



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Informe de actividades en ABC vehículos de México

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Carlos Armando Ortiz Sánchez

ASESOR DE INFORME

M.I. Anguiano Rojas Emiliano



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

1. Dedicatoria:

Quiero agradecer a mis padres y hermanos por estar en ese continuo apoyo familiar, por enseñarme todas esas lecciones de vida que ahora han ayudado a forjar la persona que soy, mostrándome que la vida está llena de retos que pueden ser superados con dedicación y esfuerzo; gracias les doy por ser esos guías y consejeros que me han llevado por el buen camino y hacer crecer las expectativas que tengo de mí mismo.

También quiero agradecer a mi asesor de informe el M.I. Anguiano Rojas Emiliano, quien ha estado a mi lado no solo como mi maestro sino también como un amigo, con su peculiar manera de trabajar ambos aprendimos a abrirnos a nuevas formas de enseñar y aprender. También por sentar en mí las bases para ser autodidacta y responsable para poder completar este trabajo.

Finalmente quiero agradecer a la Familia Navarro quien durante el final de mi trayecto escolar me apoyo como una segunda familia, dándome diferentes perspectivas de la vida, consejos y apoyo moral para seguir adelante.

2. Introducción:

Este trabajo refleja un reporte de actividades realizadas en una empresa automotriz en el puesto de ingeniería de producto para las áreas de sistemas de combustible y ejes, será presentado por Carlos Armando Ortiz Sánchez para obtener el título de ingeniero Mecánico donde se pretende demostrar que se tienen las herramientas y cualificaciones necesarias para poder ejercer la profesión.

En el presente documento se describirán algunas de las actividades diarias en las que trabajé y algunos proyectos en los que participé. Debido a problemas legales que pudiera ocasionar la propagación de información confidencial de la empresa, se pretende presentar este trabajo de una manera general, evitando llegar a hablar de marcas y procesos internos que pudieran caer en manos de la competencia perjudicando a la empresa. Por esta razón, las imágenes que pudieran revelar este tipo de información tendrán un filtro y estarán marcadas con la palabra confidencial dado que no se tienen derechos legales de divulgación, sin embargo, me decidí a exponer este tema porque ha sido parte importante y complemento en mi desarrollo en el área de ingeniería.

Índice:

1. Descripción de la empresa.....	5
2. Puesto actual.....	5
3. Antecedentes.	5
I. ¿Por qué razones ocurren cambios?	6
II. Sistemas de combustible.	6
III. Ejes de tarea pesada.....	7
IV. Proceso de diseño.	9
4. Responsabilidades.	10
I. Pruebas de validación.....	10
II. Diseño de componentes mediante el uso de CAD.	14
a. Mejores prácticas para diseño.	17
b. Posicionamiento:	18
c. Centros de masa para análisis de elemento finito.....	19
III. Revisión de resultados de despiece.	20
a. Debido a pruebas vehiculares.....	20
b. Debido a daños en planta o durante embarques.	20
c. Debido a retorno por garantías.	21
IV. Garantías:	22
V. Creación de ayudas visuales:.....	25
VI. Revisión de documentos de ingeniería:.....	26
a. DFMEA.....	26
b. PFMEA	26
c. DVP&R.....	26
VII. Conocimientos de componentes y beneficios:	27
5. Experiencia vs formación en la facultad de ingeniería:.....	28
6. Glosario.	30

1. Descripción de la empresa.

ABC vehículos de México.

Es una empresa internacional de giro automotriz que cuenta con muchos años de experiencia en el mercado, tiene plantas situadas en México dedicadas al estampado, ensamble y motores. Su principal mercado se encuentra en estados unidos y Canadá pero también exporta sus vehículos en Sudamérica, Europa y algunos países asiáticos.

2. Puesto actual.

Yo trabajo en el puesto de ingeniero de producto, contratado por un *outsourcing* que presta servicios a la compañía. Actualmente estoy en el área de ejes para vehículos de tarea pesada en producción actual para modelos 2017. También estuve trabajando en el área de sistemas de combustible, donde mi principal tarea fue el análisis de garantías y modelado 3D para líneas de combustible.

Como ingeniero de producto mis tareas básicas fueron las siguientes:

- Centro de comunicación entre calidad, proveedores, control de producción y planta.
- Validación de pruebas (Mecánicas, corrosión, desgaste, etc.)
- Diseño de componentes mediante el uso de CAD.
- Análisis de garantías.
- Reportes semanales de temas abiertos y sus actualizaciones a Estados Unidos.
- Revisión de resultados *teardown*¹.
- Creación de ayudas visuales para administrar componentes.
- Cambios con proveedor para año modelo en producción.
- Revisión de documentos de ingeniería (DFMEA, PFMEA, Planes de control, planos, entre otros.)

3. Antecedentes.

En la industria automotriz se realizan grandes cantidades de pruebas para sistemas que han sido diseñados por primera vez, que han presentado alguna condición de falla, que han sido mejorados o que haya habido algún cambio en su proceso original. Es por eso que se le

¹ Proceso en el cual un componente es desensamblado para su análisis.

debe dar una gran importancia al momento en que se realizan pruebas para detección de problemas, es decir, si la prueba puede ser hecha a nivel componente, ensamble o nivel vehicular.

I. ¿Por qué razones ocurren cambios?

La industria automotriz se encuentra en constante movimiento, es por esto que los cambios son muy comunes, además de las razones mencionadas anteriormente también pueden ser causados por regulaciones en estándares medio ambientales, cambios en otros componentes que puedan afectar la interfaz o bien afectaciones en el empaquetamiento de los modelos.

Durante el diseño de líneas de combustible para un vehículo de año modelo futuro, me vi más afectado debido a cambios en componentes que estaban alrededor, a diferencia de un componente de mayor jerarquía, como un tanque de combustible, las líneas podían tomar rutas alternas para evitar contactos.

Sin embargo, cuando se trabajó con ejes para vehículos de año modelo actual, se podía notar mayor relación en cambios de proceso con proveedor y procesos de ensamble en planta. Otra razón para hacer modificaciones es que surja alguna dificultad de garantía, sin perder de vista que este tipo de problemas no necesariamente viene de un error de diseño sino que también puede estar asociado a un conflicto de proceso. Finalmente se tienen los TCR², que son aquellas modificaciones hechas con la finalidad de hacer reducciones de costo.

II. Sistemas de combustible.

Antes de empezar a hablar sobre las actividades que se realizaron, me gustaría describir de manera general los sistemas con los que se estuvo involucrado. En el área de sistemas de motor se trabajó con algunos de los sistemas de combustible mostrados en la *ilustración 1*.

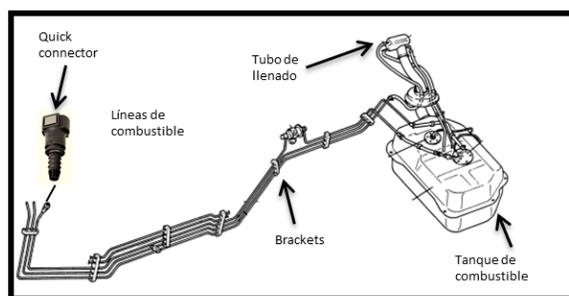


Ilustración 1. Ejemplo del sistema de combustible.

Este sistema está formado por diferentes componentes como el tubo de llenado, tanque, filtros y líneas de combustible. La finalidad de este sistema es llevar el combustible desde el tubo de llenado hasta los rieles de inyección.

² *Technical cost reduction*. Es un proceso de reducción de costos en el cual las compañías se enfocan después de lanzar un producto, normalmente interfieren cambios de materiales y procesos.

III. Ejes de tarea pesada.

Otro de los componentes con los que trabajé además del sistema de combustible fueron ejes delanteros y traseros para un vehículo en actual producción, esto quiere decir que es un componente ya liberado en el pasado y usualmente este tipo de elementos sufren cambios en el proceso de producción.

Los ejes son los encargados de transmitir el torque recibido de la flecha cardan hacia las llantas, además de eso mantienen una posición relativa entre los neumáticos y el vehículo, ya sea en estado estático o dinámico. Otra de sus funciones principales es soportar el peso del vehículo con su respectiva carga, sus tripulantes y la carga de arrastre.

Como características se tiene el *axle ratio*, que es la relación de dientes o diámetro entre la corona y el piñón, por otro lado, se tiene un límite de carga distribuida para eje delantero y trasero al cual se le llama “*Gross Axle Weight Rating*” (GAWR).

Los componentes generales de los ejes son los siguientes y están ensamblados como se muestra en la *ilustración 2*:

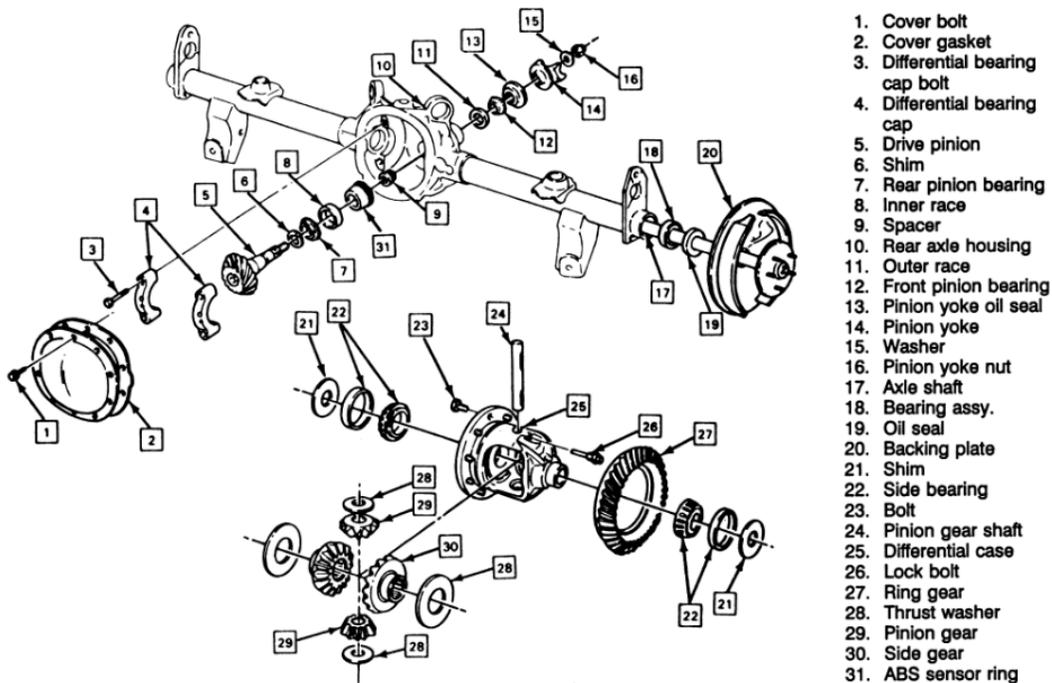


Ilustración 2. Partes que componen a un eje trasero.

Además de esto cuenta con funciones adicionales dependiendo del tipo de eje, se pueden dividir en 2 categorías principales que son *driven* y *non driven*. El eje que se encuentra en la parte trasera siempre es de la categoría *driven*, sin embargo, el eje delantero es el que le puede dar una configuración especial al vehículo al poder hacerlo un 4x4 o un 4x2, este cambio es representado por la ausencia de un mecanismo llamado diferencial como se

muestra en la *ilustración 3*. Cuando se tiene un vehículo 4x4 el torque también es transmitido a través de la caja de transferencia por la flecha frontal hacia el diferencial.

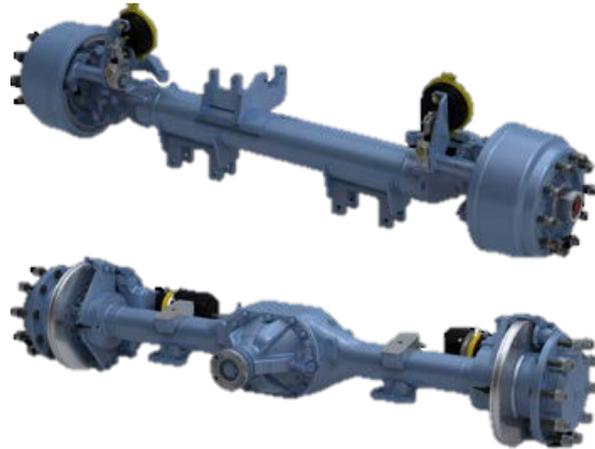


Ilustración 3. En la parte superior se muestra un eje *non-driven* y en la parte inferior un *driven*.

El diferencial es un mecanismo que permite un movimiento de rotación prácticamente independiente entre las llantas. Cuando el vehículo avanza en línea recta, ambas llantas giran aproximadamente a la misma velocidad (suponiendo que ambas tengan la misma tracción) pero al momento de llegar a una curva, la llanta que se encuentra en el radio externo del centro de giro debe girar más rápido que aquella que se encuentra en el radio interior como se muestra en la *ilustración 4*, éste mecanismo permite al vehículo dar una curva sin deslizamiento o pérdida de control.

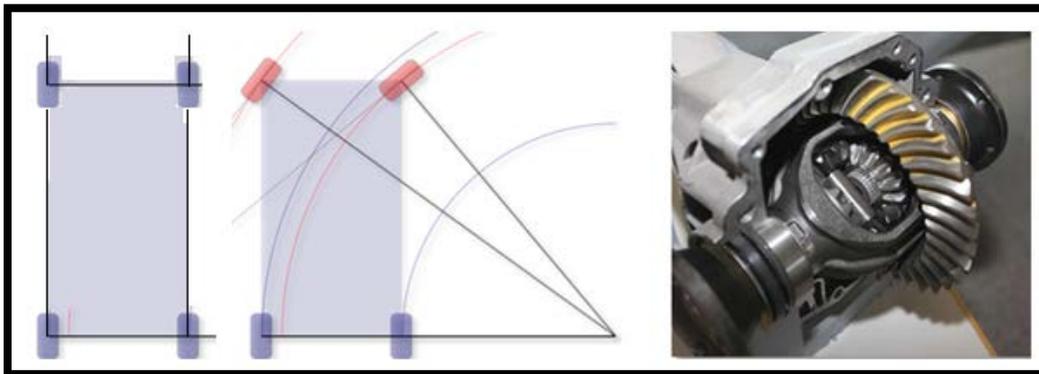


Ilustración 4. En la parte izquierda se muestra el recorrido de las llantas de un vehículo avanzando en forma recta y durante una vuelta. En la parte derecha se puede apreciar la parte interna de un diferencial abierto.

En realidad un diferencial va mucho más allá de eso y puede tener sus ventajas y desventajas al utilizar un diferencial abierto o uno del tipo *Limited Slip*³. Hablando idealmente el del tipo abierto ayuda a transmitir el torque con la misma proporción hacia

³ Es un tipo de diferencial que dependiendo de la tracción que tenga las llantas, transmite la mayor cantidad de torque proporcionalmente a aquella que tenga mejor tracción.

ambas llantas, siempre y cuando vaya en línea recta y tengan la misma tracción, sin embargo, si alguna de estas comienza a tener deslizamiento debido a las condiciones del camino, el torque se transmitirá por el lado de menor resistencia, es decir, por la flecha que esté conectada al neumático deslizando y esto provocara que el torque tienda a cero. Ahora bien, si se tiene un vehículo que cuenta con *Limited slip differential* ocurre lo contrario, el funcionamiento básico de este mecanismo mecánico o incluso electrónico es que al momento en que una de las llantas pierde tracción, la transmisión de torque es enviado a la rueda con mayor tracción proporcionalmente.

IV. Proceso de diseño.

Ahora que se ha hablado de los componentes, quiero hacer mención a un proceso que todo ingeniero debe conocer, algún proceso de diseño, en la ingeniería existen diferentes tipos, los cuales, son de utilidad para llevar a cabo el desarrollo o mejora de un producto de manera controlada, este proceso es de carácter confidencial para la empresa en donde se trabajó pero de forma general pasa a través de los puntos mostrados en la *ilustración 5*.

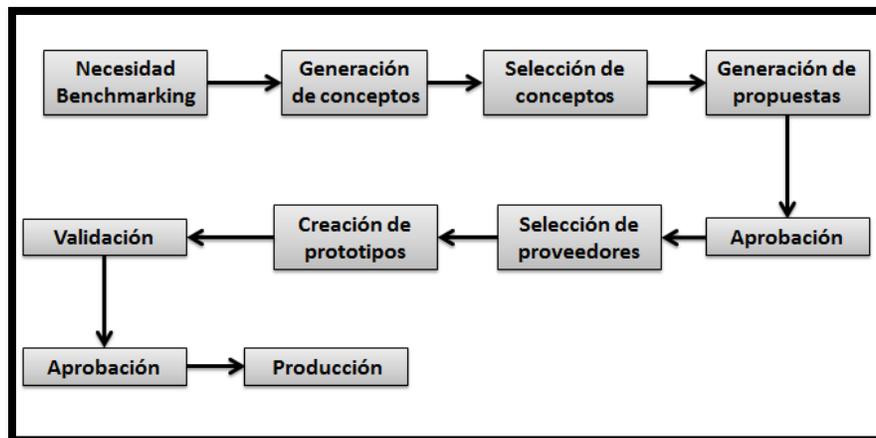


Ilustración 5. Proceso de diseño.

A partir de una necesidad de mercado hecha por especialistas, se generan conceptos que sean capaces de competir en la industria automotriz, estos conceptos después funcionaran como propuestas, las cuales, serán discutidas por cada área con la finalidad de saber si es posible conseguir el objetivo o no. Una vez aprobada la propuesta se procederá a trabajar en conjunto con ingeniería de la empresa e ingeniería de proveedor, utilizando cronogramas para la creación de prototipos que son usados y validados durante las diferentes fases de pruebas hasta llegar la producción final.

4. Responsabilidades.

Como ingeniero de producto se es responsable de ciertos componentes, desde el proceso de diseño (para el caso de programas futuros) hasta los problemas de garantías que pudieran ocurrir en el campo una vez vendido el vehículo.

Somos la conexión entre diferentes áreas y por lo tanto debemos estar enterados de cualquier situación que surja con el componente a cargo. Para esto es importante estar en comunicación con proveedores, ingeniería de calidad, internos en plantas, encargados de manejo de material, control de producción, entre otros. En la *ilustración 6* se muestra el flujo de un componente.

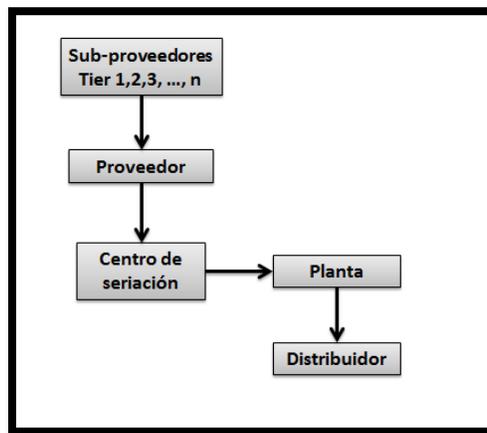


Ilustración 6. Flujo que sigue la producción de un componente hasta ser ensamblada en el vehículo.

El proveedor es el encargado de mandar el material final al centro de seriación donde los componentes son ordenados y asociados a un vehículo para su ensamble. La importancia de esto es que pueden surgir complicaciones durante este proceso como desabasto, problemas de calidad, problemas con el manejo de material, la entrada de algún cambio en el componente, entre otros.

Una vez explicado el funcionamiento general de estos componentes y los procesos por los cuales pasan, se continuará a describir las actividades más importantes y que me ayudaron a mi formación de ingeniero.

I. Pruebas de validación.

Se realizaron diferentes pruebas con el objetivo de asegurarse de que los componentes estén cumpliendo con los estándares acordados con el proveedor después de su liberación, basado

en documentos de ingeniería que se caracterizan de acuerdo al tipo de contenido y están clasificados de la siguiente manera:

MS-Material.

CS-Característica.

PF- Desempeño.

LP-Procedimientos de laboratorio.

PS-Proceso.

Hay un gran número de estándares utilizados, en general son documentos estructurados que permiten definir características, criterios, límites, procedimientos y condiciones para validar de manera adecuada un componente.

En el momento en que una parte es liberada en el sistema interno, este debe contener una lista de estándares que se deben cumplir.

Uno de los proyectos en los que se trabajó fue hacer pruebas de validación para un caso de ejes que presentaban signos de oxidación, hubo vehículos en el extranjero que tuvieron problemas de corrosión, específicamente en el eje trasero.

Este es un modo de falla que podría estar relacionado al proceso de pintura, el cual está considerado dentro del DFMEA⁴. Se hizo una visita con el proveedor para poder estudiar el caso y verificar que el proceso de pintura se esté haciendo de manera correcta. Para atacarlo de mejor manera se utilizó la metodología Kaizen⁵.

El equipo de trabajo estaba formado por:

ABC vehículos de México.

Ingeniero de producto

Ingeniero de calidad a proveedores.

Ingeniero de materiales.

Proveedor de ejes X:

Ingeniero de producto.

Ingeniero de calidad.

Ingeniero químico.

⁵ Es una metodología de mejora continua, donde se pretende buscar causas raíz de problemas y soluciones, basándose en la organización de la información, planes de acción y tiempos.

A continuación se muestra un diagrama de huesos de pescado en la *ilustración 7* para poder describir las posibles causas raíz a este problema.

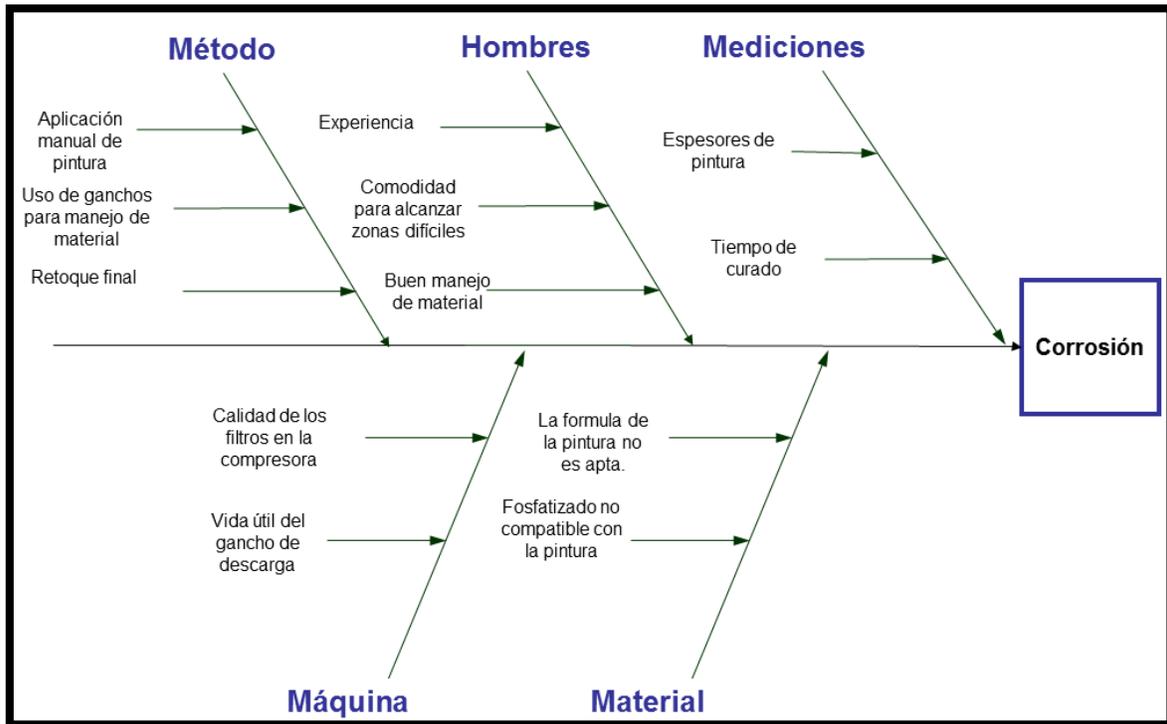


Ilustración 7. Diagrama de huesos de pescado para detección de causas.

Al aplicar las 5WH⁶, se obtuvo el siguiente enunciado.

Se detectaron problemas de oxidación y desprendimiento de pintura en ejes traseros de vehículos enviados en los últimos meses fuera de la región NAFTA⁷, se auditó el proceso de pintura en las instalaciones del proveedor tomando en cuenta aspectos de espesores, tiempo de curado y manejo de material.

Respecto al problema, algunas zonas de los ejes son cubiertas con cera para evitar la corrosión durante el transporte marítimo, lo cual fue parte de las sospechas, pero al hacer una revisión de manera aleatoria en el puerto de México, los ejes ya tenían signos de oxidación incluso antes de su partida. Con base al diagrama y después de la auditoria, el primer sospechoso fue el tiempo de curado de la pintura, el proveedor no estaba permitiendo los días de curado a temperatura ambiente especificado en la hoja técnica del sub-proveedor de pintura y en su lugar usaban temperatura para acelerar el proceso.

El proveedor se encargó de realizar cambios piloto en el tiempo de curado e incremento de espesor en la pintura, para así documentar las pruebas en el sistema y validarlas en el

⁶ What, where, when, who, why, how.

⁷ North American Free Trade Agreement, que incluye a los países México, Estados Unidos y Canadá.

campo. Se utilizó una muestra de 20 ejes donde la primera prueba era meramente una inspección visual en las zonas sensibles a corrosión que son uniones entre brackets al tubo del eje y las zonas aledañas al diferencial. Se notó que la oxidación persistía como se ve en la *ilustración 8*.



Ilustración 8. Desprendimiento de pintura en ejes e inicio de corrosión.

Debido a los resultados obtenidos se fijaron nuevos planes de contramedida, una vez descartado el primer plan de contención, se procedió a hacer una validación de la pintura con el proveedor, se corrieron pruebas con base al estándar MS-XX-X-X donde se especifica que el eje debe pasar por una prueba de adherencia usando un adhesivo descrito en el **ASTM⁸ B117**, el cual, consistió en hacer una cruz de por lo menos 5 cm de largo con una navaja hasta llegar al metal base, enseguida se colocó el adhesivo y se desprendió de golpe, la cantidad de pintura que se quedó en el adhesivo fue prácticamente nula, lo cual fue una primera buena señal, seguido de esto el eje pasó 240 horas en una cámara de niebla salina y al finalizar fue sometido nuevamente a la prueba de adherencia. Se pretendía que al momento de desprender el adhesivo, la pintura removida no exceda los 2 mm en cualquier dirección desde cualquier punto, como ya se tenía una entrada de corrosión debido a las primeras líneas hechas con la navaja, el eje estaba listo para ser sometido a la segunda interacción donde el desprendimiento de pintura no excedió el límite especificado.

Adicional a esto el proveedor corrió una prueba en Estados Unidos de acuerdo al estándar SAE J2334 para simular un año en uso y los resultados obtenidos fueron positivos lo cual descartaba algún problema con el performance de la pintura.

Con esto se dio pauta a que el problema estaba relacionado al manejo de material, durante la auditoria se notaron puntos de mejora como visibilidad del operador para aplicar la pintura en las zonas del diferencial, también el desprendimiento de pintura con algunos ganchos de carga y descarga al entrar en contacto con los ejes.

⁸ American Society for Testing and Materials. Corrosion - Salt Spray Test.

Dadas las circunstancias se procedió a hacer un análisis de espesores de pintura en diferentes puntos y se llegó a la conclusión de que algunas zonas bajas del diferencial no estaban siendo cubiertas al 100%, esta operación es dependiente del factor humano y se notó que es un poco complicada la visibilidad y la ergonomía para el operador.

Con estas dos causas raíz, se procedió a mejorar el diseño de los ganchos agregando rodamientos que permitan el deslizamiento del eje sin dañar la pintura ya que al ser un objeto muy pesado la fricción con el gancho era muy elevada provocando este desprendimiento. En cuanto a la zona del diferencial, se procedió a agregar un banco ergonómico al operador para mejorar su visibilidad y facilidad de aplicación de pintura en las zonas bajas.

Para concluir, después de varias interacciones usando los prototipos también se pudo mejorar el proceso cerrando el rango de viscosidad permitido y la presión aplicada a las pistolas de aplicación de pintura, logrando obtener resultados satisfactorios. Es importante mencionar que durante estas pruebas se trabajó usando cronogramas, planes de acción y validación para encontrar las causa raíz.

II. Diseño de componentes mediante el uso de CAD.

Esta actividad fue una en las cuales invertí más tiempo en el área de sistemas de combustible, uno de los proyectos fue trabajar en el vehículo “X” para producción 2019. Aprendí a utilizar una herramienta llamada *mechanical routing*, que es una aplicación integrada en *Unigraphics Nx* de gran utilidad para hacer tubos, mangueras y conductos. Antes de pasar a la forma de diseño de las líneas de combustible, me gustaría presentar una pequeña introducción para su uso. Esta herramienta se encuentra en la pestaña de *Aplicación/Mechanical*. Una vez dentro de la aplicación, se podrán encontrar las diferentes funciones como se muestra en la *ilustración 9*.

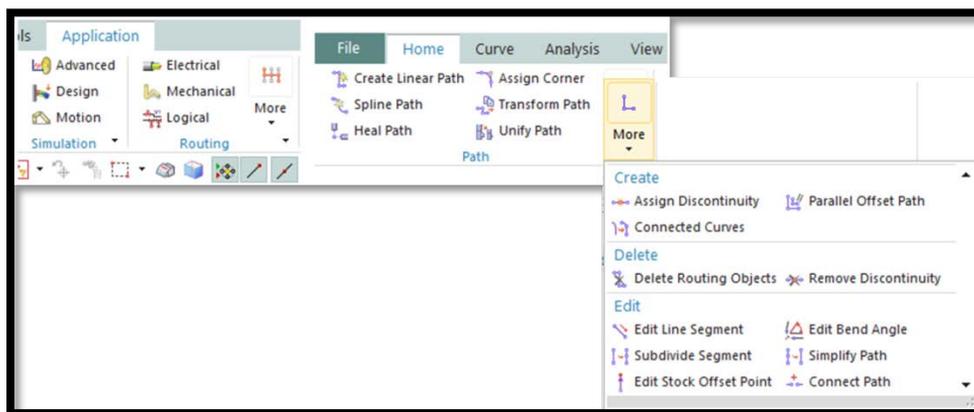


Ilustración 9. Funciones en la aplicación *mechanical routing*.

Create Linear Path: Sirve para definir una línea de ruta base por la cual pasará el objeto, funciona a través de puntos de control que se encuentran unidos entre sí.

Assign Corner: Define una curvatura entre dos segmentos seleccionando algún punto de control.

Spline Path: Sirve para crear una ruta automáticamente a través de la selección de puntos.

Transform Path: Esta función permite mover los puntos de control, dándoles la dimensión y dirección deseada a los segmentos. Es de gran utilidad cuando se pretende trabajar fuera del plano.

Heal Path: Permite definir una línea de ruta entre dos elementos sólidos.

Unify Path: Ajusta el diseño a las descripciones especificadas por default.

More: Contiene funciones que permiten hacer modificaciones en los segmentos de línea de ruta, hacer patrones circulares y rectangulares, remover discontinuidades y borrar líneas de ruta.

La ventaja de esta aplicación es que no está limitada a un solo plano, se pueden generar puntos de control en cualquier punto del espacio y generar la línea de ruta. Con todas estas funciones se podrán crear segmentos de tubo con la ruta, tamaño, curvatura, y espesores requeridos. Con la aplicación *linear path* se puede iniciar a generar una ruta, se podrán utilizar diferentes métodos; por ejemplo, el dinámico, con el cual con sólo arrastrar las flechas del sistema de referencia hacia la dirección deseada, se creará una línea base como se muestra en la *ilustración 10*, de esta manera se podrá modificar las longitudes y ángulos de forma manual.

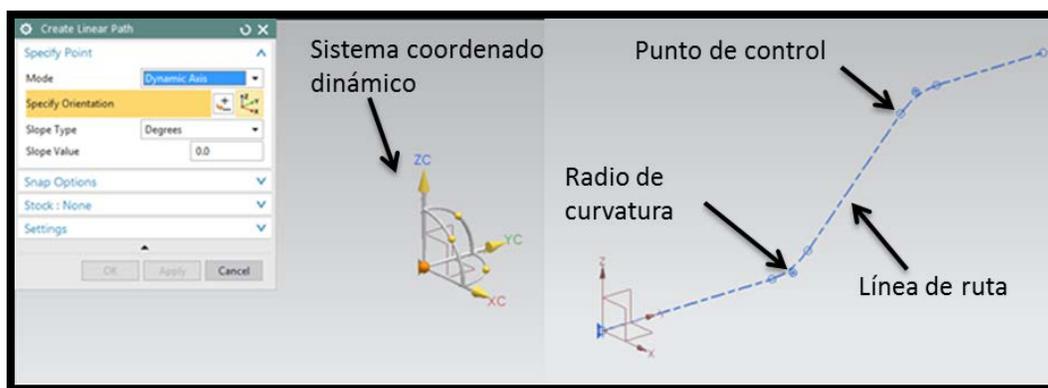


Ilustración 10. Línea de ruta y sus elementos.

También se puede utilizar el modo de especificación de puntos, donde se definirá la ruta con líneas rectas entre los puntos seleccionados. Una vez hecho esto, al seleccionar los

puntos de unión y con la función *assign corner* se dará la curvatura a un radio determinado o en función del diámetro.

Con las herramientas mencionadas anteriormente se puede ir dando la forma necesaria a la ruta, la función *edit line segment*, ayuda a cambiar de forma manual la longitud de una línea de ruta, con *subdivide segment* se podrá dividir una línea en diferentes puntos de control que se pueden manipular a conveniencia, por lo contrario, *simplify path* quita puntos de control innecesarios en un segmento definido. *Parallel offset* es de utilidad para hacer patrones circulares y rectangulares, debido a que comúnmente este tipo de aplicaciones van en paralelo con rutas vecinas, hacer copias a los lados facilitará el trabajo. Para hacer esto se debe seleccionar la ruta base (sólo líneas sin puntos de control) y después de seleccionar la función se definirán parámetros de radio para patrones circulares y columnas y renglones para el caso de patrones rectangulares.

Para hacer el tubo será necesario salir de *mechanical routing* y regresar al modo *modeling* en la parte de *Home/Feature/More/Tube* donde se puede asignar diámetro interior y exterior. En la *ilustración 11* se muestran las características de las rutas y la forma en que se hacen los patrones.

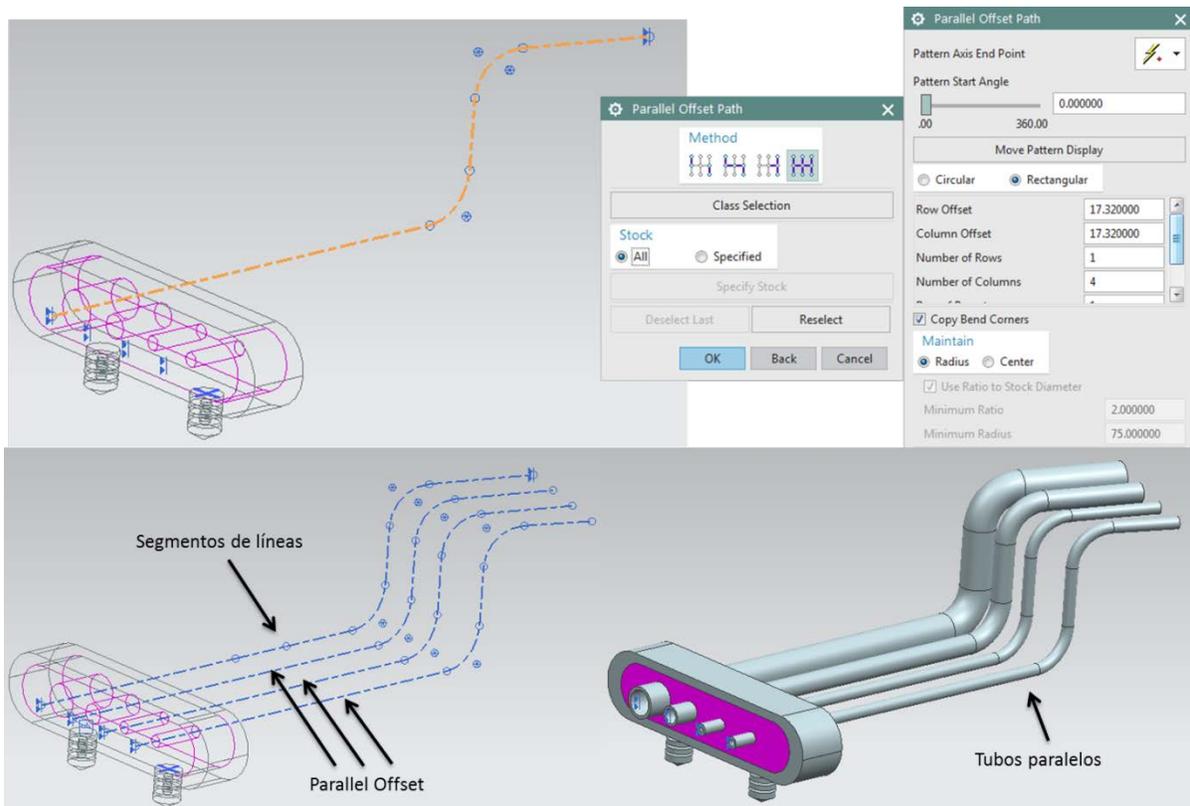


Ilustración 11. Ejemplo de aplicaciones y resultados.

Una vez comprendido el funcionamiento de *mechanical routing* se pasará al diseño de líneas de combustible.

En ingeniería no sólo se trata de saber hacer los diseños en 3D, para esto se trabajó en hacer los modelos manufacturables, que sigan mejores prácticas, que cumplan con las especificaciones requeridas y que puedan ser dibujados por los proveedores sin dejar atrás el hacerlos lo más baratos posibles.

Para este proceso se utilizaron diferentes plataformas que en conjunto permitieron realizar las diferentes actividades de diseño. Estas plataformas fueron: *Teamcenter*⁹, *Unigraphics NX*¹⁰ y *Vismockup*¹¹ principalmente.

Las líneas de combustible están formadas por 2 sub-ensambles llamados *engine bundles* y *chassis bundles*, que estos a su vez están formados por líneas de suministro, de retorno o de vapor, líneas de frenos, brackets y separadores.

Hacer manufacturables los diseños no es una tarea fácil, antes de comenzar a explicar cómo se llevó a cabo el proceso de diseño, es importante mencionar que estas deben seguir ciertos lineamientos que están basados en estándares, por ejemplo, el **SAE**¹² **J2044** el cual especifica cómo deben diseñarse las inserciones que van a los conectores rápidos dependiendo del diámetro exterior que se esté utilizando en líneas de *nygal*.

Se requiere de las condiciones de acuerdo a la capacidad de la maquinaria e instalaciones. Para el caso de las líneas que son hechas con *nygal*¹³ el proceso en la planta consta de máquinas dobladoras CNC, especiales para tubos de diámetro pequeño, los tamaños comunes de las líneas de combustible son 3/16", 3/8", 5/16", 1/2", y 5/8".

Para el caso de las líneas hechas de Nylon, éstas pasan por un proceso de termo-formado, este proceso las hace hasta cierto punto más caras debido a que se requieren moldes metálicos que pasan internamente por la línea para que después de pasar por el horno se mantengan con la forma de la varilla que pasa dentro de ella.

a. Mejores prácticas para diseño.

Para realizar el diseño de líneas se utilizó la aplicación de *mechanical routing*, además la mejor práctica mencionada anteriormente se deben seguir lineamientos que ayudaron a crear un diseño que cumplan con las características deseadas y que permitan ser dibujados en un plano y manufacturado por el proveedor.

⁹ Es una plataforma PLM (Product Lifecycle Management) que permite trabajar de manera eficiente diseños durante su desarrollo.

¹⁰ Es un paquete de software CAD/CAM/CAE utilizado en la ingeniería.

¹¹ Es un paquete que funciona como visualizador de diseños 3D y planos de ingeniería.

¹² Sociedad de ingenieros automotrices.

¹³ Es un material rígido de patente automotriz el cual es utilizado principalmente para el transporte de gasolina y diesel a través de conductos.

Aspectos a considerar: Radio de curvatura, diámetros, espesores de pared, materiales, costos, temperaturas de exposición, presión, distancias de claros entre componentes y líneas, permeabilidad de combustible, uso de mangas de calor o de impacto, entre otros.

Durante el diseño 3D de las líneas de combustible se trabajó de la mano con los ingenieros encargados del diseño de la estructura de montura, una de las actividades realizadas con ellos fue hacer la requisición de barrenos como se muestra en la *ilustración 12*, en el cual se propone la posición de los barrenos donde se sujetaran los brackets, los cuales, no deben estar a una distancia mayor a xx mm entre ellos como practica de diseño. Una de las consecuencias es que si se tienen los brackets muy alejados entre sí, esto permitiría mayor movimiento entre las líneas de combustible causando posibles contactos, además sin este estudio la estructura de montura no estaría actualizada dando como resultado la incorrecta posición de barrenos y falla en la colocación de brackets.

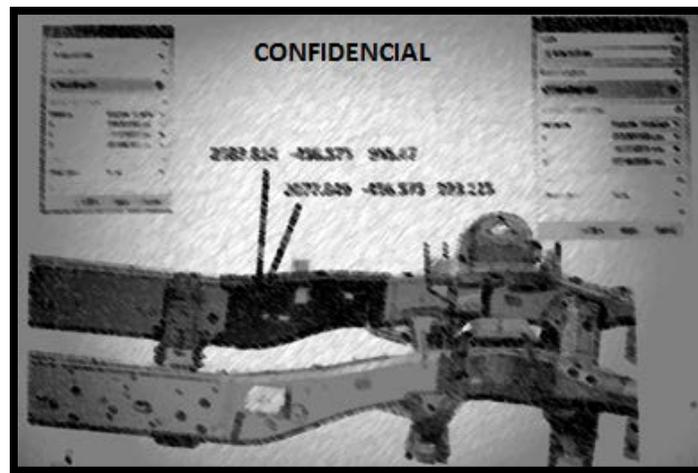


Ilustración 12. Ejemplo de zonas a barrenar.

Es importante mencionar que este estudio también es vital para pedir la aprobación por parte de ingenieros a cargo de este componente ya que hay zonas sensibles donde no es posible hacer barrenos, principalmente en zonas aledañas a la soldadura

b. Posicionamiento:

Otra de las actividades en las que se participó fue el posicionamiento de partes con ayuda de las plataformas *NX* y *Teamcenter*. Para esto me gustaría hablar de diferentes tipos de posiciones. La primera en la cual se tiene el componente X respecto al origen, la segunda en la cual se tiene un sub-ensamble en el cual cada una de las partes que lo componen tiene una posición asignada dentro de la referencia del ensamble y finalmente la posición a nivel vehicular.

La manera en que funciona esto es que se pueden empaquetar los diferentes componentes en un solo concentrado, dando así la facilidad de poder tener la misma parte en diferentes posiciones, por ejemplo, un canister¹⁴ utilizado en motor de gasolina es utilizado en un vehículo con diferentes longitudes, el objeto sigue siendo el mismo pero aparece repetidamente en diferentes posiciones dentro de un solo empaquetado. Al estar agrupados, se les asigna un número de empaquetamiento el cual puede ser identificado a través de otra plataforma de configuración. Esto es de utilidad para que al momento de abrir una variante en específico de algún vehículo se llame solamente a la parte que está asociada a la misma.

Regresando al tema de posición a diferentes niveles, es importante mencionar que para agrupar los elementos del sistema de combustible se tomó como referencia la estructura de montado, este contiene barrenos de sujeción para brackets, también contiene los miembros cruzados utilizados para la sujeción de tanques de combustible y urea (en el caso de diesel), u otros componentes que ayuden a identificar la posición requerida.

La utilidad de todo esto, es que hay un departamento que se dedica a hacer estudios de empaquetamientos, y ayudan a encontrar errores no sólo de posición sino también problemas con claros entre componentes. Estos reportes son de gran utilidad para evitar problemas de ensamble debido a un mal diseño.

c. Centros de masa para análisis de elemento finito.

Otra actividad que fue parte del diseño de las líneas de combustible fue trabajar con el equipo de análisis virtual, como ingeniero de producto se provee al ingeniero de este departamento con la información necesaria para que ellos puedan hacer un estimado de resistencia en la sujeción de los brackets a las líneas de combustible como se muestra en la *ilustración 13*.

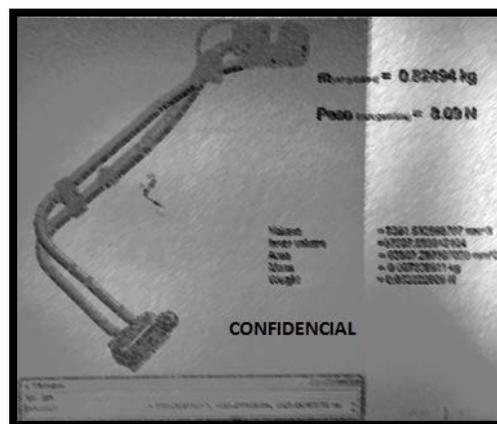


Ilustración 13. Ejemplo de obtención de centros de masa.

¹⁴ Es un filtro de carbón activo que se encarga de mantener los gases de gasolina adheridos en su interior para evitar que estos sean desechados a la atmosfera.

Para este caso en específico se realizó un análisis de búsqueda de centros de masa usando NX, asignando materiales a los componentes para que a partir del cálculo se pueda determinar el peso a partir de la relación $\rho = m/v$.

Dónde:

$$\rho = \text{densidad} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \qquad m = \text{masa (Kg)}$$

$$v = \text{volumen (m}^3\text{)}$$

Tomando como densidad del combustible 680 kg/m³ gasolina y de 835 kg/m³ diesel a temperatura ambiente.

III. Revisión de resultados de despiece.

Otra de las actividades que realicé, fue hacer revisiones de resultados de reportes de despiece, estos reportes son hechos por los proveedores y tienen la finalidad de hacer un desensamble para hacer un análisis de cada uno de los elementos que lo conforman, lo que se pretende es hacer una descripción detallada del estado físico y funcional acompañado de imágenes que puedan respaldar la información descrita.

¿En qué casos se requiere un análisis de este tipo?

a. Debido a pruebas vehiculares.

Al momento de querer validar un componente a nivel vehicular, se corren diferentes pruebas, como ingeniero de producto se debe estar pendiente de que las pruebas se corran completamente, éstas consisten en dar cierto número de ciclos al vehículo en un tiempo determinado y así poder asimilar un tiempo de uso en específico. Desafortunadamente estas pruebas son realizadas en Estados Unidos en sus diferentes campos de prueba. Estos centros de pruebas están localizados en diferentes áreas del país donde se pretende aprovechar las diferentes condiciones del camino y de esta forma poner a prueba la durabilidad y confiabilidad de los vehículos.

Para esta actividad se monitorearon vehículos, los cuales, una vez terminada la prueba se mandó la parte a cargo con el proveedor para su análisis, en el caso de ejes, se revisan condiciones como *backlash*, daños en los dientes de piñon y corona, daño en sellos, ejes internos, estado físico del estriado, la cantidad de aceite, tornillos o incluso ruido y vibración NVH.

b. Debido a daños en planta o durante embarques.

Este tipo de garantías son aquellas que son detectadas normalmente durante la salida, entrada o ensamble de componentes. Todo esto puede ocurrir antes de la salida final de un vehículo para ventas y es de utilidad para poder detectar diferentes tipos de problemas. Un

ejemplo de este tipo fue el caso del actuador para el cambio de 4x4 a 4x2 que estaba presentando fallas en las inspecciones finales. Después de que el equipo de calidad empezará a hacer análisis de garantías de este subcomponente dañado, se comenzaron las investigaciones para proponer cambios en el proceso. Las partes dañadas fueron enviadas de regreso con el proveedor para hacer diagramas de concentración (ver *ilustración 14*) y de esta forma poder determinar el tipo de golpe, la dirección, zonas afectadas, tipos de fallas y buscar la causas raíz.

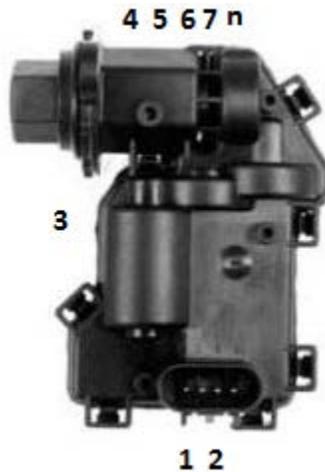


Ilustración 14. Ejemplo de diagrama de concentración de impactos para identificar causas de daños.

Para este caso se utilizó el método de mejora PDCA¹⁵. Se le dio el seguimiento necesario de acuerdo a las acciones incluidas en el documento, empujando a la planta para cumplir con las mejoras y así mantener el componente libre de daños. Algunas acciones implementadas fue la modificación del soporte en una banda transportadora y también se implementaron OPL's¹⁶ para un mejor manejo de material. Este tipo de actividades pueden variar de tiempo de implementación.

c. Debido a retorno por garantías.

Esto sucede cuando un cliente adquiere un vehículo pero durante su periodo de garantía detecta un mal funcionamiento y es regresado a la agencia para su reparación, una vez que se hace algún reemplazo de parte, algunas partes son enviadas con proveedor para su análisis.

¹⁵ *Plan-Do-Check-Act*. Es una estrategia de mejora continua, utilizada en diferentes áreas, donde se pretende focalizar un problema para darle la solución más adecuada, dando prioridades, fechas objetivo y resultados.

¹⁶ *One point lesson*. Es una herramienta normalmente utilizada en planta, donde se pretende corregir un problema o mejorar un proceso.

IV. Garantías:

Otra actividad fue el análisis de garantías, este tema es considerado de alta confidencialidad ya que puede denigrar el nombre de la empresa y verse afectada en las ventas de un producto en específico. A pesar de que la empresa se encuentra en estado anónimo se pretende revelar la información de una manera general para evitar problemas legales.

Este tipo de análisis tiene mucho peso en ingeniería, ya que son problemas detectados después de la venta de un producto. Un vehículo que ha tenido algún problema es regresado a la agencia para su reparación. Los centros de distribución cuentan con áreas de servicio y estos llevan registros que son de utilidad para poder identificar estadísticamente las fallas. De manera general contiene información como la descripción del problema, solución, números de parte reemplazados, costos, zona geográfica, cantidad de millas, entre otras.

Esta información es valiosa para poder encontrar tendencias no sólo del problema sino de cómo está siendo solucionado durante su reparación e influir en algún cambio.

Uno de los temas en cuestión fue la condición de dificultades para llenar el tanque de combustible. Para poder identificar que vehículos tienen el problema se debe descargar del sistema de datos la información antes mencionada en tablas, el primer paso es leer cada una de las narrativas para poder discriminar cuales son parte del problema a estudiar y cuales no están involucradas. Después con ayuda de tablas dinámicas en Excel se puede filtrar la información de manera que se puedan tomar en cuenta más variables para el análisis. Una de las primeras graficas obtenidas es la que se muestra en la *ilustración 15*.

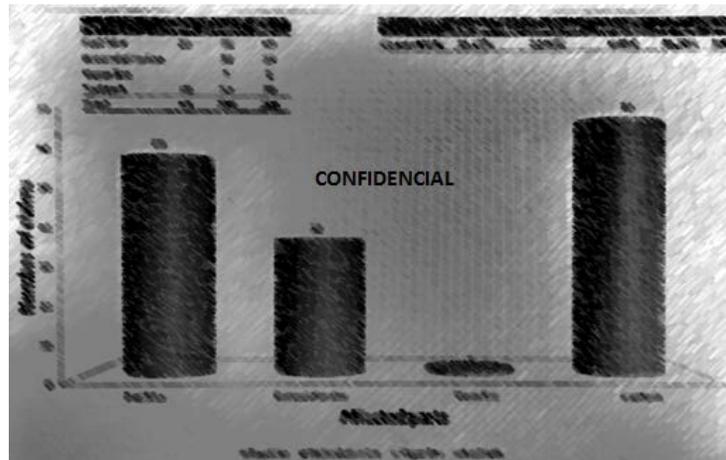


Ilustración 15. Gráfica de tendencia para el problema difícil de llenar.

De acuerdo a la información obtenida, se tiene una tendencia mayor a que de los vehículos que presentaron la falla, utilicen gasolina con un 76% en comparación de aquellos que utilizan diesel, esto fue de utilidad para generar un primer filtro. Además de eso, se puede

notar que para el número de casos analizados los principales responsables de provocar este problema son los tubos de llenado, líneas de recirculación y tanques de combustible.

Con esta información se puede tener una primera idea de que problemas atacar y verlo como un sistema y subsistemas para facilitar su análisis.

El top 1 fueron los reemplazos de tanques de combustible, en ocasiones se pueden hacer reemplazos de sub-partes (Kits de servicio) donde en lugar de hacer un cambio completo del componente se puede tomar sólo la parte a reemplazar, desafortunadamente para la línea que conecta a las válvulas de control del tanque vienen colocadas de tal manera que si la línea o la válvula falla, no es posible hacer un cambio de esa parte solamente sino que se debe reemplazar el tanque completo. Uno de los objetivos principales fue elaborar un diagrama de flujo guía como en la *ilustración 16* para los técnicos.

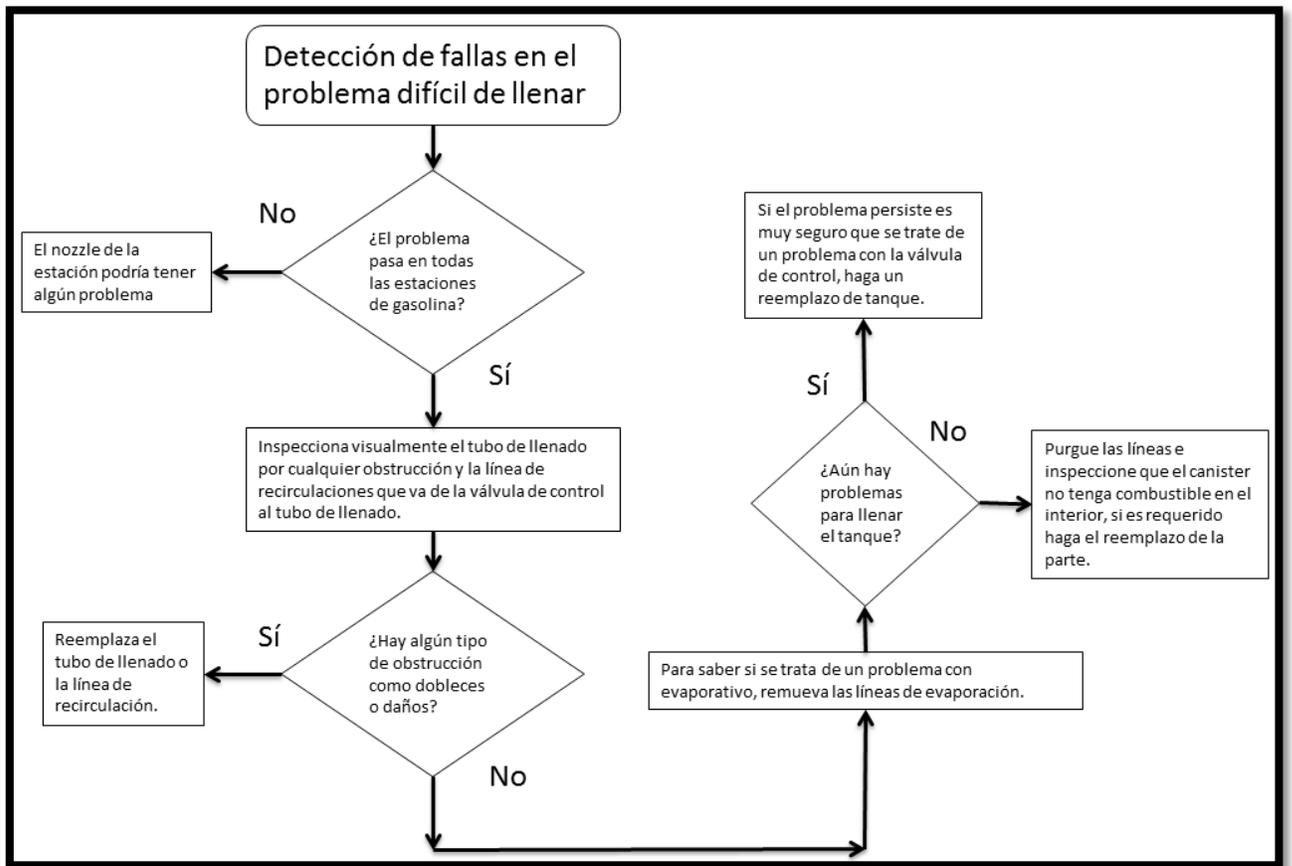


Ilustración 16. Diagrama de flujo para inspección y reparación del problema difícil de llenar.

Durante la lectura de las narrativas se identificó que en algunos casos se estaba haciendo el reemplazo del tanque antes de verificar otros componentes más baratos que también

podrían ser los causantes de esta condición. La finalidad de esto es ahorrar dinero en reposición de partes por garantías.

Cabe mencionar que durante el análisis muchas de estas unidades fallaban con pocas millas de uso. Ingenieros residentes de la planta detectaron que en algunas ocasiones la línea de ventilación estaba quedando atrapada entre el tanque y la estructura de montaje evitando que los gases de gasolina fluyan provocando esta condición.

Se corrieron pruebas en las instalaciones del proveedor para poder confirmar la retención de las líneas y evitar que sea aplastada por la estructura de montaje de acuerdo a la especificación PF-XXXX donde a partir de la recolección de datos, la línea que pasa a través de una pequeña canaleta en el tanque debe soportar una fuerza de 50 N de retención, después de correr las pruebas en 6 tanques los resultados obtenidos se encuentran en la siguiente *tabla 1* y *la ilustración 17*.

No. de tanque	Línea de ventilación	Fuerza de tensión (N)		
		1	2	3
XXXXX1	1	27.4	28.4	30.4
XXXXX2	1	32.4	33	33.6
XXXXX3	1	21.2	19.2	19.2
Mínimo para pasar 50 N				

No. de tanque	Línea de ventilación	Fuerza de tensión (N)		
		1	2	3
XXXXX4	1	39.6	39.6	40.4
XXXXX5	1	41.6	33.6	35.6
XXXXX6	1	48.6	45.4	38.6
Mínimo para pasar 50 N				

Tabla 1. Resultados de la prueba de retención.



Ilustración 17. Prueba de retención en los tanques.

Basado en esto, ingeniería del proveedor está evaluando la posibilidad de agregar retenedores para mejorar la retención y alcanzar el valor de 50 N.

En general este tipo de análisis no siempre tiene una tendencia en específico, por ejemplo al querer analizar las líneas de combustible simplemente se tenían resultados muy dispersos que terminaban siendo datos basura.

Así como este problema a atacar se ha trabajado con algunos casos de ejes donde aunque ya no se hizo el análisis de garantías, se le dio seguimiento como es el caso de impactos que dañaban el actuador dando apoyo en la búsqueda de soluciones, seguimiento a OPLs con residentes de planta, manejo de material, pruebas para validación de correcto uso de ganchos, modificación de soportes, entre otros.

V. Creación de ayudas visuales:

Este tipo de actividades son de gran utilidad, ya que de manera visual se puede encontrar la información que caracteriza un componente de una manera eficaz y sencilla. Una de estas herramientas consiste en localizar un componente y sus sub-componentes, por ejemplo, sus números de identificación y características como materiales, longitudes, espesores, tipos de conectores con diámetros de entrada, salida y ángulos de operación. como se muestra en la *ilustración 18*.



Ilustración 18. Ayuda visual.

Al igual que los *visual bill of materials*, la creación de mapas de aplicación son de ayuda para poder detectar en que configuraciones específicamente van los componentes, por ejemplo el proveedor para ejes traseros produce 3 tipos de ejes, cada uno con un *axel ratio* diferente 4.X1, 4.X2 y 4.X3 los cuales tendrán diferentes usos dependiendo de la configuración del vehículo. Con configuraciones se hace referencia al tipo de motor, transmisión, largo del vehículo, peso que soporta el eje delantero y trasero, peso que puede arrastrar, el tipo de cabina, etc.

VI. Revisión de documentos de ingeniería:

a. DFMEA

Uno de estos documentos es llamado DFMEA por sus siglas en inglés *design failure mode and effect analysis*, es un documento de ingeniería utilizado y revisado constantemente con proveedores. Este tipo de documentos se encuentra en constante cambio y dependerá de la evolución del componente en el tiempo.

En este se muestran los modos de falla, hasta el momento sólo se ha podido trabajar con los modos de falla de los ejes. Intervienen diferentes aspectos en éste de acuerdo a su función, controles de prevención, causas, modos de fallas, efectos, severidad, ocurrencia, detección y prioridad de peligro.

Estos modos de falla tienen un ranking entre 1 y 10 para la severidad, ocurrencia y detección. La severidad está ligada a que tan peligroso puede ser para los tripulantes si este componente fallara.

La principal tarea aquí es mantener la información actualizada y hacer revisiones periódicas con el proveedor.

b. PFMEA

A esto se le agrega también otro tipo de documento llamado PFMEA¹⁷ por sus siglas en inglés *process failure mode and effect analysis*. En este documento el proveedor evalúa los procesos, a diferencia de la parte anterior en lugar de analizar el diseño se pretenden analizar los procesos, por ejemplo el ensamble, variables de control y manufactura.

Cabe mencionar que los FMEA son de carácter confidencial para cada proveedor, no son documentos que compartan con nosotros como clientes pero si están abierto a ser verificados.

c. DVP&R

Finalmente están los DVP&R¹⁸ por sus siglas en inglés *design validation plan and report*, este documento contiene pruebas de validación, en ellos se muestra el nombre de la prueba, descripción, alcances, objetivos, criterios de aceptación, y número de muestras a validar. A diferencia de los FMEA este documento si está disponible para ingeniería y es la encargada de permitir proceder con algún cambio.

¹⁷ Es un documento de ingeniería que está sujeto a constante cambio, en este se incluyen los modos de falla del proceso por el cual pasa un componente.

¹⁸ Design failure mode and effect analysis, es un documento de ingeniería que está sujeto a constante cambio, en este se incluyen los modos de falla del diseño de un componente y su afectación.

Como ejemplo se trabajó con la aprobación de un DVP&R para el cambio de una máquina de soldadura en el subensamble de brackets debido a la obsolescencia y falta de repuestos. Siendo que se quiere asegurar la producción, se pretende hacer este cambio y validar el nuevo robot de soldadura. No hubo cambio de diseño, material o proceso de soldadura. La forma en que se validó es a partir de análisis dimensional utilizando CMM¹⁹ y gauges. Por otro lado también se hicieron inspecciones metalográficas donde se considera tamaño de pierna, garganta y gap máximo como se muestra en la *ilustración 19*.

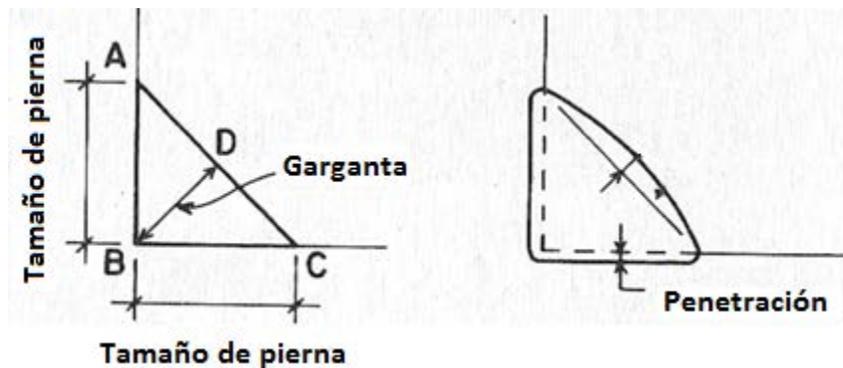


Ilustración 19. Soldadura de filete para identificar tamaño de pierna, penetración y garganta.

Aquí entra en juego un criterio de valoración para agregar o quitar pruebas, la razón por la cual no se está validando con pruebas de tensión, compresión o a corte en la zona de la soldadura, es porque los parámetros de la inspección metalográfica son parte de una especificación que fija los límites para la cantidad de penetración, tamaño de pierna y garganta aceptados con base al espesor del material a ser unido.

VII. Conocimientos de componentes y beneficios:

Durante la estancia en la compañía se han aprendido muchas cosas sobre funcionamiento de diferentes componentes que sin el previo conocimiento adquirido en la facultad hubiera sido complicado comprender. Me gustaría mencionar algunos casos en específico, como el funcionamiento de un diferencial, la relación de engranes y como se ve afectada la velocidad o el torque con estos parámetros. El uso de rodamientos cónicos y sus beneficios, diferenciar los tipos de aceite utilizados y su uso para la transferencia de calor y lubricación. Resistencia de materiales e interpretación de graficas de esfuerzo contra deformación para detección de la zona plástica, punto de fluencia y punto de ruptura.

Por otro lado el grupo encargado de la recolección de datos, proporciona información de utilidad para delimitar las pruebas con base a los resultados de la instrumentación durante

¹⁹ Coordinate Measuring Machine, es un equipo utilizado para hacer mediciones geométricas.

pruebas vehiculares, todo este fondo me ha ayudado a entender las pruebas de fatiga que se realizan a diferentes ciclos y cargas específicas para la validación de un componente.

También he comprendido que los estándares tienen un gran peso para la validación y muchos de estos debieron ser utilizados en la universidad al hacer pruebas en laboratorios, para seguir un correcto procedimiento y preparación de muestras, por ejemplo, para el ensayo de tracción en probetas.

El diseño 3D no necesariamente es ingeniería, este debe ser complementado con especificaciones y requisitos de diseño.

Finalmente durante la actividad revisando documentos de ingeniería se logró comprender el procedimiento para valorar modos de falla por diseño y proceso, además, comprender las diferentes pruebas que hay y como utilizarlas para validar un cambio en específico.

5. Experiencia vs formación en la facultad de ingeniería:

Durante el tiempo que se trabajó en la compañía se logró desarrollar diferentes habilidades que tuvieron su comienzo en la facultad, incluyendo los conocimientos de diseño, utilización de software para modelado 3D, interpretación de planos, resolución de problemas y búsquedas de causa raíz que acompañado de criterios de prioridad, manejo de la información y tiempos fueron herramientas que beneficiaron mi trabajo día a día.

Una de las cosas que me gustaría resaltar es mi nivel para el uso de software de diseño, en la facultad se utilizó *Solid Edge*²⁰ y *Unigraphics NX* a nivel básico, mientras que en la empresa tuve entrenamientos para utilizar plataformas que ni siquiera sabía que existían como *routing mechanical* y *sheet metal*.

Se tuvo la oportunidad de conocer proveedores y trabajar de la mano con ellos para planificar cambios, ver problemas de garantías y buscar soluciones en conjunto y así dar un mejor seguimiento. El trabajo en equipo es un punto clave en mi desarrollo, en la facultad se nos enseña que trabajar de esta manera es esencial para poder desarrollar proyectos más grandes y hasta cierto punto de mejor calidad. A diario podemos ver vehículos rodando por las calles y rara vez nos ponemos a pensar que detrás de ello está el trabajo de muchas personas.

En cuanto a la transmisión de la información, aprendí que el expresar mis ideas de manera más clara y concisa son clave para que las cosas sucedan más rápido. Puedo asegurar que este es un problema muy común y más cuando los medios de comunicación son en su mayoría correo electrónico y teléfono.

²⁰ Es un paquete de software CAD/CAM/CAE utilizado en la ingeniería.

Por otro lado en la escuela durante mis cursos de dibujo mecánico e industrial en la facultad aprendí de manera general como generar los planos de ingeniería a partir de los modelos 3D con las medidas y tolerancias básicas sin comprender que estas pueden tener un impacto en la manufactura, ensamble o incluso el precio. En la empresa aprendí a interpretar de mejor manera los planos de ingeniería, que a pesar de que estos son hechos por el proveedor es importante poder interpretar no solo las tolerancias dimensionales sino también las tolerancias geométricas.

El estar laborando también es un proceso de aprendizaje continuo tal como en la escuela, conforme me he ido adentrando en este mundo me he dado cuenta de que hay un sin fin de cosas nuevas que saber. A diferencia de la escuela aquí tienes que empezar a ser más autodidacta, y buscar solución a los problemas lo más pronto posible.

También quiero mencionar que el conocimiento adquirido del funcionamiento de los componentes fue más fácil adquirirlo de una manera práctica, lo más recomendable es tratar de entenderlo y después complementarlo viendo directamente su funcionamiento.

También es importante mencionar que un segundo idioma fue clave para poder trabajar en mi puesto actual, cada día es utilizado como medio de comunicación. En la escuela me enseñaron las bases del idiomas ingles algo que hace falta en muchos estudiantes es dedicar más tiempo a la práctica.

Finalmente algo que he aprendido durante este tiempo es que el liderazgo es clave para el desarrollo de un buen ingeniero, no se trata sólo de querer ordenar y llevar el control de la gente, sino ser analítico en cómo se va a actuar, estar abierto a las opiniones de los demás y principalmente fomentar un ambiente de respeto y cooperación.

6. Glosario.

ASTM: *American society for testing and materials*.

Brake lines: Estas líneas son las encargadas de transportar presión hidráulica hacia el calliper.

Backlash: Es el juego que hay entre los dientes de engranes, este juego puede causar vibración, ruido y desgaste cuando no se encuentra dentro de especificación.

Canister: Es un filtro de carbón activo que se encarga de mantener los gases de gasolina adheridos en su interior para evitar que estos sean desechados a la atmosfera, estos gases son utilizados al crear un vacío en el interior del mismo y llevándolos hacia el motor para su combustión en combinación de aire.

CMM: *Coordinate measuring machine*, es un equipo utilizado para hacer mediciones geométricas.

DFMEA: Por sus siglas en inglés *design failure mode and effect analysis* es un documento de ingeniería que está sujeto a constante cambio, en este se incluyen los modos de falla del diseño de un componente y su afectación.

DVP&R: Por sus siglas en inglés *design verification plan and report* es un documento de ingeniería, en el cual se presentan pruebas de validación, objetivos, criterios de aceptación y resultados.

Kaizen: Es una metodología de mejora continua, donde se pretende buscar causas raíz de problemas y soluciones, basándose en la organización de la información, planes de acción y tiempos.

Nygal: Es un material rígido de patente automotriz el cual es utilizado principalmente para el transporte de gasolina y diesel a través de conductos.

OPL: (*One point lesson*). Es una herramienta normalmente utilizada en planta, donde se pretende corregir un problema o mejorar un proceso. Las lecciones aprendidas se utilizan para transmitir información a los operadores.

PDCA: (*Plan-Do-Check-Act*) Es una estrategia de mejora continua, utilizada en diferentes áreas, donde se pretende focalizar un problema para darle la solución más adecuada, dando prioridades, fechas objetivo y resultados.

PFMEA: Por sus siglas en inglés *process failure mode and effect analysis* es un documento de ingeniería que está sujeto a constante cambio, en este se incluyen los modos de falla del proceso por el cual pasa un componente.

Solid Edge: Es una plataforma de SIEMENS utilizada para el diseño asistido por computadora.

Supply line: Encargada de llevar el combustible desde la bomba hasta los rieles de inyección.

SAE: Sociedad de ingenieros automotrices que ha establecido un sinnúmero de estándares para la industria automotriz.

TCR: *Technical cost reduction*, es un proceso de reducción de costos al cual las compañías se enfocan después de lanzar un producto, normalmente interfieren cambios de materiales y procesos.

Team Center: Es una plataforma PLM (*Product Lifecycle Management*) que permite trabajar de manera eficiente diseños, permitiendo llevarlos desde su inicio hasta el final y poder conservar los diferentes niveles de trabajo en caso de tener que regresar a un diseño anterior. Cuenta con un fácil acceso a los proyectos y su seguridad es de gran utilidad ya que solo las personas autorizadas pueden hacer modificaciones o visualizar los elementos.

Línea de vapor/retorno: Son las líneas encargadas de transportar el combustible excedente y llevar el vapor de combustible.