o para llevar un concepto a un producto para su venta en el mercado; este conjunto incluye desde el proceso de inspiración y visión de un nuevo producto, así como el análisis de las actividades de negocio, las ofertas de mercado, las actividades del desarrollo ingenieril y técnico, el desarrollo de los planes de manufactura, la validación del diseño del producto, conforme a esos planes; en muchas ocasiones también incluye el desarrollo de canales de distribución estratégicos de mercado para la introducción de un nuevo producto [9] [10].

Se pueden generalizar las etapas del desarrollo del producto enfocado a la industria automotriz como [11]:

1. Identificar una necesidad de mercado
2. Construcción del plan estratégico con fechas y entregables
3. Conceptualizar y establecer las características y funciones del producto
4. Diseño primario del producto
5. Validación de las partes, procesos para la fabricación del producto
6. Validación del producto en mercado, costo y margen de ganancia
7. Construcción de prototipos para validación final de partes y procesos
8. Diseño definitivo del producto
9. Lanzamiento del producto
10. Mantenimiento del producto
11. Retroalimentación del cliente para iterar nuevamente el proceso.

El desarrollo del producto es un proceso que involucra a muchas áreas y equipos de trabajo dentro de una empresa, dentro de la empresa donde trabajé, los que se pueden destacar son:

1. Gestión del producto (tercera rotación)
2. Mercadotecnia
3. Finanzas
4. Ingeniería de diseño interna y de proveedor (primera y cuarta rotación)
5. Ingeniería en pruebas y validación de diseño (segunda rotación)
6. Ingeniería de mantenimiento del producto (etapa de trainee)
7. Manufactura
8. Compras
9. Distribución y logística de partes y del producto.

La realización de estas tareas no es en serie, sino muchas de ellas en paralelo y con constante necesidad de comunicación y retroalimentación entre todos los equipos, por lo que para la correcta coordinación y obtención de los objetivos clave de cada uno de estos equipos dentro de todo el ciclo de desarrollo del producto es necesario un plan de desarrollo (realizado en la segunda etapa) y que todos los involucrados estén conscientes de su participación dentro de dicho plan.

Este desarrollo se hace a lo largo de varios años dependiendo de la complejidad del producto (si es un nuevo año modelo de un carro actual, o si es un modelo completamente nuevo), y el cumplimiento de cada una de las fechas y objetivos del programa es fundamental, ya que el retraso en cualquiera de las etapas representa una pérdida millonaria.

Asimismo, existen distintas etapas dentro del desarrollo donde los directivos deciden si el producto es realmente viable o no, una de las más importantes es la etapa 6, donde se aprueba o no el producto, ya que no basta con que el producto haya alcanzado objetivos de costo y desempeño, sino que es necesario que haga caso de negocio.

2.4 Metodología *Six Sigma*

La metodología *Six Sigma* (Seis sigma) es una metodología utilizada para la mejora de procesos y está centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos reforzando y optimizando cada parte del proceso. El objetivo final de esta metodología es la reducción de la cantidad de defectos o fallos en la entrega de un producto o un servicio al cliente, entendiéndose como defecto cualquier producto que se encuentra fuera de los límites para conseguir la satisfacción del cliente. En términos específicos, la meta de la metodología es llegar a un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos [12].

La metodología *Six Sigma* se inició en Motorola en 1988 por el ingeniero Bill Smith, como resultado de distintos esfuerzos para mejorar la calidad, así como el desarrollo de herramientas analíticas.

Este proceso se caracteriza por cinco etapas concretas:

La definición, que consiste en establecer el objetivo del problema, así como los participantes del programa. Se debe definir también cuáles son los métricos importantes y quiénes son los clientes, sus necesidades y requerimientos.

La fase dos es de medición, aquí se establecen cuáles son los datos disponibles y se especifican o se establecen las técnicas a utilizar para su recolección, así como establecer el funcionamiento actual del sistema donde se suscita el problema.

La tercera etapa es el análisis, en el que se intenta identificar o averiguar las fuentes y causas de variación del rendimiento buscado para el problema.

La etapa cuatro es la mejora, en la mejora se determina e identifican las medias que solucionan las causas raíces del problema y que representan un beneficio para los clientes.

Por último, la etapa cinco es la de control, y consiste en el diseño de un proceso de mejora del producto donde se establecen y garantizan la continuidad de la mejora implementada, además de llevarla a cabo a través del monitoreo de su implementación [13].

Asimismo, algunos de los conceptos importantes para esta fase son:

Cp: Es la capacidad potencial del rendimiento del proceso, e indica si un proceso es capaz de producir partes con variación dentro de lo requerido en la especificación.

Cpk: Índice de capacidad del proceso, indica que la variación de lo producido por el proceso está dentro de las tolerancias requeridas en la especificación.

DPMO: Defectos por millón de unidades producidas

Sigma: es una medida de dispersión de los datos, cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución de datos, conocido también como desviación estándar.

Para calcular DPMO usar la siguiente fórmula:

$$DPMO = \left(\frac{\text{Número total de defectos}}{\text{Unidades totales} * \text{Oportunidades}} \right) * 1,000,000$$

Y después de obtener el DPMO se utiliza la tabla de conversión para obtener el valor sigma.



Figura 9. Diagrama de flujo de la metodología *Six Sigma*

3.- Desarrollo del Proyecto

3.1.- Antecedentes y descripción del problema

Dentro de las etapas de lanzamiento de un vehículo se encuentran varias construcciones de prototipo, la finalidad de estas es corroborar el correcto funcionamiento de las partes, así como su correcto ensamble y durabilidad.

Dentro del desarrollo del **Vehículo A**, mi equipo participó desde el diseño del sistema de enfriamiento del tren motriz y ahora era encargado de apoyar en las etapas de prototipos. Dentro de las pruebas de durabilidad que realizaron encontraron una oportunidad de mejora:

Una de las correas que sujetaba la manguera inferior del radiador y que se sujetaba de la cubierta plástica del motor, se rompía en las pruebas de durabilidad. Esta correa se colocó en el diseño para sujetar y asegurar a la manguera junto a la cubierta del ventilador del motor.

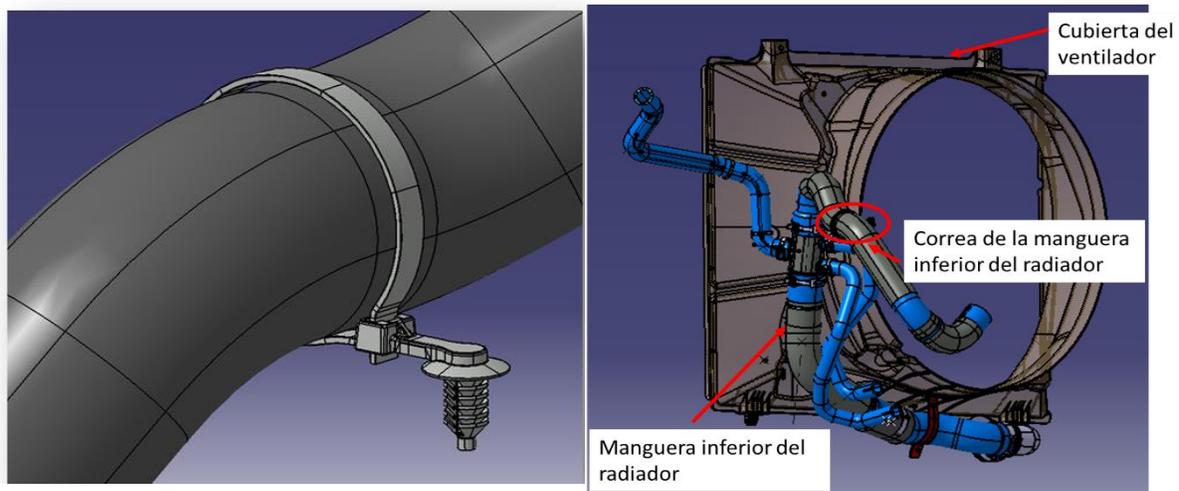


Figura 10. Manguera inferior del radiador y la correa para su sujeción

A pesar del diseño previo y de las pruebas en simulaciones virtuales, no se esperaba que con el aumento de diámetro de la manguera a la hora en que el coche se encuentra en funcionamiento la tensión ejercida sobre la correa fuera superior a lo que soportaba. Incluso en las pruebas de funcionamiento normal realizadas no se había presentado ningún problema y fue realmente hasta la prueba de durabilidad (la cual consiste en llevar el coche a un desgaste por alto kilometraje) donde la correa cedió por fatiga.

Mi equipo, tras una serie de estudios y pruebas determinó que el problema del rompimiento de la correa se debía a la excesiva tensión con la que era ensamblada por el proveedor. En ese momento se implementó una modificación a la pistola de tensión, con la que se ensamblaba la correa, para poder asegurar que no se excediera dicha tensión (se bajó la tensión con la que la pistola cortaba la correa, de un nivel 4 a un nivel 2 como se muestra en la Tabla 1).

Tabla 1.- Relación de nivel de ajuste y fuerza de corte.

Ajuste	Fuerza de corte en Newtons
0	20
1	38
2	51
3	68
4	85
5	104

Esta modificación tenía la intención de dejar el espacio suficiente entre la manguera y la correa para disminuir la tensión y así evitar el rompimiento de la correa. Tras pasar las pruebas de validación de sujeción necesarias y de la aprobación del especialista técnico en mangueras esta modificación se implementó para la siguiente fase de prototipos y producción, figura 11.



Figura 11.- Manguera y correa

Este problema se detectó en las últimas etapas de prototipo del carro y por eso fue que se resolvió con las medidas mencionadas, debido a que no podía cambiarse ni el diseño general de la manguera ni de su ruteo; ya que cualquier cambio en diseño en esta etapa de diseño (cerca de la validación final para la producción en masa) de algún componente que implique la creación de un nuevo herramental para la pieza, o la adición de una nueva pieza implica una pérdida de millones de dólares, tanto por el costo de la fabricación e implementación del herramental por el proveedor, como por el costo que implica el retraso de la producción. Por lo que encontrar una solución que no implique grandes cambios al diseño es ideal. Cada uno de estos problemas a la hora de lanzar una producción, son registrados y tomados en cuenta para la próxima iteración de diseño del carro.

3.2.- Implementación de la metodología Six Sigma

A pesar de las medidas implementadas para evitar la sobretensión de la correa, se empezaron a recibir en la planta algunas mangueras para la última etapa de prototipos que presentaban una sobretensión superior a la que se esperaba y que se encontraba cerca de la tensión que se sabía provocaba la falla, por lo que tuvieron que ser retrabajadas para evitar dicha zona de tensión.

En este punto del desarrollo del producto es donde yo entro al equipo para ayudar a la resolución de dicho problema, para lo que primeramente investigué sobre el desarrollo de la manguera y la correa, así como las medidas implementadas para su solución para poder empezar la implementación de la metodología *Six Sigma*.

3.2.1 Diseño

Primeramente, establecí las diferencias de la problemática pasada a la que se me presentaba; mi equipo se había enfrentado al rompimiento de la correa en alto tiempo en servicio, y determinaron que era debido a la sobretensión de la correa por lo que, tras una serie de pruebas determinaron la tensión ideal para el proceso de ensamble de la correa.

El problema que se me presentó fue que a pesar de establecer una medida específica de tensión con la pistola de la correa en el proceso de ensamble del proveedor, para la última etapa de prototipos, el 1% de las mangueras presentaban una sobretensión (cercana a la zona de tensión que causaba la ruptura, por lo que dichas mangueras tuvieron que ser retrabajadas), lo cual según la tabla de conversión 3, es equivalente a un nivel de sigma de 3.8 y un Cpk de 1.3.

Tabla 2.- Tabla de conversión nivel en sigma y DPMO [14]

Rendim	Sigmas	DPMO	Rendim	Sigmas	DPMO	Rendim	Sigmas	DPMO
6,68	0,00	933200	69,15	2,00	308500	99,38	4,00	6200
8,455	0,13	915450	73,405	2,13	265950	99,565	4,13	4350
10,56	0,25	894400	77,34	2,25	226600	99,7	4,25	3000
13,03	0,38	869700	80,92	2,38	190800	99,795	4,38	2050
15,87	0,50	841300	84,13	2,50	158700	99,87	4,50	1300
19,08	0,63	809200	86,97	2,63	130300	99,91	4,63	900
22,66	0,75	773400	89,44	2,75	105600	99,94	4,75	600
26,595	0,88	734050	91,54	2,88	84550	99,96	4,88	400
30,85	1,00	691500	93,32	3,00	66800	99,977	5,00	230
35,435	1,13	645650	94,79	3,13	52100	99,982	5,13	180
40,13	1,25	598700	95,99	3,25	40100	99,987	5,25	130
45,025	1,38	549750	96,96	3,38	30400	99,992	5,38	80
50	1,50	500000	97,73	3,50	22700	99,997	5,50	30
54,975	1,63	450250	98,32	3,63	16800	99,99767	5,63	23,35
59,87	1,75	401300	98,78	3,75	12200	99,99833	5,75	16,7
64,565	1,88	354350	99,12	3,88	8800	99,999	5,88	10,05

99,999966	6,00	3,4
-----------	------	-----

Por lo que concluimos que algo estaba pasando en el proceso de control del proveedor que provocaba que algunas mangueras tuvieran una tensión mayor a la deseada, que a la larga podría provocar de nuevo el primer problema.

El alcance que se determinó junto con mi supervisor fue encontrar las causas de esta variación y solucionarlas para que nuestro cliente, la planta, pudiera recibir las mangueras con las correas ensambladas con la tensión preestablecida y que no fallaría en alto tiempo en servicio.

3.2.2 Medición

Para esta etapa ya sabíamos que nuestro objetivo era que la correa tuviera la tensión preestablecida que era hasta ese momento únicamente controlada por la pistola, por lo que buscamos otra manera de poder medir dicha tensión de manera indirecta.

Se decidió que se mediría el restante cortado de la correa, ya que su longitud era inversamente proporcional a la longitud del perímetro con que la correa envolvía a la manguera. A mayor longitud del sobrante cortado, menor longitud tendría la correa que envolvía la manguera, y, por tanto, mayor tensión.

Entonces, tras consultar la serie de experimentos que se habían realizado previamente en la resolución del primer problema, pudimos encontrar que el restante que quedaba tras tensar correctamente la correa era de 36mm, mientras que la tensión que había ocasionado el problema dejaba 51 mm, como se ve en la Tabla 3:

Tabla 3.- Tabla de relación tensión y longitud

Ajuste	Tensión (N)	Longitud del sobrante (mm)
0	20	30
1	38	36
2	51	41
3	68	46
4	85	51

A partir de entonces tomamos la longitud del sobrante cortado como referencia directa de la tensión, siendo la distancia objetivo 36 mm, con una tolerancia máxima de +-6mm, para asegurar que la tensión máxima se encontrara lejos de la tensión que causó los defectos.

Posteriormente me contacté con el proveedor para confirmar si las mangueras que se habían mandado habían sido ensambladas siguiendo las modificaciones del proceso que se habían indicado, a lo que el proveedor confirmó que dichas mangueras fueron tensadas con las medidas previamente implementadas, pero no tenían la medida del sobrante de las

correas de esas mangueras, por lo que les pedí replicaran el proceso y nos mandaran las medidas de los sobrantes.

A este pedido el proveedor respondió que el restante que generaba el dejar la pistola en un ajuste de 1 era de 48mm, lo cual no era posible ya que debía ser cercano a 36mm, por lo que había algún punto que no se estaba viendo entre nuestras medidas y las del proveedor, figura 12.



Figura 12. Medición de la longitud del sobrante de la correa

Debido a esto mi supervisor decide enviarme para realizar una visita a las instalaciones del proveedor, para poder verificar y estudiar el proceso de control para el ensamble de la correa en la manguera inferior del radiador, con el fin de encontrar las causas de esta sobretensión y su corrección.

Al llegar con el proveedor fui recibido por el equipo de ingeniería encargado de las mangueras para Ford, así como por el ingeniero de calidad por parte de Ford; ellos me explicaron el proceso de creación de la manguera, los procesos y cuidados que se tenían desde el almacenamiento, extrusión, inserción, corte y vulcanizado de la manguera, para posteriormente llegar a los ensambles finales, que es donde se suponía se encontraba el problema.

El proceso de inserción y ensamble de la correa a la manguera está constituido de la siguiente manera:

1. El operario pone la manguera en un molde donde sólo se puede insertar en una posición específica, asegurando el inicio y fin de la misma, así como el lugar exacto de la colocación de la correa.
2. Posteriormente, el operario pone en un compartimento especial del molde la cabeza de la correa para poder manualmente empujar la correa a través de unos rieles que rodean la manguera y guiarlo hacia la caja de dientes.
3. Después, el operario utiliza la pistola de tensión de la correa que previamente está puesta en el nivel 1 y acciona la pistola hasta que tense al nivel requerido y se corte automáticamente.

El proveedor realizó varias pruebas frente de mí donde aparentemente el proceso se realizaba correctamente, además de mostrarme los registros donde indicaban que

calibraban las pistolas de tensión cada cierto tiempo según indicaba el fabricante y sus procesos.

3.2.3 Análisis

Pedí entonces que se realizaran varias corridas del proceso, donde aparentemente no se encontraba alguna falla. Decidí realizar más pruebas, observar más de cerca y medir el exceso cortado de la correa como parámetro de referencia de la tensión en la correa.

Tras varias corridas y tras observar minuciosamente las acciones del operario logré encontrar entre 20 mediciones una variación máxima de hasta siete milímetros de longitud (aproximadamente 43 mm de longitud), lo cual arrojaba que algunas mangueras podían tener una tensión cercana a la que se sabía causaba la ruptura, lo cual confirmaba que había algunos factores en el proceso de ensamble que provocaban una alta variación.

Entre los descubrimientos tras las observaciones del proceso encontré que:

1. Una vez que se coloca la cabeza de la correa dentro del compartimento, se tiene que recorrer manualmente a través de unos canales que están alrededor de la manguera y se observó que dichos canales tenían una anchura inferior a la medida de la correa, es decir, que ésta no cabía completamente en los rieles, lo que provocaba que la correa fuera guiada parcialmente, como se muestra en la Figura 13.

A pesar de que realmente el proceso de guía seguía funcionando la correa no entraba correctamente en los rieles, y por lo tanto la cola de la correa no siempre podía llegar correctamente a su caja de dientes (llegaba ligeramente rotada), lo que ocasionaba que el operario tuviera que usar un poco más de fuerza para que la correa pudiera pasar y sujetarse.



Figura 13.- Carril guía para la correa alrededor de la manguera

2. No había ningún límite para la primera tensión manual que realizaba el operario, es decir, una vez que colocaba la cabeza de la correa en el compartimento, únicamente se aseguraba que corriera y lo empezaba a tensar hasta un poco después de que llegara a la caja de dientes. No había ninguna especificación de cuánto debía hacerse, lo hacía sólo según su medición, lo que provocaba que la

correa llegara con diferentes niveles de tensión para el uso de la pistola, como se muestra en la Figura 14.



Figura 14.- Ajuste manual de la correa previo al uso de la pistola

Entonces se sabe previamente que la pistola mecánica funciona de la siguiente manera: al accionar la pistola, la correa se empieza a jalar y una vez que alcanza o detecta cierta tensión, corta automáticamente el sobrante.

Por lo tanto, uno de los problemas al no tener una tensión previa establecida al accionar de la pistola era que el operario podía incluso superar la tensión deseada, ya que no había ningún límite en el proceso manual, y una vez que operaba la pistola, ésta cortaba automáticamente porque ya se había superado la tensión deseada. De esta forma se podían exceder los límites de tensión establecidos sin que fuera detectado, como se muestra en la figura 15.



Figura 15.- La correa era tensada previamente sin restricción definida

3. Se detectó también que el operario no tenía ninguna restricción en la operación de la pistola. Figura 16. Como se mencionó previamente, la pistola corta la correa cuando detecta cierta tensión ya establecida, sin embargo, para que esto se pueda dar se tienen que aplicar ciclos completos con el gatillo.

Se detectó que el operario en ocasiones accionaba hasta cuatro veces el gatillo y en ocasiones una nada más, es decir que no se tenía un control de si los ciclos de la pistola eran completos. Al realizar ciclos incompletos con la pistola se hacía que ésta apretara un poco más la correa hasta que se operaba completamente el gatillo y se realizaba el corte.

Esta mala práctica provocaba que, a pesar de tener la pistola en el nivel de tensión correcto, se pudiera tensar alguna correa más de lo deseado.



Figura 16.- Uso de la pistola para la tensión y corte de la correa

Al observar estos descubrimientos y medir los resultados se encontró una variación de hasta siete milímetros en el sobrante de la cola de la correa.

3.2.4 Mejora

Estos descubrimientos fueron discutidos y revisados junto con el equipo de ingeniería del proveedor y de calidad por parte de Ford. Se acordó realizar tres nuevos métodos de control para el proceso de colocación de la correa:

1. Incrementar la anchura del carril para la colocación de la correa para que pudiera correr de manera correcta, entrar como se esperaba a la caja de dientes y de esta manera el operador no tuviera que aplicar fuerza adicional.
2. Poner un tope físico para que la cola de la correa no pudiera avanzar más a la hora de la primera tensión manual que realiza el operario para poder traspasar la caja de dientes.

Se acordó que tan pronto la caja de dientes pudiera agarrar las líneas de seguridad de la correa ésta se detuviera, como se muestra en la Figura 17. De esta manera se aseguraba que la pistola siempre empezaría a operar con la misma distancia y con la misma tensión previa de la correa.



Figura 17.- Tope físico para limitar el avance de la correa

3. Realizar ciclos completos de la pistola de tensión para su correcto funcionamiento. Se observó que, para poder lograr la tensión deseada, se tenían que dar dos disparos completos.

Se realizaron en esa misma visita simulaciones de esas modificaciones al proceso y tras 10 iteraciones se obtuvo en ese momento que la longitud del sobrante variaba mucho menos que antes y estaba siempre en un rango aproximado de ± 1 de la distancia deseada.

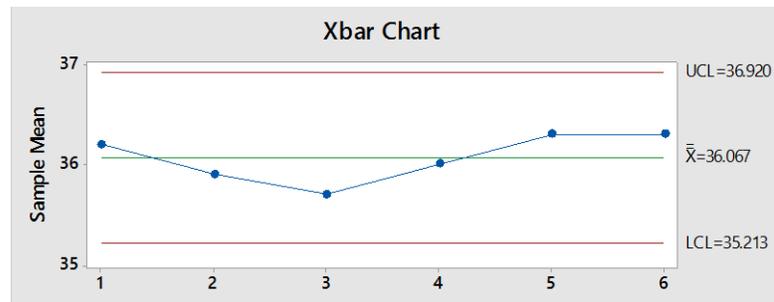
3.2.5 Control

Para poder asegurar la efectividad de las mejoras al proceso se estableció una estrategia de monitoreo para su implementación:

1. Automatizar el “tope” del segundo método de control, ya que primeramente se pensaba hacer una compuerta que subía y bajaba manualmente, sin embargo, se pidió que fuera “a prueba de error” para evitar el riesgo de que el operario olvidara ocupar la compuerta, por lo que tras un plazo de dos semanas el proveedor automatizó el accionar de la compuerta, ya que se subía al insertar la manguera en el molde y hasta que se presionaba un botón en la mesa ésta bajaba.
2. Agregar las siguientes implementaciones a la hoja de proceso de dicha estación:
 - a. Incrementar la anchura del carril para la colocación de la correa.
 - b. Poner un tope físico para que la cola de la correa no pudiera avanzar más a la hora de la primera tensión manual.
 - c. Realizar ciclos completos de la pistola de tensión.
3. Agregar al proceso la tolerancia del sobrante de ± 6 mm.

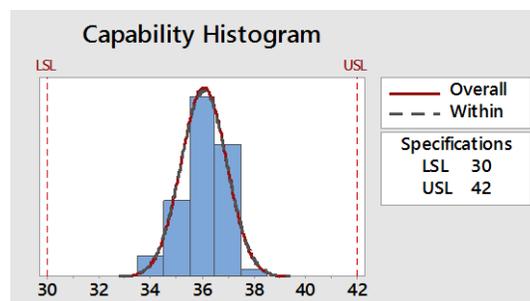
4. Por indicación del ingeniero de calidad de Ford se tomarían mediciones de las longitudes del restante de la correa como muestras durante la primera semana de implementación, 10 muestras aleatorias durante cada turno (al día había 2 turnos). Por lo que de este primer estudio se obtuvieron 60 muestras en total. Si se demostraba la efectividad de las medidas implementadas se seguiría monitoreando el sistema posteriormente conforme el proceso normal de calidad de Ford.

Las 60 medidas fueron analizadas por medio del software **minitab** y pudo observarse que el proceso estaba centrado, es decir, que la media se encontraba alrededor de la distancia objetivo (36 mm) y que ningún punto estaba fuera de los límites de control (31 y 41 mm), en la gráfica 1 se puede observar que los datos fueron agrupados por grupos de 10 según el turno y el día en que fueron tomados.



Gráfica 1. Diagrama Xbar obtenido con minitab

Asimismo, se pudo observar que el proceso tenía un CP de 2.24 y centrado gracias a la gráfica 6 de capacidad, donde se tenía una variación estándar baja, ya que el CPk era de 2.21, lo cual, yendo a la tabla de conversión nos da que se tiene una sigma de 6.5, lo cual se encuentra en la calidad esperada por el cliente, como se observa en la gráfica 2.



Gráfica 2. Gráfica de capacidad del sistema obtenido con minitab

4.- Resultados de la implementación

Tras la visita al proveedor y las medidas de control establecidas se recurrió al software minitab, como se menciona al final del capítulo 3, y de ahí se pudo concluir que el resultado de las implementaciones fue un proceso centrado y con una alta CPk de 2.21, el cual equivale a una sigma de 6.5, y que asegura que el proceso se encuentra dentro de la calidad *Six Sigma*.

Estos resultados además fueron complementados con las revisiones periódicas del ingeniero de calidad de Ford al proveedor dónde se comprobó que el proceso seguía centrado y dentro de los límites.

Asimismo, para verificar la eficacia de las medidas implementadas en alto tiempo en servicio se monitoreó el sistema de garantías de la compañía para verificar que no se registrara alguna debido a una mala función de la manguera. Tras 22 meses de su implementación no se han registrado garantías por dicho problema, lo que corrobora que la tensión de la correa ha sido la adecuada para que ésta no se rompa en el servicio, y la eficiencia de las medidas de control implementadas.

Además, estas medidas convencieron tanto al ingeniero de calidad, que decidió implementarlas también para las demás correas de las demás mangueras del sistema de enfriamiento del vehículo en cuestión y también para los otros vehículos para los cuáles el proveedor hacía mangueras. Ya que, a pesar de no presentar problemas, se dio cuenta que era necesario asegurar la tensión objetivo para cada una.

5.- Conclusiones

Haber tenido la oportunidad de trabajar en distintas áreas del Desarrollo del Producto dentro de Ford ha sido fundamental para mi crecimiento profesional, ya que me ha permitido ver la ingeniería desde distintos ángulos, entender que cada uno de ellos son igual de valiosos y que el éxito de proyectos complejos sólo se logra con trabajo en equipo.

Al estar en distintas áreas pude aplicar y profundizar los conocimientos técnicos adquiridos en la carrera, por ejemplo, de ingeniería de manufactura con el equipo de PVT, control, circuitos digitales y mi experiencia en el Taller de Robótica para mi rotación en Calibración y desarrollo del producto dentro del equipo de Gerencia del Programa, dónde pude comprobar el gran nivel técnico con el que egresamos de la facultad.

Así también, aprendí y sigo aprendiendo nuevos temas en los que no profundicé mucho en la facultad como procesos administrativos e industriales, gerencia de proyectos, planeación y logística industriales y exposición eficiente de proyectos.

Asimismo, puedo decir que mi experiencia laboral me ha ayudado a comprender conceptos que no había terminado de entender en la carrera, por ejemplo, la metodología de Desarrollo del Producto, ya que en la carrera no veía su importancia y desarrollaba gran parte de mis proyectos según mi propia metodología. Gracias al trabajo he podido entender la importancia de la clara definición de objetivos y alcances durante el proyecto, así como la relevancia de buscar, entender y cumplir los requerimientos del cliente, ya que no sirve de nada hacer un producto que funcione correctamente si no está realmente enfocado para las necesidades del cliente.

Quiero destacar mi rotación con el equipo de Enfriamiento del Tren Motriz porque fue en este equipo dónde se me dejó por primera vez coordinar proyectos, abordando incluso temas que en un principio no dominaba, así como sistemas o procesos internos, sin embargo, fue gracias a mi formación en la facultad, donde tomé como hábitos el compromiso, el esfuerzo por superar lo esperado, la dedicación, el estudio y sobre todo la pasión por conocer y dominar nuevos temas, que pude sacar los proyectos adelante, a pesar del poco tiempo de experiencia en el área.

Bibliografía y fuentes consultadas:

- [1] Corporate Ford, *Our History* (2018) [Consultado en línea en septiembre de 2018]. Disponible en: <https://corporate.ford.com/history.html>
- [2] Ford España, *El legado de Henry Ford (2017)* [Consultado en línea en septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.atm.com> <https://www.ford.es/acerca-de-ford/historia>
- [3] Ford de México, *Acerca de Ford (2018)* [Consultado en línea en septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.ford.mx/acerca-de/>
- [4] Manufactura, *Ford, nueve décadas den México*, (2018) [Consultado en línea en septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.manufactura.mx/automotriz/2015/06/23/ford-nueve-decadas-de-presencia-en-mexico>
- [5] Marcela Ramos, “Gabriel López, Presidente y Director General de Ford México”, *LIDERES MEXICANOS*, octubre 2017 [Consultado en línea en octubre de 2018]. Disponible en: <https://lideresmexicanos.com/entrevistas/gabriel-lopez-presidente-y-director-general-de-ford-mexico-2/>
- [6] Pulkrabek, Willard, *Engineering Fundamentals of the Intern Combustion Engine*, segunda edición, New Jersey, Estados Unidos, Pearson Education, 2004.
- [7] Villalobos, Sergio, *Diseño Conceptual del Sistema de Enfriamiento del Tren Motriz de un Vehículo* (Informe de experiencia profesional), Facultad de Ingeniería, UNAM, 2018.
- [8] Stone, Richard, *Introduction to Internal Combustion Engines*, cuarta edición, China, Palgrave Macmillan, 2012.
- [9] Castañeda, Serafín, *Apuntes de clase “Diseño del Producto”*, Diseño Mecatrónico, Facultad de Ingeniería, UNAM, septiembre 2015.
- [10] Otto, Kevin, *Product Design*, segunda edición, Estados Unidos, Prentice Hall, 2001.
- [11] Product Plan, *What is Product Development?*, (2018) [Consultado en línea en octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.productplan.com/what-is-product-development/>
- [12] Miranda Luis, *Seis Sigma guía para principiantes*, primera edición, México D.F., Panorama Editorial, 2006.
- [13] Luna, Rodrigo, *Apuntes de curso “DMAIC”*, Introducción a la Metodología Six Sigma, Ford Motor Company, Julio 2016.
- [14] Slide p, *Introducción a la Estadística Básica* (2018) [Consultado en línea en octubre de 2018]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/10449290/>