



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proceso de diseño de
componentes plásticos del
sistema de parachoque
frontal de un automóvil**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

David Angeles de la Cruz

ASESOR DE INFORME

Dr. Jesús Manuel Dorador González



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

Índice general

Índice de figuras	2
Agradecimientos	5
1 Introducción	7
1.1. Objetivo	7
2 Descripción de la Empresa	9
2.1. Historia de Ford Motor Company	9
2.2. Ford en la actualidad	12
2.3. Ford en México	14
3 Descripción del puesto	15
3.1. Funciones Generales	15
3.2. Funciones Específicas	16
3.3. Habilidades requeridas para la posición	16
3.4. Niveles de experiencia	17
4 Proceso de Diseño	19
4.1. Sistema de Fascia Frontal	20
4.1.1. Estructura de la Fascia	20
4.2. Ambiente de Diseño	22
4.3. Proceso de Manufactura	23
4.3.1. Materiales	24
4.3.2. Máquina de inyección	25
4.3.3. Proceso de inyección	27
4.3.4. Problemas típicos	28
4.4. Metodología	30
4.4.1. Secciones	31
4.4.2. Modelado 3D	32
4.4.3. Validación	34
4.4.4. Liberación	35

4.4.5. Prototipos	37
5 Conclusiones	43
Bibliografía	45

Índice de figuras

2.1. Henry Ford en 1919	9
2.2. Línea de ensamble para el Ford Modelo T	9
2.3. Ford Modelo T 1908	10
2.4. Evolución del logo de la compañía	11
2.5. Nuevas generaciones de algunos íconos de la compañía. De izquierda a derecha, Mustang 2015, F-150 2017 y Ford GT 2017	12
3.1. Estructura general de Ford de México	15
4.1. Vista explosiva de la fascia frontal del modelo virtual del Lincoln MKZ 2017. En la imagen se muestra el ensamble final de la fascia tal como llega a la línea de ensamble, exceptuando al refuerzo metálico. a) Refuerzo metálico, b) Arnés, c) Sujetador fascia-salpicadera, d) Reflejante lateral, e) Absorbedor de energía, f) Fascia, g) Parrilla superior, h) Faro de niebla, i) Cubierta de faro de niebla, j) Bisel de faro de niebla, k) Parrilla inferior l) Cromo central inferior, m) Porta placas	21
4.2. Contexto de apariencia de la fascia: Sistema de iluminación, piezas metálicas estampadas (salpicaderas y cofre), lodera de salpicadera y emblema de la compañía	23
4.3. Estructura semi-cristalina, muestra arreglos aleatorios en las zonas amorfas, mientras que en las zonas cristalinas se notan ordenamientos laminares tambien conocidos como "lamelas"	24
4.4. Sistema de Inyección	25
4.5. Componentes de un molde sin acciones	26
4.6. Sistema de cierre hidráulico de la máquina de inyección	26
4.7. Ciclo de inyección	27
4.8. Ciclo de inyección, a) Cierre de molde, b) Inyección y sostenimiento, c) Plastificación y enfriamiento remanente, d) Apertura de molde y eyección	28
4.9. Algunos defectos del moldeo por inyección. a) Fracturas, b) Líneas de soldadura, c) Rechupe, d) Rebabas, e) Delaminación, f) Aire atrapado	30
4.10. Metodología resumida que el Ingeniero de Diseño sigue dentro de Ford Motor Company	31

4.11. Sección en la parte central del vehículo, mostrando estrategias de componentes de la fascia .	32
4.12. Modelo virtual del ensamble de la fascia en CATIA V5	33
4.13. Gráfico que ilustra la relación del costo del cambio a medida que avanza el desarrollo del componente	35
4.14. Tolerancias de Control según ASME 2009 14.5	36
4.15. Ejemplo de Dibujo 2D del ensamble de la Fascia del Lincoln MKZ	37
4.16. MKZ 2017, ensamblado en la planta de Hermosillo, Sonora	41

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible mi desarrollo como ingeniero a lo largo de mi carrera tanto académica como profesional, principalmente a mis papás, hermanas y amigos, por la asistencia incondicional. Y un agradecimiento especial a quienes me brindaron su apoyo para la elaboración de este escrito: a mi asesor Jesús, a mi supervisor Miguel, a mis sinodales: Mariano, Adrián, Antonio y Gabriel, a Ros y a Liliana.

Introducción

En el presente trabajo se analiza el proceso de diseño de Ford Motor Company de componentes plásticos del sistema de parachoque frontal de un vehículo que satisfagan nuevas interrogantes o que solucionen con mayor eficiencia las demandas actuales de la industria automotriz.

Se describe el sistema de parachoques, su interacción con diferentes sistemas del vehículo y el proceso de manufactura para abordar con ejemplos específicos cada una de las etapas del diseño: modelado en segunda y tercera dimensión, validación del producto en fases intermedias, liberación de los componentes y ensambles para producción y la construcción de prototipos físicos. Durante la evolución de los elementos diseñados toman en cuenta distintos enfoques como: seguridad, manufactura, apariencia, complejidad de ensamble, sujeción, etcétera, que permiten la entrega de productos que cumplan y en algunos casos excedan las expectativas del usuario final.

1.1. Objetivo

Mostrar el proceso de diseño enfatizando en los conceptos ingenieriles aplicados en el trabajo día a día como Ingeniero de Diseño en Ford Motor Company.

Capítulo 2

Descripción de la Empresa

2.1. Historia de Ford Motor Company

Ford Motor Company es una empresa estadounidense que ofrece productos automotrices y servicios de movilidad.

Fue fundada en junio de 1903 por Henry Ford y once inversores con un presupuesto inicial de 28 mil dólares en Detroit, Michigan. El primer vehículo salió a la venta el 23 de Julio del mismo año del inicio de la empresa, Ford Modelo A. Para octubre del mismo año Ford ya había recibido una ganancia de 37 mil dólares.

En 1908 Ford puso en circulación uno de los coches más vendidos en todos los tiempos, 15 millones hasta antes del cese de su producción (Mayo de 1927), y posiblemente el más famoso en el mundo, el Ford Modelo T, su gran éxito se basó en ser un auto accesible para el transporte ya que en esa época la mayoría de los automóviles eran novedades extremadamente lujosas antes que asequibles para el mercado masivo.

En 1913, Ford introduce la producción en cadena para automóviles lo que permite disminuir el tiempo de producción del modelo T en un 88 % lo que provocó un decremento en los precios del coche.

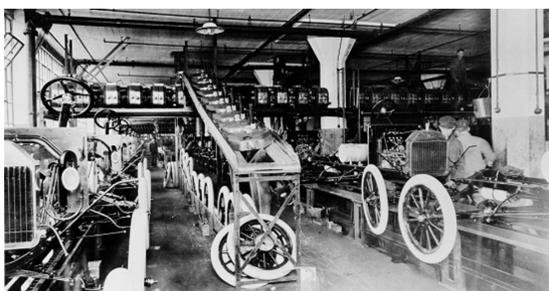


Figura 2.2: Línea de ensamble para el Ford Modelo T

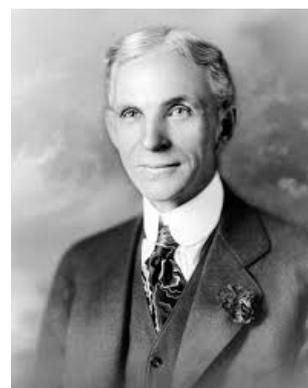


Figura 2.1: Henry Ford en 1919

La monotonía de las actividades para los trabajadores de las líneas de ensamble provocó una rotación excesiva de los mismos por lo que Ford incrementó los salarios a casi el doble del mínimo y disminuyó el horario laboral de nueve a ocho horas. Las consecuencias de la estrategia denominada “\$5 Day” tuvo como consecuencia que los trabajadores pudieran adquirir los vehículos que producían, además de que los horarios permitieron ajustar a tres turnos por día, en lugar de dos, que es como se tenían anteriormente.

En 1917, Ford lanza su primer camioneta, Ford TT que estaba basada en la plataforma del Ford T, pero con

un chasis reforzado y tracción trasera.

En 1919, Edsel, hijo de Henry Ford, sucede a su padre como presidente de la compañía y se compran todas las acciones a los inversionistas quedando la familia Ford como única apoderada de la empresa. Edsel, estaba muy interesado en que los coches fueran tanto estéticos como funcionales, así que en 1922 compró Lincoln Motor Company, y con ella se empezó la producción de los autos lujosos para Ford.

Para el año de 1925 Ford comenzó con la producción de los aeroplanos de triple motor, al que se le llamó “Tin Goose” y fue uno de los primeros aeroplanos usados para las aerolíneas comerciales, además la gran inversión de Ford en la industria aérea en conjunto con la reputación y la aplicación de su línea de producción, estimuló de manera importante esta industria, proveyendo 35 patentes libres de regalías incluyendo el radio de navegación.



Figura 2.3: Ford Modelo T 1908

En la mitad de los años 20's hubo una gran competencia entre los productores de vehículos por lo que hubo una gran baja en las ventas del Modelo T, así que Ford decidió cerrar la planta para la producción de su nuevo vehículo, el Ford Modelo A, el primer coche que incorporó el icónico óvalo azul. Aún con las dificultades de la gran depresión para 1931 se habían vendido más de cinco millones del Modelo A.

Al mismo tiempo al que se cerró la planta para la producción del modelo A, se detuvieron otras operaciones a fin de desarrollar un nuevo proyecto, el motor V8 de cabeza plana. El gran esfuerzo de la compañía vio la luz en 1932 y tuvo un gran éxito por su accesibilidad y versatilidad por lo que se mantuvo en producción por 22 años.

En 1948 Ford creó una plataforma para sus camionetas, el lanzamiento fue de 8 tamaños que iban desde la media tonelada, F-1, hasta la F-8 con tres toneladas de capacidad. En 1953 la F-1 fue reemplazada por la F-100 de media tonelada, la F-250 de tres cuartos y la F-350 de una tonelada. La evolución siguió a 1984 cuando la F-100 fue sustituida por la F-150. Las camionetas han tenido tanto éxito que desde 1982 la línea F de camionetas de Ford ha sido el vehículo mejor vendido en Estados Unidos de América.

Después de sesenta años de producir coches Ford había hecho 31,000 pruebas de choque alrededor de todo el mundo. La principal diferencia fue que para 1954 Ford utilizaba simulaciones que a la par de las pruebas reales ayudaron a recopilar mucha más información.

En 1959 se funda la parte de la compañía que se encarga de los préstamos y los arrendamientos a los compradores, bajo el nombre de “Ford Credit”.

En el año de 1964, se pone a la venta otro auto icónico para la compañía fundada por Henry Ford, el Ford Mustang, el coche fue un gran acierto debido a sus opciones de personalización y su precio accesible. Su popularidad incrementó al aparecer en varias películas y canciones como “Mustang Sally”.

Otro logro importante de Ford fue romper con el reinado de Ferrari en la competencia Le Mans con la primera de cuatro victorias consecutivas de su auto deportivo GT40 en 1966. siendo el primer vehículo americano en ganar esta prueba.

En 1980 Phillip Caldwell toma el puesto de Director general, el primero no perteneciente a la familia

Ford.

En 1986, Ford sigue innovando e introduce la línea de ensamble modular. Consiste en automatizar un subensamble y volverlo a introducir a la línea principal de ensamble. Hoy en día la mayoría de las plantas de Ford utilizan este método. En el 2006, Allan Mulally se convierte en el CEO de la empresa, se vuelve muy importante ya que bajo el mandato de Mulally Ford logra sobrellevar la crisis del 2008 siendo la única empresa automovilística americana que no recibió ayuda del gobierno. En la etapa de crisis Ford continuó con la inversión en su área de desarrollo de producto. El liderazgo de Mulally se basó en su plan “One Ford” en la que integró a cada uno de los empleados alrededor del globo para adquirir compromiso con la empresa.



Figura 2.4: Evolución del logo de la compañía

En el 2007 Ford anuncia su interfaz entre vehículo y teléfono llamada Sync para todos los modelos 2008. Dicho lanzamiento se creó en conjunto con Microsoft.

Con las exigencias del mercado acerca de la amigabilidad con el ambiente pero sin perder potencia en el motor, Ford lanzó sus motores Ecoboost, que entregaban un mejor rendimiento de combustible y más potencia en comparación con los motores naturalmente aspirados del mismo tamaño, por estas razones la nueva línea de motores turbocargados de Ford alcanzó alta popularidad rápidamente.

En el año 2014 Ford lanzó nuevos modelos de sus vehículos icónicos, la decimotercera generación de la Ford F-150 y la renovación del Mustang en celebración de sus cincuenta años de existencia. En junio del mismo año, Alan Mulally decide dejar el mando como CEO de Ford y es sucedido por Mark Fields, quien se comprometió a empujar las tendencias de innovación de la compañía.

2.2. Ford en la actualidad



Figura 2.5: Nuevas generaciones de algunos íconos de la compañía. De izquierda a derecha, Mustang 2015, F-150 2017 y Ford GT 2017

Misión

Ford Motor Company es líder mundial en productos y servicios automotrices, y financieros. Nuestra Misión es mejorar continuamente nuestros productos y servicios a fin de satisfacer las necesidades de nuestros clientes, lo que nos permite prosperar como negocio y proporcionar utilidades razonables a nuestros accionistas quienes son propietarios de nuestro negocio.

Valores

La manera como cumplimos nuestra misión es tan importante como la misión misma. Los siguientes valores básicos son fundamentales para el éxito de la Compañía.

- *Gente* - Nuestra gente es la fuente de nuestra fuerza. Ellos proporcionan nuestra inteligencia corporativa y determinan nuestra reputación y vitalidad. El involucramiento y el trabajo en equipo son la esencia de nuestros valores humanos.
- *Productos* - Nuestros productos son el resultado final de nuestros esfuerzos, y deben ser los mejores para servir a nuestros clientes en todo el mundo. Así como nuestros productos son vistos, así somos vistos nosotros.
- *Utilidades* - Las utilidades son la medida final de cuán eficientes somos al proveer a nuestros clientes con los mejores productos para satisfacer sus necesidades. Las utilidades son necesarias para sobrevivir y crecer.
- *Los concesionarios y los proveedores son nuestros socios* - La compañía debe mantener relaciones de mutuo beneficio con distribuidores, proveedores y con nuestros demás asociados comerciales.
- *La integridad nunca es comprometida* - La conducta de nuestra compañía alrededor del mundo debe seguirse de una manera que sea socialmente responsable, requiriendo respeto por su integridad

y por sus contribuciones positivas a la sociedad. Nuestras puertas están abiertas para hombres y mujeres de la misma manera sin discriminación y sin considerar origen étnico o creencias personales.

Principios Guía

- *La calidad es lo primero* - Para lograr la satisfacción de nuestros clientes, la calidad de nuestros productos y servicios debe ser nuestra prioridad número uno.

- *Los clientes son el centro de todo lo que hacemos* - Nuestro trabajo debe estar hecho pensando en nuestros clientes, proporcionando mejores productos y servicios que nuestra competencia.

- *El mejoramiento continuo es esencial para nuestro éxito* - Debemos esforzarnos por la excelencia en todo lo que hacemos: en nuestros productos, en su seguridad y valor, y en nuestros servicios, nuestras relaciones humanas, nuestra competitividad y nuestra rentabilidad.

- *El involucramiento del personal es nuestra forma de vida* - Somos un equipo. Debemos tratarnos unos a otros con confianza y respeto

Visión

Una buena compañía ofrece excelentes productos y servicios, una gran empresa además, se preocupa por hacer nuestro mundo un mejor lugar donde vivir.

William Clay Ford JR.

2.3. Ford en México

Ford de México o FoM, por sus siglas en inglés, Ford of Mexico, cuenta con tres plantas de producción:

- CSAP Planta de Estampado y Ensamble de Cuautitlán

Ubicada en Cuautitlán, Estado de México. Actualmente produce el Ford Fiesta sedán y hatchback, que se exporta a Canadá, Estados Unidos, Colombia, Argentina y Brasil. También se produce para el mercado mexicano.

- HSAP Planta de Estampado y Ensamble de Hermosillo

Ubicada en Hermosillo, Sonora. Actualmente produce el Ford Fusion y el Lincoln MKZ, así como sus versiones híbridas.

- ChEP Planta de Motores de Chihuahua

Ubicada en Chihuahua, Chihuahua. Actualmente produce motores a gasolina I4 2.0L and 2.5L y motores a Diesel 4.4L and 6.7L.

Además hay dos plantas en puerta, una de Transmisiones en Irapuato, Guanajuato y otra de Estampado y Ensamble en San Luis Potosí, San Luis Potosí.

Por si fuera poco, también cuenta con un centro de Ingeniería que trabaja de la mano con todo el mundo para ofrecer productos globales. El centro de Desarrollo del Producto de Ford de México es donde se desarrolla este trabajo.

Descripción del puesto

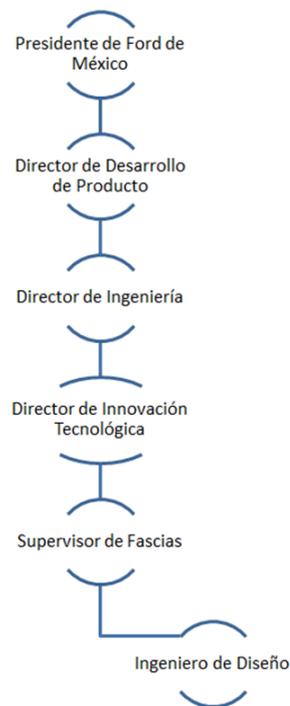


Figura 3.1: Estructura general de Ford de México

3.1. Funciones Generales

- Desarrollar geometría en segunda y tercera dimensión usando el software CATIA V5 para soportar el avance de los programas con respecto a los entregables para cada una de las etapas de diseño de acuerdo con el cliente, las regulaciones y los requerimientos corporativos, tanto para programas globales como locales.
- Mantener y compartir toda la información desarrollada en la base de datos de Teamcenter Engineering.

- Cumplir con la compatibilidad de componentes desarrollados en evaluaciones digitales antes del ensamble.
- Colaborar mano a mano con otros ingenieros para desarrollar nuevos componentes aplicando habilidades técnicas.

3.2. Funciones Específicas

- Conseguir compatibilidad mecánica y empaquetamiento para cada entregable en los programas designados.
- Desarrollar estudios de soporte para áreas de diseño básico y de validación.
- Creación de propuestas no relacionadas al programa cuando sean requeridas.
- Creación de ítems de liberación y su administración según las políticas de la compañía.
- Mantener geometría con el nivel de madurez requerido para cada entregable.
- Asegurar que los componentes creados se muestren de manera correcta, geometría y posición, en los modelos de control de Teamcenter.
- Revisar, sugerir y aplicar variantes para el modelo de control en Teamcenter.
- Cumplir con las validaciones digitales y documentarlas en el software correspondiente.
- Completar en tiempo con la geometría en 2D y 3D para cada entregable del programa y asegurar calidad en el componente.
- Utilizar todos los foros para compartir información y mejores prácticas.
- Asegurar el intercambio de información entre proveedores y los sitios Web de Ford.
- Mejorar las habilidades técnicas.
- Asegurar la factibilidad de manufactura del componente.

3.3. Habilidades requeridas para la posición

- Título de Ingeniería
- Inglés Avanzado
- Conocimientos de software de escritorio, de diseño en 3D
- Conocimiento de los sistemas y componentes del vehículo
- Negociación entre áreas funcionales para obtener resultados que beneficien a ambas partes
- Entendimiento e interpretación de los requerimientos automotrices
- Conocimientos de los estándares de dimensionado y tolerado geométrico
- Conocimiento de procesos de manufactura

3.4. Niveles de experiencia

Build:

Aprende procesos establecidos y es capaz de explicarlos e identificarlos. Realiza tareas básicas, necesita asesoría para tareas más complejas. Completa tareas o algunas porciones de proyectos más grandes. Contribuye con supervisión o bajo dirección de otros. Identifica con quien buscar ayuda.

Apply:

Aumenta la experiencia en habilidades técnicas. Es capaz de desarrollar tareas complejas independientemente. Trabaja y produce resultados predefinidos o dirigidos. Cumple con proyectos más grandes. Identifica con quien obtener resultados. Implementa recomendaciones y aprueba cambios dentro de su área.

Leverage:

Realiza trabajo complejo que abarca una gran variedad de situaciones, incluyendo situaciones novedosas y únicas. Resuelve problemas complejos. Contribuye en problemas multifuncionales. Determina el impacto de las decisiones y utiliza a las personas interesadas en la organización para completar las tareas. Contribuye con el desarrollo e implementación de estándares. Hace recomendaciones y mejoras. Reconoce cuando y utiliza a los expertos en la materia para hacer las cosas.

Master:

Sirve como mentor tanto técnico como funcional en su área de competencia. Realiza el trabajo más complejo. Desarrolla e implementa soluciones novedosas e interviene para solucionar complejas, nuevas y únicas. Estimula nuevas perspectivas técnicas y funcionales a través de ideas y conocimiento. Desarrolla estándares y modelos para su área. Investiga y analiza tendencias internas y externas. Influye en la organización evaluando tendencias externas y sus implicaciones organizacionales.

Proceso de Diseño

A lo largo de nuestra historia se han inventado dispositivos que ofrecen una solución a algún problema o facilitan la realización de alguna tarea, todos y cada uno de ellos han nacido de una oportunidad que fue identificada por el inventor. En la actualidad hay diferentes empresas de diversos giros que se enfocan en seguir encontrando áreas de mejora o nuevas alternativas a las incógnitas de siempre. El éxito de los productos que estas empresas ofrecen al mercado podrían evaluar en los siguientes aspectos:

- **Calidad del producto**

Debemos considerar en qué medida se satisfacen las necesidades del cliente, qué tanto sirve para desarrollar la tarea para la que existe, qué tan confiable resulta para el usuario final.

- **Costo del producto**

El costo del producto determina la utilidad de la empresa. Incluye costos de bienes inmuebles, herramientas y materiales, por mencionar algunos, requeridos para la producción del producto.

- **Tiempo de desarrollo**

El tiempo de respuesta de la empresa resulta en el tiempo que tarda en salir el producto a la venta y es primordial para establecer alguna ventaja competitiva además contribuye en la rapidez que la empresa recibe los rendimientos del producto.

- **Capacidad de desarrollo**

La capacidad de la empresa define la amplitud que se puede abarcar, ya sea para adquirir nuevos retos en su mismo campo o incluso explorar nuevos mercados. También puede ser evaluada por el nivel de inversión que se puede utilizar para generar utilidades.

El nivel de alcance de estas dimensiones decretan el éxito del producto, aunque éste también resulta afectado por los intereses de la empresa e incluso de los diferentes miembros del equipo, hay para quienes el éxito se mide en el aumento de la tasa de empleo mientras que para otros en el incremento del volumen de producción.

Como se sabe el desarrollo de un producto es el resultado de un trabajo en conjunto de diferentes áreas de conocimiento, Mercadotecnia, Diseño, Manufactura, Pruebas, Finanzas, Compras, etcétera. A lo largo de este trabajo se hace referencia directa al área de Diseño Ingenieril de Ford en las que las dimensiones arriba mencionadas son términos recurrentes en el día a día.

4.1. Sistema de Fascia Frontal

A manera de ejemplo de las actividades realizadas se presenta la evaluación del sistema de parachoques frontal de un automóvil (componentes plásticos), al que en lo consiguiente del texto me refiero como "fascia frontal".

El sistema de fascia frontal tiene dos funciones primordiales, la primera es referente a la seguridad, absorber energía en un impacto y distribuirla a diferentes zonas del vehículo a fin de minimizar la repercusión sobre los pasajeros y algunos componentes de vehículo como, el motor, el radiador, el sistema de iluminación, entre otros. La segunda está relacionada con la estética, al ser componentes exteriores de apariencia definen el ADN de la empresa que produce el automóvil.

4.1.1. Estructura de la Fascia

La fascia se compone de una barra de refuerzo que puede ser de acero, aluminio, fibra de vidrio, plástico o algún material compuesto, una cubierta de plástico, sujetadores de la cubierta con todos los subsistemas adyacentes y elementos plásticos que absorben energía en los impactos.

Mi función directa como Ingeniero de Diseño se ve envuelta en el diseño de los componentes plásticos.

Podemos hacer la clasificación de componentes Clase A, para todos aquellos que son vistos por el cliente final a primera instancia, y como No-Clase A a los elementos adicionales que sirven para sujetar los componentes Clase-A o adicionar funciones al sistema integral.

Clase A:

- Fascia

- Parrilla Superior

- Parrilla Inferior

- Soportes de faro de niebla

- Detalles en cromo

- Porta placa

No-Clase A:

- Sujetadores (contra salpicadera)

- Absorbedor de energía

- Refuerzos adicionales

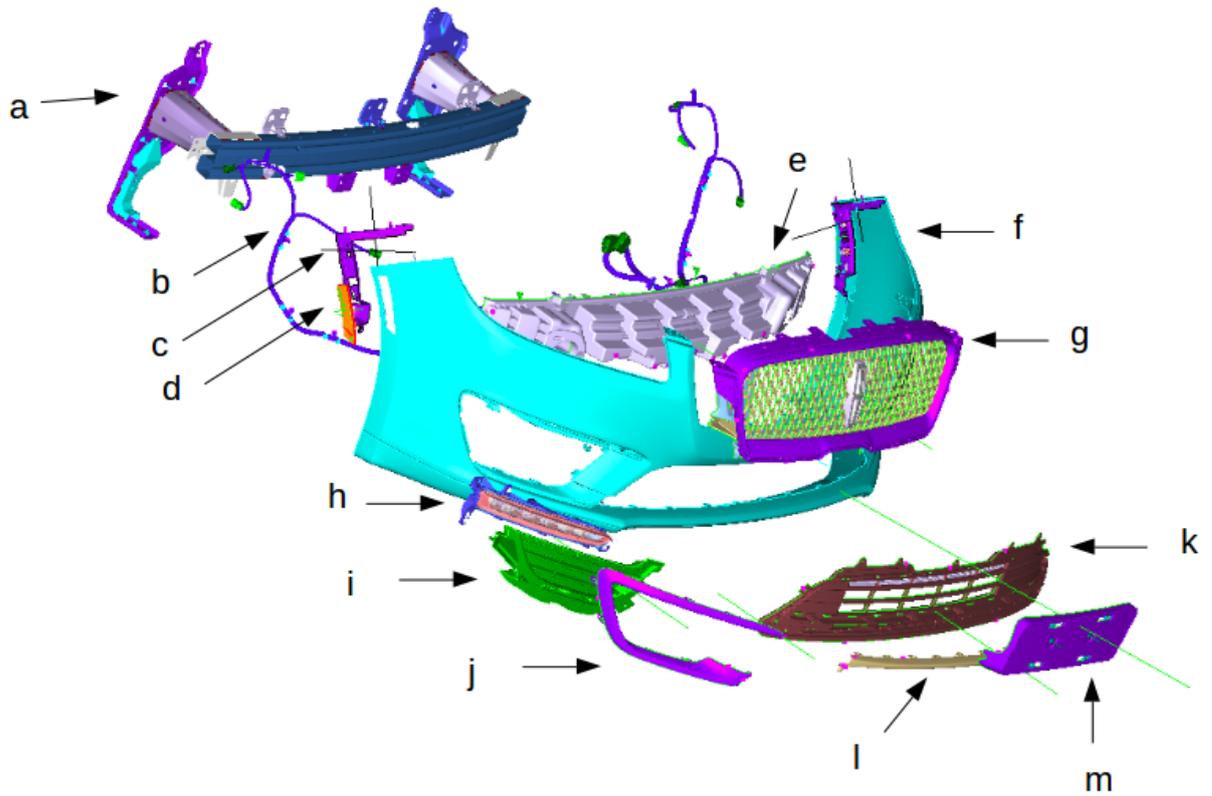


Figura 4.1: Vista explosiva de la fascia frontal del modelo virtual del Lincoln MKZ 2017. En la imagen se muestra el ensamble final de la fascia tal como llega a la línea de ensamble, exceptuando al refuerzo metálico. a) Refuerzo metálico, b) Arnés, c) Sujetador fascia-salpicadera, d) Reflejante lateral, e) Absorbedor de energía, f) Fascia, g) Parrilla superior, h) Faro de niebla, i) Cubierta de faro de niebla, j) Bisel de faro de niebla, k) Parrilla inferior l) Cromo central inferior, m) Porta placas

4.2. Ambiente de Diseño

Para poder desarrollar un diseño íntegro de los componentes del sistema de fascias, se deben considerar todos los subsistemas que rodearán a los nuevos componentes, cito al conjunto de dichos componentes como contexto. Los agentes primordiales del entorno de trabajo, se dividen en cuatro sub-contextos, de acuerdo con la interacción que tienen con la fascia.

■ 1.-Superficies de estudio

Como superficies de estudio se incluyen a todas las superficies virtuales que ayudan al diseño de los componentes, este contexto se sub-divide en:

- Clase A
- Superficies de ambiente
 - Nivel del suelo
 - Inclinación de obstáculos
- Superficies para pruebas de seguridad
O también llamados péndulos, son los elementos que permiten el diseño para simular los impactos de baja velocidad. Impacto frontal, impacto esquinado, etcétera.

■ 2.-Componentes externos a la fascia

Son los elementos que intervienen con la fascia, pero las decisiones de su diseño no son tomadas por el equipo directamente.

- Sistema de iluminación
- Radiador
- Condensador
- Deflectores de Aire
- Cámaras
- Loderas

■ 3.- Componentes internos a la fascia

Son los agentes que se encuentran dentro del ensamble de la fascia, por lo que se necesitan agregar características extras para la sujeción o posición de los mismos

- Emblemas
- Biseles
- Sensores de proximidad
- Faros de niebla
- Arnés

■ 4.- Componentes Metálicos

Son todos los elementos metálicos tanto de apariencia como de estructura del vehículo. No se deben confundir estos elementos con los de Clase-A, en estos hay mucho más detalle para cumplir funciones específicas. Aun cuando la parte más externa de los mismos coincida con Clase-A.

- Elementos estructurales
- Piezas estampadas: cofre, salpicaderas,
- Refuerzos metálicos

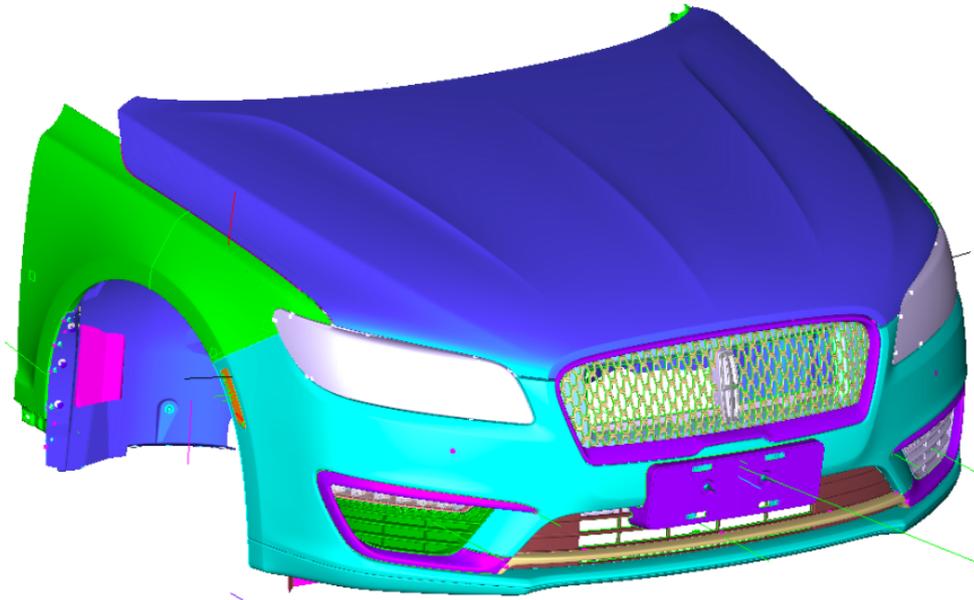


Figura 4.2: Contexto de apariencia de la fascia: Sistema de iluminación, piezas metálicas estampadas (salpicaderas y cofre), lodera de salpicadera y emblema de la compañía

4.3. Proceso de Manufactura

El proceso de manufactura determina en gran medida el diseño de un producto, por lo que tiene ingerencia durante todo el desarrollo desde el concepto hasta el detalle. En la actualidad los plásticos ofrecen un alto rendimiento costo beneficio tanto que entre los años 1980-2005 la tasa de crecimiento de productos plásticos tan sólo en Estados Unidos aumentó a un ritmo del 12 %. Existen diferentes tipos para la manufactura de plásticos, entre los preferidos están la extrusión y el moldeo por inyección que en el caso de Ford, y más específico aun, para los componentes de ensamble de la fascia, es el utilizado.

Las principales ventajas del moldeo por inyección son:

- Altos volúmenes de producción
- Costo de operario por unidad relativamente bajo
- Las piezas requieren poco o ningún acabado
- Se obtienen diferentes superficies, acabados y colores
- Moldeo de diferentes materiales sin cambiar de máquina
- Permite buena tolerancia dimensional
- Moldeo de piezas con inserciones, etcétera.

4.3.1. Materiales

Si bien los componentes de la fascia son hechos de plástico, existen diferentes familias en que se clasifican los mismos, dependiendo del uso y de las características y propiedades específicas que ayudan a cubrir alguna necesidad. Dos grandes grupos en que se pueden diferenciar estos materiales, debido a su comportamiento termomecánico, son: termofijos y termoplásticos.

Los termofijos son materiales que crean cadenas entrecruzadas, dichas cadenas no permiten la reutilización del material ya que impiden volver a fundirlo y reutilizarlo en algún proceso de moldeo. Por otro lado los termoplásticos pueden fundirse y procesarse en repetidas ocasiones, por esta razón, los termoplásticos son más usados en la producción global.

A su vez los materiales termoplásticos los podemos subdividir en materiales amorfos o semi-cristalinos dependiendo de la estructura de las cadenas que los forman. Una estructura amorfa no presenta ningún orden en el acomodo de sus cadenas mientras que una semi-cristalina está formada por áreas en las que se forman estructuras cristalinas.

Las estructuras de los materiales definen sus propiedades físicas y mecánicas, además de que tendrán diferentes condiciones a la hora de moldearlo. En la tabla 4.1 se muestran las diferencias de las propiedades de los materiales con base en la estructura que las conforman.

Los polímeros también contienen aditivos, los más comunes son los rellenos entre los que encontramos carbonato de calcio, silica, fibra de vidrio, talco, etcétera, y son usados para: ocupar espacios entre las cadenas moleculares, aumentar la resistencia, reducir el encogimiento volumétrico, mejorar la resistencia química, incrementar la densidad del material, mejorar la manufacturabilidad por moldeo, entre otros.

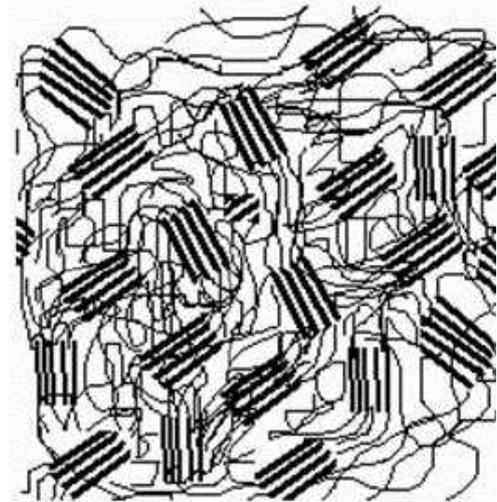


Figura 4.3: Estructura semi-cristalina, muestra arreglos aleatorios en las zonas amorfas, mientras que en las zonas cristalinas se notan ordenamientos laminares también conocidos como "lamelas"

Propiedades	Semi-Cristalinos	Amorfos
Densidad	Mayor	Menor
Dureza	Mayor	Menor
Rigidez	Mayor	Menor
Encogimiento	Mayor	Menor
Permeabilidad a gases	Menor	Mayor
Tenacidad	Menor	Mayor
Transparencia	Menor	Mayor

Tabla 4.1: Propiedades de plásticos semi-cristalinos y amorfos

4.3.2. Máquina de inyección

El desarrollo de la máquina de inyección fue acelerada principalmente por países como Estados Unidos, Alemania e Inglaterra. La primera patente para una máquina de inyección fue registrada en Estados Unidos en 1872 por Jhon Hyatt, que describía una máquina de inyección por pistón para materiales celulósicos. También en Estados Unidos en el año de 1936 se patentó la máquina de inyección con sistema de pistón y con preplastificación en dos etapas, y para 1956 la máquina de inyección con tornillo recíprocante o alternativo consiguió su patente, esta máquina representó un gran aporte al moldeo por inyección [2].

Aun cuando los productos hechos con plásticos aumentaron exponencialmente la máquina de inyección no ha recibido cambios fundamentales, sino sólo perfeccionamientos o adición de funciones para mejorar el proceso de moldeo.

Los sistemas principales de la máquina de inyección son:

- Sistema de Inyección (figura 4.4)

La función principal es homogeneizar y fundir el material para ingresarlo al molde, además de mantener la presión de inyección.

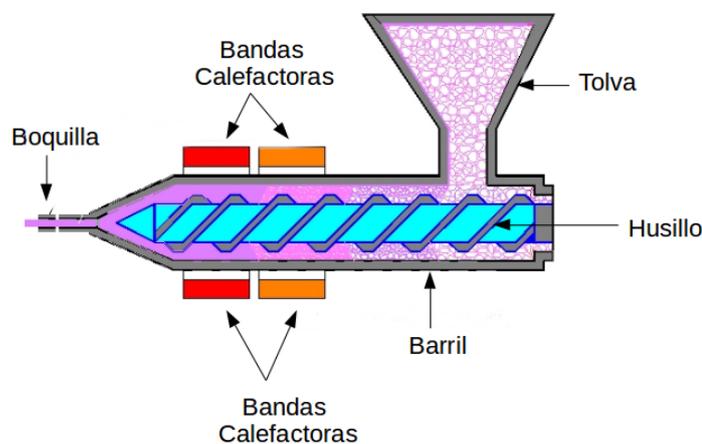


Figura 4.4: Sistema de Inyección

- Sistema de moldeo

El molde es el lugar donde el plástico adquirirá la forma de la parte a manufacturar, el movimiento del mismo permite la eyección del componente. En el caso más simple el molde incluye sólo cavidad y núcleo, pero en medida que aumenta la complejidad de la pieza se agregan diferentes acciones que permiten el desmoldeo de ciertas geometrías de la pieza en un ángulo distinto al ángulo de desmoldeo principal.

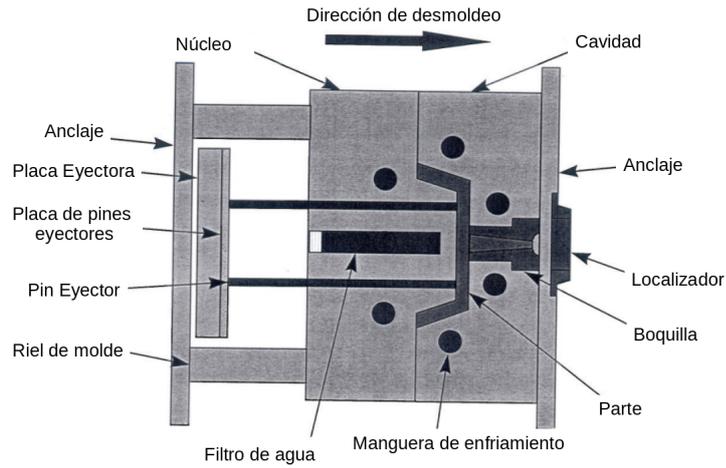


Figura 4.5: Componentes de un molde sin acciones

- Sistema de cierre

El sistema de cierre se encarga de dirigir el movimiento del molde y mantener la fuerza de cierre que compensa la presión de inyección.

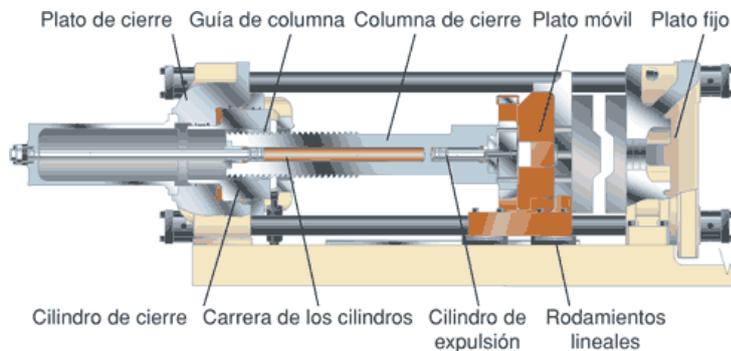


Figura 4.6: Sistema de cierre hidráulico de la máquina de inyección

- Sistema de Control

Como su nombre lo dice, el sistema de control gobierna y sincroniza los diferentes sistemas y tiempos del proceso. Los principales parámetros del proceso son controlados por este sistema. Además se pueden extraer variables del proceso.

4.3.3. Proceso de inyección

El proceso de inyección consiste en introducir plástico fundido en un molde que le dará la forma, enfriará y del cual se extraerá una pieza conformada.

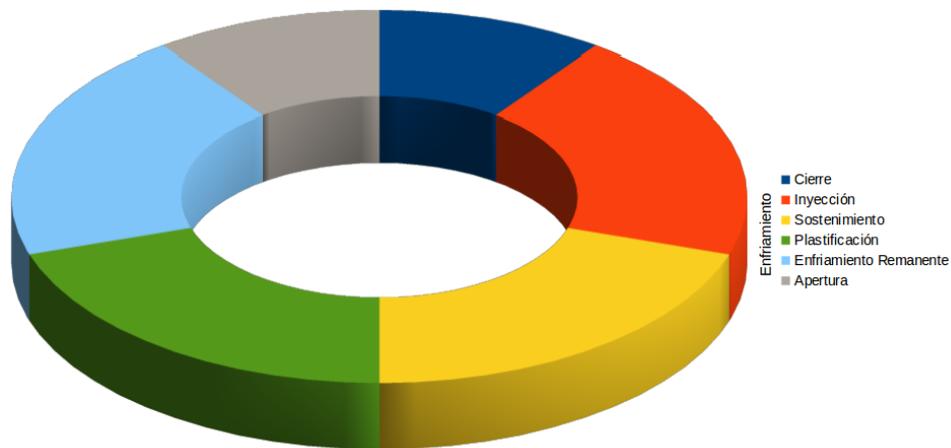


Figura 4.7: Ciclo de inyección

Las fases del proceso de inyección son:

- Cierre de molde
- Inyección
El husillo avanza sin rotación para inyectar el plástico en el molde.
- Sostenimiento
El material se contrae dentro del molde, así que se inyecta más plástico para mantener el volumen.
- Plastificación
El husillo regresa a su posición inicial (más lejano de la boquilla). El material pasa de la tolva de alimentación al barril, se homogeneiza la temperatura y grado de mezcla, mediante la rotación del husillo.
- Enfriamiento remanente
El molde se mantiene cerrado para enfriar a la pieza lo suficiente para evitar deformaciones no deseadas en la pieza. Esta etapa se llama enfriamiento remanente para diferenciarlo del enfriamiento, ya que el último comienza desde la etapa de inyección y termina en la apertura del molde.
- Apertura de molde y eyección
Cuando se ha alcanzado la temperatura de extracción, el molde se abre y el mismo movimiento genera que los pines eyectores empujen la pieza fuera del molde.

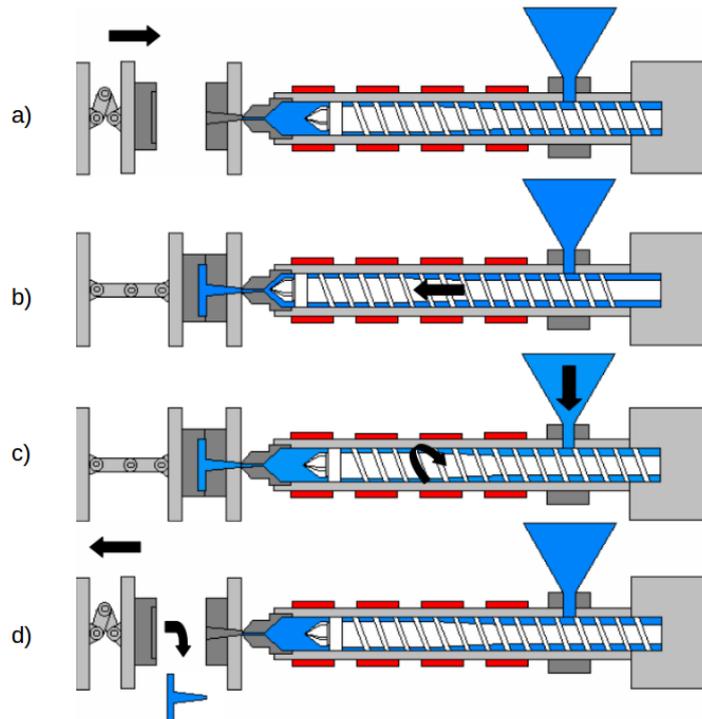


Figura 4.8: Ciclo de inyección, a) Cierre de molde, b) Inyección y sostenimiento, c) Plastificación y enfriamiento remanente, d) Apertura de molde y eyección

4.3.4. Problemas típicos

Durante el proceso de moldeo por inyección de plástico, se necesitan controlar ciertos parámetros que repercuten directamente en la calidad de la pieza manufacturada. Según Sánchez y Yáñez [2], entre los errores más frecuentes tenemos:

- **Pieza incompleta**

Es un llenado insuficiente de la parte, entre sus causas están: que no se haya plastificado material suficiente para llenar la cavidad, la temperatura del material fundido o del molde es demasiado baja, una velocidad de inyección baja que permite que el plástico se solidifique antes de llenar por completo la cavidad. También se puede deber a que el sistema de respiración no sea el adecuado provocando así que el aire quede atrapado e impida llenar la parte por completo.

- **Rebabas**

Las rebabas son excesos de material en el contorno del componente inyectado. Se debe principalmente a deficiencias en el molde, a una fuerza de inyección mayor que la fuerza de cierre, sobrecalentamiento del material, respiración insuficiente, alimentación excesiva, etcétera.

- **Rechupes**

Los rechupes son depresiones en la pieza, provocados por acumulación excesiva de material, por lo que el enfriamiento es más lento en la parte más gruesa y sigue su contracción aun cuando está fuera del molde. También pueden ser provocados por un tiempo de sostenimiento menor al necesario.

- **Líneas de soldadura**
Son líneas visibles en la superficie del componente, formadas por el choque de dos flujos. Un fundido no uniforme o temperaturas de barril, molde o boquilla demasiado bajas, son los estímulos para este tipo de fallas.

- **Alabeamiento**
El alabeamiento es cualquier deformidad no deseada de la pieza al ser eyectada, se debe a un diseño no adecuado de la pieza, enfriamiento no homogéneo en el molde, tiempo de enfriamiento muy corto, sistema de extracción no adecuado.

- **Decoloración**
Se debe a la descomposición química del material o al estancamiento en ciertas áreas, se da debido a que el material está contaminado, húmedo o degradado, temperaturas excesivas en el barril y en la boquilla, entre otras.

- **Líneas de flujo**
Las líneas de flujo no afectan la función de la parte, pero sí su apariencia; son originadas por temperaturas bajas en el molde o el fluido y a las obstrucciones dentro del molde como entradas demasiado pequeñas, otro factor que las provoca es el espesor no constante de la pieza. Pueden ser direccionadas para que aparezcan en zonas que no impacten la apariencia o ser cubiertas con algún acabado posterior

- **Delaminación de capas**
Este fenómeno ocurre cuando el fundido está sometido a esfuerzos cortantes excesivos, dichos esfuerzos son provocados por paredes delgadas o por largas trayectorias del material.

- **Fracturas o grietas superficiales**
Son originadas por los esfuerzos residuales en la pieza, y al someterse a medios agresivos se pueden reflejar en grietas o fracturas. Las causas más comunes son temperatura baja del molde, diseño inadecuado del molde, filetes y cortes, por mencionar algunas.

- **Marcas de eyectores o deformación por eyección**
La principal causa para este defecto es el poco tiempo de enfriamiento de la pieza y la velocidad de eyección.

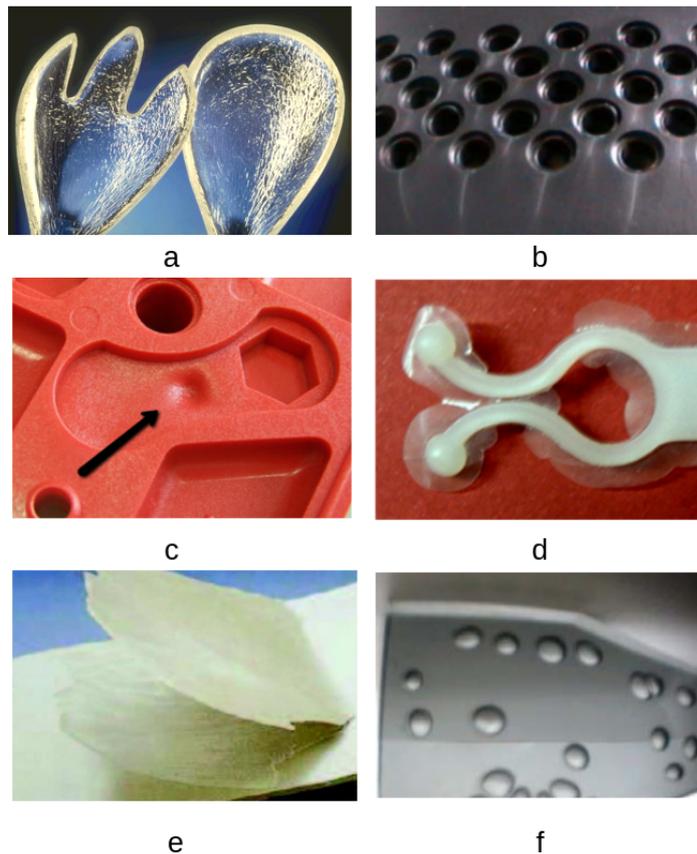


Figura 4.9: Algunos defectos del moldeo por inyección. a) Fracturas, b) Líneas de soldadura, c) Rechufe, d) Rebabas, e) Delaminación, f) Aire atrapado

4.4. Metodología

Todas las empresas que se dedican al desarrollo de nuevos productos para el mercado cuentan con una metodología que incluye diferentes pasos para garantizar el éxito del producto diseñado.

Si bien existen algunas metodologías establecidas, cada compañía e incluso cada área dentro de la compañía las modifica para que se adapten de mejor manera a su tipo de productos y de entregables.

El proceso genérico de desarrollo, descrito en [1] consta de seis fases:

- 0: Planeación
- 1: Desarrollo de concepto
- 2: Diseño a nivel sistema
- 3: Diseño de detalle
- 4: Pruebas y refinamiento
- 5: Inicio de producción

La metodología utilizada para desarrollar los componentes de la fascia desde el concepto hasta el detalle de producción, es la creada por Ford Motor Company: GPDS, por sus siglas en inglés Global Product

Development System. Las fases más representativas y utilizadas en el trabajo diario como ingeniero de Diseño se reducen a cinco etapas generales mostradas en la figura 4.10.

Cada una de las etapas tiene como entrada información específica y sus salidas son diferentes entregables que cumplen como entrada de la etapa siguiente. El fin de medir los entregables es evaluar que tan completo está el programa y así administrar los recursos de una forma eficiente para evitar un retraso en el lanzamiento del vehículo.

4.4.1. Secciones

Las principales funciones de las secciones son hacer un estudio de mercado, definir los componentes que impactarán en el diseño y las estrategias a seguir.

Las propuestas de diseño se trabajan a nivel de sección (segunda dimensión), las principales ventajas que ofrecen las secciones son identificar problemas básicos, claros contra componentes, por ejemplo, y la rapidez en que se proponen diferentes estrategias de manufactura, localización o sujeción, casi inmediatas lo cual es requerido debido a la alta frecuencia con que el entorno cambia.

Las secciones se desarrollan para zonas críticas del vehículo considerando todos los elementos y los riesgos potenciales derivados de las interfaces con ciertos componentes, por ejemplo sistema de iluminación, al saber qué potencia tendrá el faro el equipo encargado puede proveernos un mapa térmico, y así nosotros podemos estimar el comportamiento de la fascia y mejorar las condiciones como modificación de la geometría para aumentar el claro contra la lente del faro o agregar costillas de refuerzo.

Para la generación de propuestas se siguen reglas de diseño o mejores prácticas del equipo, que son el resultado de diferentes diseños y del estudio de mercado realizado. Esta documentación informa al personal que no ha tenido experiencia en el diseño de los componentes para evitar que se cometan los mismos errores que fueron causa de una mala calidad en el componente final y de esta manera incrementar la probabilidad de éxito de la estrategia a seguir. Por ejemplo, en la interfaz contra componentes internos de la fascia se proponen ciertas estrategias de sujeción que ayudan a mantener un espacio constante entre ellas.

Además de los cambios en componentes de la fascia, también hay propuestas para los diferentes grupos a fin de que todos cumplan los requerimientos del programa por lo que la entidad que suele cambiar

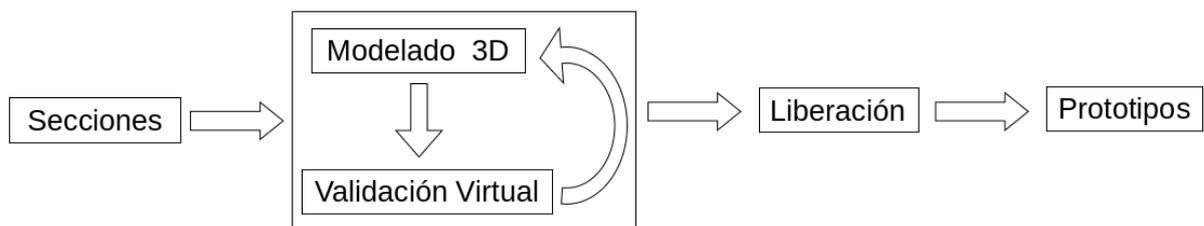


Figura 4.10: Metodología resumida que el Ingeniero de Diseño sigue dentro de Ford Motor Company

con mayor frecuencia es la Clase A.

El fin de esta etapa es la aprobación de las estrategias a seguir para evolucionar los componentes a una tercera dimensión. El contenido de las secciones es avalado por las diferentes áreas involucradas, Estudio, Ingeniería, CAD, Seguridad.

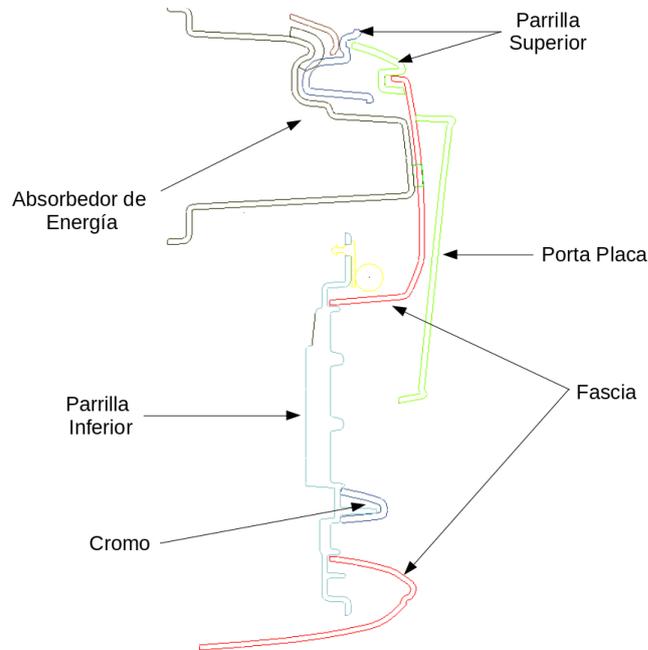


Figura 4.11: Sección en la parte central del vehículo, mostrando estrategias de componentes de la fascia

4.4.2. Modelado 3D

El modelado 3D y la validación virtual, son las etapas que toman más tiempo del Ingeniero de Diseño en el desarrollo de un producto nuevo y se desarrollan en paralelo. Los objetivos principales del modelado en tercera dimensión son: **El desarrollo de un componente** cien por ciento completo y manufacturable que cumpla con todas las necesidades y requisitos de los diferentes clientes y **compartir** el intento de diseño a fin de tener una perspectiva mucho más detallada del sistema diseñado que la Clase A.

Una vez definido el plan de acción para las interfaces entre sistemas, se comienza con el modelado en tercera dimensión. Para crear los componentes sólidos a partir de la superficie de estudio se utiliza el software de diseño CATIA V5.

Tal como existen reglas de diseño para estrategias a seguir, también existen diferentes reglas o maneras de modelar a fin de tener un modelo virtual paramétrico y robusto que permita cambios de manera sencilla, así como la adición o remoción de diferentes características que ayuden a mejorar alguna característica del componente, por ejemplo el patrón de costillas de refuerzo o el incremento de la longitud y geometría de las pestañas de sujeción.

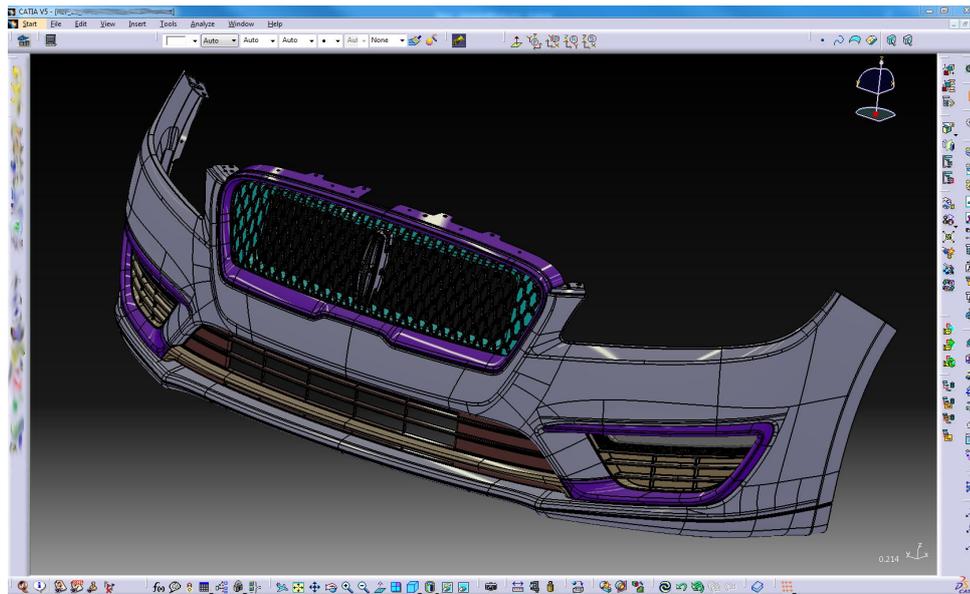


Figura 4.12: Modelo virtual del ensamble de la fascia en CATIA V5

El modelo de un componente con frecuencia incluye nuevas técnicas de modelado en 3D o información exclusiva de la compañía, por lo que existen elementos de desarrollo y elementos de visualización. Ambos ítems son responsabilidad del diseñador:

- **Elementos de desarrollo:**

Contienen una cantidad vasta de información ya que presentan de manera concreta el intento de diseño en los componentes de la fascia con los diferentes equipos. A dichos elementos sólo tienen acceso los diseñadores del programa.

La manera en que cada uno de los componentes comparten información es primordial para la actualización del sistema, es por ello que los ítems de desarrollo existen dentro de una estructura que permite el cascadeo de todos los detalles de forma concisa y rápida. Aun cuando la estructura está generalizada para todos los centros de diseño, cada grupo la adapta según sus necesidades y requerimientos.

- **Elementos de visualización:**

Los elementos que sirven para compartir sólo agrupan la información mínima requerida, como: la geometría del componente, el ángulo de desmoldeo principal y las diferentes acciones utilizadas, la línea de partición del molde, propiedades físicas del componente como el material, el centro de inercia, el peso, el volumen, entre otros.

A estos elementos podrán tener acceso todos los grupos que tengan alguna interacción con el programa. Además estos archivos serán parte de un ensamble total del vehículo (también llamado "buck") a fin de mostrarse en la posición ideal.

Los principales consumidores de esta geometría son: proveedores que manufacturarán las piezas, diseñadores de interfaces compartidas, equipos de CAE que simulan tanto el comportamiento mecánico así

como los riesgos potenciales en la inyección del componente y los equipos encargados de las validaciones virtuales.

4.4.3. Validación

Para cada modelo en 3D diseñado se hacen diferentes validaciones que facilitan la detección prematura de errores con el fin de evitar cambios costosos posteriores.

A cada evaluación se obtiene realimentación que se transforma en cambios que llevan a diferentes iteraciones de la geometría en mejora de las condiciones hasta llegar a la calidad requerida de cada sistema. Estos cambios pueden ser tan sencillos como el cambio del tamaño de un radio hasta problemas multifuncionales que requieren análisis profundos para su resolución.

Para ejemplificar, el cambio del radio de la fascia en la interfaz contra la salpicadera para mejorar la velocidad de llenado en el proceso de manufactura en el modelo 3D lleva aproximadamente 5 segundos y ningún costo directo relacionado, pero si ese mismo cambio se quiere hacer cuando el molde de la fascia está manufacturado llevará unas cuantas horas de trabajo, en el mejor de los casos, y un costo aproximado de 20,000 dólares. Es por ello que las validaciones se hagan de manera objetiva y con una cadencia mínima. Por lo que todos los resultados son documentados en los sistemas pertinentes y están disponibles para todos los grupos de diseño.

Las diferentes evaluaciones son:

- Evaluación geométrica, estática y dinámica, contra el ambiente en posición vehicular, es decir el lugar que ocupará el componente ensamblado en el vehículo.
- Márgenes y enrase con las diferentes interfaces visibles para el usuario final, esto da la percepción de calidad del vehículo.
- Esfuerzo y deformaciones.
- Manufacturabilidad (inyección de plásticos).
- Análisis dimensional.

Como Ingenieros de Diseño, somos responsables de la validación geométrica, y aun cuando somos los encargados también de los cambios en la pieza, éstos deben ser analizados con los sistemas que también serán afectados por lo que hay reuniones exclusivas para resolver los problemas de la mejor manera para todos los sistemas.

El final de esta etapa es tener la aprobación virtual de todos los evaluadores de los componentes desarrollados, lo que indica que no hay más cambios.

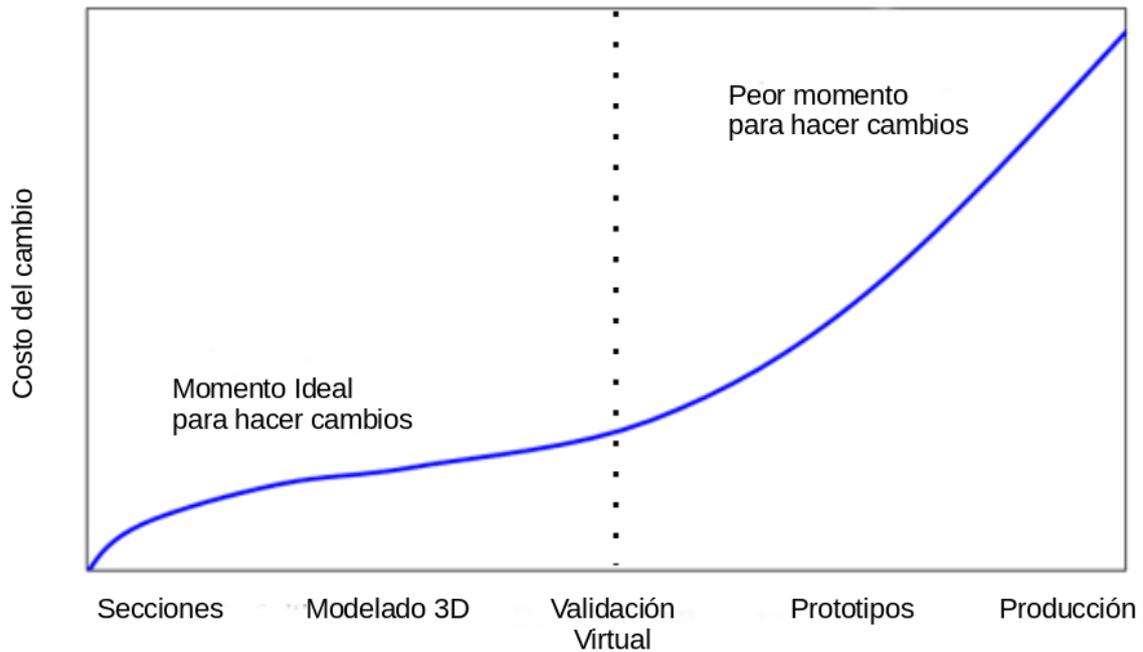


Figura 4.13: Gráfico que ilustra la relación del costo del cambio a medida que avanza el desarrollo del componente

4.4.4. Liberación

Al tener un componente virtualmente correcto, se plasma en un dibujo bidimensional que contenga la información necesaria y específica para que cualquier proveedor pueda producirlo.

El dibujo debe cumplir con:

- Los estándares y formatos de la compañía.
- Tolerancias y dimensiones geométricas suficientes, sin duplicidad.
- Notas básicas para la identificación de los materiales y los acabados del componente.

El ingeniero de Diseño es el responsable del dibujo, pero recibe realimentación del proveedor que manufacturará el componente. Un aspecto importante a considerar son los puntos de inspección de la parte, es decir en qué lugar y qué tipo de validación se debe hacer para discriminar si el componente es o no una pieza útil para el ensamble.

TOLERANCIAS	CARACTERISTICAS	SIMBOLO
Forma	Rectitud	—
	Planitud	
	Redondez	
	Cilindricidad	
	Perfil de una línea	
	Perfil de una superficie	
Orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	
	Angularidad	
Localización	Posición	
	Concentricidad y Coaxialidad	
	Simetría	
Alabeo	Circular	
	Total	

Figura 4.14: Tolerancias de Control según ASME 2009 14.5

En el establecimiento de los controles existen muchas maneras de expresar el mismo concepto, por lo que debemos asegurar que nuestros controles sean los mínimos para tener una pieza funcional, entre mayor sea el número de controles mayor será el control en la manufactura que se traduce como un aumento en el costo de la parte.

Ya que tenemos la geometría y el dibujo listos, tenemos que liberar la parte para producción, es decir asignarle un presupuesto y darle luz verde al proveedor para que comience a trabajar en el herramental que convertirá el diseño virtual en un objeto palpable.

Aquí se agregan propiedades a todas las partes para saber si serán refacciones que puedan ser compradas en servicio, si son críticas para el funcionamiento del coche, si son reguladas por leyes gubernamentales, si se consideran componentes de un ensamble mayor o son piezas finales, etcétera. Cada parte que es liberada tiene un historial y seguimiento a través de su existencia dentro de la empresa para, de ser necesario, utilizarla en otros programas.

Aquí nuevamente se hacen las validaciones finales del modelo en 3D y sus dibujos a fin de que el modelo virtual que se libera cumple para todo lo que fue concebido.

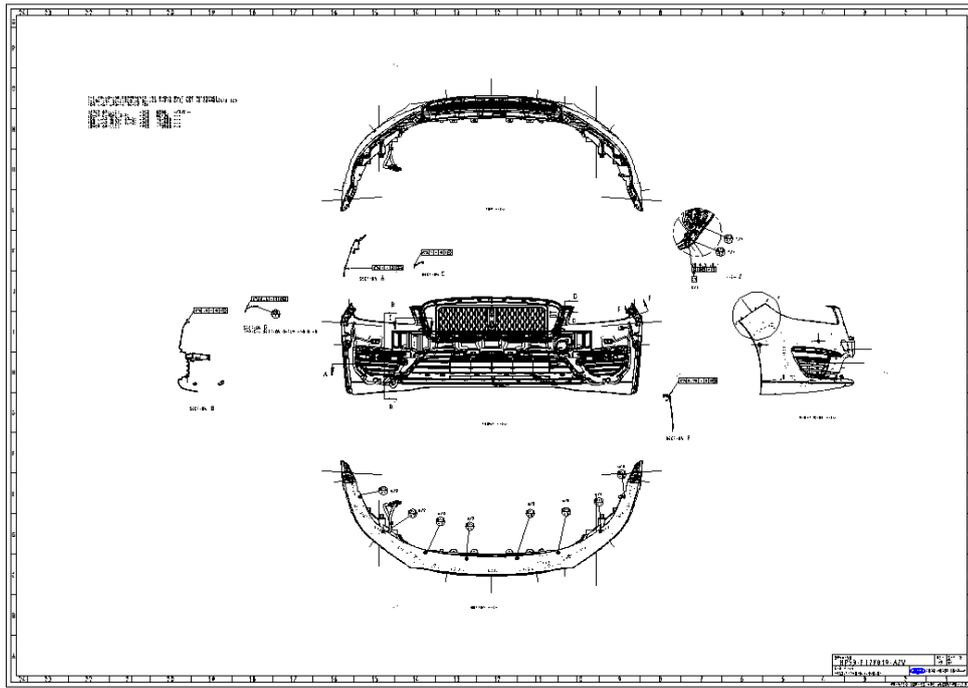


Figura 4.15: Ejemplo de Dibujo 2D del ensamble de la Fascia del Lincoln MKZ

4.4.5. Prototipos

En todo proceso de diseño de un producto se tiene que validar de alguna manera el producto mismo así como sus componentes, es por ello que se utilizan diferentes prototipos, que basado en [1], podemos definir como “aproximación de un producto en una o varias áreas de interés”, a dichas aproximaciones las podemos clasificar como analíticas y físicas. Cada prototipo nos presenta ventajas contra el otro.

En los **prototipos analíticos** no tenemos un elemento tangible, las validaciones se hacen de manera visual o matemática, en Ford las utilizamos de maneras tan sencillas como medir distancias entre componentes estáticos hasta simulaciones complicadas como un análisis de elemento finito para visualizar las deformaciones de la parrilla del vehículo en un impacto de baja velocidad. Las principales ventajas, validaciones flexibles, es decir los cambios o nuevas configuraciones se implementan de manera relativamente rápida, lo cual implica menor costo.

Por otro lado, un **prototipo físico** incluye uno o varios elementos tangibles, los podemos encontrar desde un sostenedor para comprobar la flexión con diferentes cargas hasta un vehículo prototipo que incluya todos los componentes para comprobar las interfaces de las partes recién diseñadas. Al tener un elemento tangible podemos encontrar fenómenos no anticipados y que el prototipo analítico no es capaz de detectarlos.

Para ejemplificar los prototipos utilizaré el sujetador de la salpicadera:

En el prototipo analítico basta con cambiar un parámetro para que el espesor de las costillas de refuerzo aumente y encontrar la menor deformación al aplicar una fuerza sobre el mismo. La inversión de tiempo en el cambio resulta en unos cuantos minutos, en contraste, si tenemos el sujetador físico no

le podríamos agregar material con tanta facilidad y en la mayoría de los casos se tiene que hacer un prototipo nuevo para obtener la misma modificación. Pero qué pasa si queremos validar nuestra estrategia de sujeción, aun cuando hay infinidad de herramientas virtuales para tener diferentes aproximaciones de nuestro modelo, con el modelo físico podríamos comprobar si la fuerza de instalación requerida para el sujetador es la ideal para que un operador pueda hacer su función durante la jornada laboral sin que sufra ninguna incomodidad. Otro ejemplo, es para determinar qué tan fácil podemos errar la posición del sujetador al montarlo.

Los principales objetivos de tener prototipos según [1] son:

- Aprendizaje.- Conocer si el producto diseñado cumple con las expectativas del cliente y si funciona como fue concebido originalmente. Por ejemplo cuando tenemos un vehículo prototipo, diferentes equipos evalúan la calidad y funcionalidad del mismo a fin de encontrar errores presentes o potenciales. En nuestro ejemplo de la fascia podríamos comprobar la firmeza de la estrategia de sujeción contra el faro al empujarla con la mano a lo largo de toda la interfaz. Comunicación.- Se enriquece la comunicación entre equipos de diferentes áreas, ya que es más fácil visualizar las intenciones del diseñador al tener un modelo tridimensional y tangible que con una descripción verbal o un dibujo a mano alzada. Además se pueden describir de manera detallada las interacciones físicas del vehículo.
- Integración.- Dado que el vehículo prototipo muestra los ensambles totales de las piezas diseñadas promueve la integración de los diferentes diseñadores ya que si se halla algún problema la solución tendrá que ser definida por todos los miembros de los diferentes equipos y de esta manera se podrán aportar ideas de soluciones multidisciplinarias que además de resolver el problema, incrementen la calidad y reduzcan costos tanto en los agentes interactuantes.
- Etapas de desarrollo.- Los prototipos a cada etapa del desarrollo nos proporcionarán niveles de avance, por lo que podremos estimar la fecha de entrega o si ésta ya está definida, planear las tareas requeridas para llegar a la meta final, un producto terminado. Habrán tantas etapas como sean necesarias, definidas principalmente por la complejidad de los productos a diseñar. En nuestro caso de estudio, el vehículo prototipo, es el máximo nivel de complejidad del coche a desarrollar y en donde vemos la fascia en conjunto con todos sus sistemas vecinos.

Además de todas las ventajas que nos ofrecen los prototipos le agregamos una, que en su esencia es la primordial, maximizar la probabilidad de éxito. A esta altura en la que todas las validaciones virtuales han sido aprobadas y lo que sigue son los prototipos físicos, cada iteración en la mejora del diseño incrementa el costo abundantemente, por lo que se evitarán dichas iteraciones, en la medida de lo posible.

Ya que todas nuestros componentes de la fascia son moldeados por inyección de plástico y para llevar a cabo el proceso de manufactura necesitamos un molde, éste también requiere un prototipo. Cada vez que se moldea una parte hay un 70 % de probabilidad de que funcione, o sea un 30 % de probabilidad de que se tenga que hacer una iteración en la parte, una probabilidad exagerada. En el momento que se agrega un molde prototipo el porcentaje de éxito para la parte moldeada aumenta a un 95 % [Ulrich, 2003]. Es por ello que aún cuando el prototipo requiere una inversión “extra” la relación costo beneficio justifica por mucho su implementación. Además la creación del molde prototipo es mucho más rápida ya que

en el caso de los moldes para inyección de plástico, son manufacturados en aluminio, lo que facilita su maquinado y disminuye el costo del material.

Como todo diseño es susceptible a fallas, existe diferente bibliografía para resolverlas, una de las metodologías para solucionar problemas en Ford es la conocida como ocho disciplinas o simplemente 8D. Esta metodología sistemática tiene como objetivo solucionar problemas desde su fundamento para evitar reparar sólo síntomas y que la complicación se vuelva a presentar de diferente manera. Un aspecto importante de este método es prevenir la recurrencia del mismos en los productos futuros.

Las ocho disciplinas son:

- D1.- Establecer equipo de trabajo
- D2.- Definir problema
- D3.- Implementar solución temporal
- D4.- Análisis de causa raíz
- D5.- Desarrollar soluciones permanentes
- D6.- Implementar y validar soluciones permanentes
- D7.- Prevenir recurrencia
- D8.- Cerrar problema y reconocer contribuciones

Para ejemplificar la metodología utilizaré un caso que se presentó en el lanzamiento del MKZ 2017 en la planta de Ford en Hermosillo, Sonora.

D1.- El equipo de trabajo para solucionar un problema es quien está encargado del diseño. En nuestro ejemplo serán los ingenieros de liberación y los de diseño CAD.

D2.- La definición del problema debe ser lo más clara y concisa posible para evitar ambigüedad y malas interpretaciones.

Problema: Al encender el coche MKZ la vibración del motor ocasiona un golpeteo entre la fascia y el absorbedor de energía, este choque genera un ruido no esperado en la parte frontal de la fascia y desagradable para el usuario final.

D3.- La solución provisional debe ser documentada para que sea removida completamente una vez que la solución permanente sea aplicada.

Solución inmediata: agregar una espuma entre los componentes involucrados para absorber la energía del impacto y desaparecer el ruido.

D4.- para erradicar el problema completamente se debe hacer un análisis exhaustivo del o los problemas identificados, también tenemos que tener en cuenta todas los sistemas que puedan tener injerencia en

el defecto.

En nuestro caso se encontraron dos causas raíz:

1.- El problema sólo se presentó en el MKZ, el Fusion no reflejó el mismo ruido que levantó el problema, aun cuando comparte la misma estructura y un diseño en conjunto con el MKZ. Esto se debe a que el material del absorbedor de energía es más duro que el del Fusion. El Fusion tiene el mismo problema de movimiento pero los materiales que están en contacto absorben la energía del impacto y no es perceptible el ruido que generan.

2.- El movimiento generado por la vibración del motor no fue considerado en el diseño de la fascia.

D5/D6.- La solución permanente debe atacar la o las causas raíces. Debe probarse antes de implementarse de manera que minimice la más posible el problema, en caso de que la solución no resuelva de manera aceptable el defecto deben desarrollarse nuevas medidas hasta que se logre.

Solución permanente.- El desenlace consistió en agregar costillas de contacto entre el absorbedor de energía y la fascia las cuales absorben la vibración y evitaban el ruidoso golpeteo.

D7.- La prevención de recurrencia se ataca en el momento que la documentación de las ocho disciplinas se traslada a lugares donde pueda presentarse el mismo error, además de que puede ayudar a solucionar problemas más rápido identificando causas raíces similares. como posibles acciones preventivas, tenemos: el cambio en políticas, estándares, procedimientos de verificación o desarrollar un Análisis de Modo y Efecto de la Falla.

En nuestro caso, se agregó una regla de diseño en la que en la medida de lo posible se agreguen costillas de contacto en los componentes y que puedan ser modificables al momento para mejorar diferentes condiciones en el ensamble.

D8.- Como paso final de la metodología se reconocen los esfuerzos y las aportaciones de los miembros del equipo, además se da por cerrado el caso oficialmente y se hace una reflexión de los resultados para poder aplicarlos en otras áreas susceptibles a las mismas condiciones.

El lanzamiento del Lincoln MKZ sirvió y sigue sirviendo como referencia para nuevos programas.

Ya que se han solucionado todos los problemas, el vehículo sale listo para producción y empezar a rodar por todos los mercados para los que fue pensado.



Figura 4.16: MKZ 2017, ensamblado en la planta de Hermosillo, Sonora

Conclusiones

El diseño de productos novedosos incluye una cantidad considerable de personas dedicadas a múltiples áreas de especialidad por lo que las habilidades de negociación y comunicación son primordiales para generar soluciones que cumplan con las expectativas de cada grupo de trabajo.

Como Ingeniero de Diseño, tengo la responsabilidad de minimizar los riesgos potenciales y mejorar la calidad de los productos por lo que un punto valioso de mi experiencia profesional ha sido el criterio que he forjado para tomar decisiones de manera objetiva, valorando los diferentes escenarios, causas y consecuencias de las mismas.

Los conocimientos que sigo desarrollando me permiten explorar en productos, técnicas y servicios vanguardistas que generan nuevas ideas para dar solución a problemáticas que facilitarán la vida de los diferentes sectores de la sociedad en que estamos inmersos y ayuden a disminuir la huella ecológica de la que todos somos factor determinante.

En el desarrollo de estos productos he podido aplicar y aumentar mi conocimiento en conceptos adquiridos durante mi carrera académica, abarcando áreas como:

- Materiales
- Manufactura
- Dibujo
- Diseño
- Solución de problemas

Si bien todos los conocimientos de la carrera han ayudado para lograr un buen desempeño en mi puesto de trabajo, puedo decir que la selección de asignaturas orientadas en el diseño de productos en el bloque final ayudaron a que la transición académica-laboral fuera más suave.

El fin de la Facultad de Ingeniería es formar profesionistas aptos para los problemas reales de la sociedad, lo que a mi parecer ayudaría a formar el carácter necesario es utilizar casos de estudio prácticos desde los primeros semestres, a manera de ampliar el conocimiento de las áreas de aplicación de la ingeniería y dar experiencia a los alumnos. La curiosidad incentivada en estos primeros proyectos resultará en la selección objetiva de asignaturas más avanzadas, ayudando así a definir una carrera profesional con fundamentos fuertes para el campo de acción del ingeniero.

Bibliografía

- [1] Ulrich, Karl T. and Eppinger, Steven D., *Diseño y desarrollo de productos*. Cuarta Edición, McGraw Hill, 2009.
- [2] Sánchez Valdés and Yáñez Flores and Rodríguez Fernández, *Moldeo por inyección de termoplásticos*. Primera Edición, Limusa, México, 2005.
- [3] Ford Motor Company
<http://corporate.ford.com/company/history.html>
Citado en Septiembre del 2016.
- [4] Ford Motor Company
<http://www.ford.com>
Citado en Septiembre del 2016.
- [5] Ford de México
<http://www.ford.mx>
Citado en Septiembre del 2016.
- [6] Insurance Institute for Highway Safety
<http://www.iihs.org/>
Citado en Octubre del 2016.
- [7] Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho
<http://www.icipc.org/site/es/>
Citado en Octubre del 2016.
- [8] Ticona, *Injection Molding Guide*. Ticona, Estados Unidos de América, 2006.
- [9] Ticona, *Designing with plastic: The fundamentals*. Ticona, Estados Unidos de América, 2006.
- [10] American Society of Mechanical Engineers, *ASME Y14.5 2009. Dimensioning and Tolerancing*