



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Análisis de prueba dinámica  
ante el impacto contra un  
reductor de velocidad**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

Jair Alejandro Aduna Fonseca

**ASESOR(A) DE INFORME**

Billy Arturo Flores Medero Navarro



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018**

OBJETIVO: El objetivo de este trabajo es, analizar e implementar una propuesta que funcione para la prueba dinámica en el caso que un vehículo se impacta repentinamente contra un reductor de velocidad.

Para lograr este objetivo, es necesario cumplir con las siguientes metas:

- Realizar una revisión del estado del arte dentro de la empresa, referente a las pruebas dinámicas ante el impacto de repentino de vehículos contra un reductor de velocidad.
- Investigar los pesos vehiculares y anchos de vía de vehículos en todos los segmentos dentro de la compañía con la finalidad de simplificar el proyecto y obtener las fronteras de diseño.
- Búsqueda y selección de la ubicación dentro de empresa para la construcción física de la propuesta.
- Seleccionar los materiales para la construcción de la propuesta y definir método de solución para la prueba dinámica.
- Construir y analizar la solución propuesta a fin de comprobar la funcionalidad.

### JUSTIFICACIÓN:

En el mercado automotriz de vehículos de pasajeros, camionetas deportivas y utilitarias (*SUV* y *CUV* por siglas en inglés), se emplean cubiertas plásticas decorativas “tapones”, a fin de brindar una mejor apariencia para el usuario.

Por otro lado, actualmente se tiene una tendencia a contar con paredes laterales de llanta más delgada a fin de dar mayor exposición a los rines; es por ello que se requiere de analizar e implementar de una prueba dinámica que asegure a los usuarios movilidad y retención de las cubiertas plásticas en caso de un impacto repentino contra un reductor de velocidad.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Actualmente Ford de México no cuenta con alguna prueba dinámica, que permita analizar a los ingenieros de liberación y diseño, el impacto repentino de los diferentes vehículos contra un reductor de velocidad.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A mi madre, por ser el más bello ser humano, gracias por darme la vida, por amarme tanto y por formarme como un excelente ser humano. Este trabajo es dedicado a ti.

A mi padre, por su gran amor, apoyo y preocupación, ya que sin ti no podría haber llegado hasta este momento.

A mi hermano, mi mejor amigo y en muchas ocasiones fungiste como un padre. Gracias por ser siempre mi ejemplo y el gran apoyo que siempre me motiva a valorar y caminar por el sendero de la vida.

A Gabriela Martínez, por ser mi compañera de vida, por siempre motivarme para lograr mis metas a tu lado y por hacer feliz cada día.

A Alan González, por tu gran amistad y apoyo incondicional. Gracias por ser siempre como un hermano.

A Carlos Pineda, por ser un excelente ser humano y motivarme a terminar mi licenciatura, gracias por tu ayuda en la redacción de este trabajo, pero sobre todo gracias por enseñarme a ser mejor persona cada día.

A mis sinodales, por siempre estar ahí y ofrecerme su ayuda incondicional para preparar y terminar este trabajo.

A Ford Motor Company, por permitirme realizar este trabajo dentro de sus instalaciones y por permitirme laborar dentro de sus instalaciones por más de cinco años y con ello continuar mi formación profesional.

## **RESUMEN:**

Actualmente Ford de México no cuenta con alguna prueba dinámica que permita analizar a los ingenieros de liberación y diseño, el impacto repentino de los diferentes vehículos contra un reductor de velocidad. por ello.

El propósito de este trabajo es implementar una propuesta que funcione para la prueba dinámica. Para llevar a cabo la propuesta, fueron necesarias:

- La selección de una ubicación dentro de las instalaciones de la pista de pruebas de Ford de México.
- Definir los materiales y dimensiones necesarios para los componentes de la propuesta.
- Garantizar la ergonomía y seguridad de los operarios de la planta.
- Definir una cimentación metálica embebida en concreto, como la opción más viable en el proyecto.

El resultado principal fue la incorporación dentro de las instalaciones de Ford Motor Company en México una propuesta funcional para la prueba dinámica en el caso que un vehículo se impacta repentinamente contra un reductor de velocidad también conocida como *Driving Over The Curb*<sup>9</sup>

La implementación de esta prueba dinámica, ayudó a la visión de crecimiento competitivo, eficiente y a bajo costo; de Ford de México. así como el incremento de las capacidades de los laboratorios de prueba del área de rines y llantas.

## **ÍNDICE:**

1. Descripción de Ford Motor Company.....	7
1.1 Breve Historia de Ford Motor Company S.A. en México.....	8-10
1.2 Presencia actual de Ford Motor Company S.A. en México.....	10-11
2. Descripción del Puesto.....	12-15
3. Antecedentes.....	16-18
4. Definición del Problema.....	19
5. Metodología Utilizada.....	20-21
5.1 Selección de la Ubicación.....	21-23
5.2 Ergonomía, Seguridad.....	23
5.3 Dimensiones y Peso máximo vehicular.....	24
5.4 Materiales y Diseño de Reductores de Velocidad.....	24-25
5.5 Cimentación y Anclaje.....	25-29
5.6 Alineación de Reductores de velocidad.....	29-30
6. Resultados.....	31
7. Conclusiones.....	32
8. Bibliografía.....	33

## 1. Descripción de Ford Motor Company.

**OBJETIVO:** En Ford, para mejorar nuestros autos, vamos más allá: Hacemos a nuestros empleados más felices y un hacemos mejor el planeta para estar.

**MISION:** Nuestro trabajo no se detiene con nuestros productos y nuestra línea de fondo, una parte integral del ADN del equipo de Ford es "personas al servicio de las personas"; es por ello, que nuestra promesa global se llama "Ir más Lejos" (*Go Further* por sus siglas en inglés).

**VISIÓN:** La visión de Ford Motor Company a nivel global es: "Personas que trabajan juntas como una empresa global que se apoya para mejorar la vida de las personas a través del liderazgo automotriz y de movilidad".

Estamos ayudando a resolver los desafíos globales relacionados con el desarrollo económico, la seguridad energética y la sostenibilidad ambiental.

En 2013, por ejemplo, Ford redujo en todo el mundo la cantidad de agua utilizada para producir cada vehículo en un 30 por ciento en comparación con una línea de base de 2009, alcanzando su objetivo dos años antes de lo previsto.

Dentro de nuestro informe de Sustentabilidad, nuestro Plan para la movilidad prevé el futuro del transporte, en el cual los vehículos se comunican entre sí y con el mundo que los rodea para hacer que la conducción sea más segura, más fácil y más eficiente.

Nuestro Plan para la sostenibilidad va más allá de la economía de combustible mejorada y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> para definir la sostenibilidad como un modelo comercial que crea valor al preservar y mejorar el capital ambiental, social y financiero.

La fortaleza de negocio radica en excelentes vehículos para los conductores en todas partes; por su parte los pilares para llevar a cabo la visión de Ford Motor Company son:

A. **Calidad.** 

Mejorar la calidad es una prioridad diaria en Ford. Desde el diseño y la fabricación hasta las ventas y el servicio, Ford siempre busca aumentar la satisfacción del cliente.

B. **Seguridad.** 

Tenemos un compromiso continuo para desarrollar e implementar innovaciones que hagan que nuestros vehículos sean más seguros para nuestros clientes y sus familias.

C. **Ambiente.** 

La estrategia de sostenibilidad de Ford va más allá de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Desde el uso del agua hasta los derechos de los trabajadores, hemos convertido la sostenibilidad en una parte integral de nuestro negocio.

D. **Inteligencia.** 

La innovación es el núcleo de nuestra empresa. Ford es pionera en el uso extensivo de aluminio de alta resistencia en un vehículo de mercado masivo, así como ser parte desde 2014 de la conferencia de desarrolladores de la industria automotriz para la conectividad en el automóvil.

### 1.1 Breve Historia de Ford Motor Company S.A. en México:

El 23 de junio de 1925 se crea Ford Motor Company S.A. en la Ciudad de México, convirtiéndose en la primera automotriz en el país. En ese momento, Edsel Ford fue designado presidente del Consejo de Administración y el ingeniero Adrián Lajous, vicepresidente y director gerente. La firma arrancó con una oficina en Bucareli y una planta de montaje y acabado, con capacidad para producir 25 unidades diarias, en Balbuena y prolongación Candelaria, ambas en la Ciudad de México.

En 1932 Ford es establecido en México como la primera compañía automotriz en el país y se inició la construcción de la planta de la Villa, la primera de Ford en México, diseñada por el arquitecto estadounidense, Albert Kahan.

Posteriormente en 1950, la firma continuó con su crecimiento con el establecimiento de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Ford, y en esa década produjeron 59 mil automóviles y 68 mil camiones. Es por ello que para el 20 de junio de 1962 se establecen las oficinas centrales en un edificio ubicado en Paseo de la Reforma.

El Estado de México donó en comodato los terrenos en Cuautitlán para construir una nueva planta de FORD, destinada en un inicio a la producción de motores y en 1963 se comenzó la construcción de la planta de estampado y ensamble de Cuautitlán con un terreno de 1,055,133 m<sup>2</sup>.

Durante 1966 se establece el comité de materias cívicas con el propósito de apoyar a la educación, el ambiente y programas de salud.

Es hasta 1970 que se traslada la producción de la Planta de La Villa a Cuautitlán y es por ello que para el periodo de 1980 a 1983 la planta de Cuautitlán comienza a tener participación en el ensamble de autos para el mercado local.

Debido a la necesidad de una planta de fabricación de motores, en noviembre de 1983 la planta de Chihuahua es inaugurada y tres años después la firma invirtió 6,500 millones de pesos para construir una planta de ensamble en Hermosillo, Sonora, con capacidad de 130 mil unidades al año. Es por ello que es en 1986 cuando se inaugura la planta de estampado y ensamble de Hermosillo, que en aquella época fue considerada como una de las plantas más modernas de la época.

A principios de 1990 se inicia la re-comercialización de productos Lincoln en México. Al año siguiente, en julio de 1991, la planta de Chihuahua suspendió sus operaciones para iniciar su expansión y transformación técnica, la cual concluyó en 1993. Al año siguiente salió el primer embarque de automóviles Contour y Mystique producidos por Ford en el país, con destino a Estados Unidos y Canadá. En este mismo año Ford de México amplía la capacidad de producción de la planta de Hermosillo a 168 mil vehículos por año.

A mediados de la década de los 90's se inicia el programa de exportación de camiones ligeros, producidos en Cuautitlán. Y es para 2002 que La Villa trasladó su producción a diferentes plantas, cerrando sus puertas después de 70 años como planta de ensamble y almacén de partes.

Para 2003 las oficinas centrales se trasladaron a Santa Fé en la ciudad de México y entre el 2005 y el 2010 Ford invirtió en el país más de 5,000 millones de dólares para la transformación de sus plantas en el país y es así como se reinauguró la planta de Cuautitlán para producir el nuevo Ford Fiesta año modelo 2011, vehículo que actualmente continua en producción.

## 1.2 Presencia actual de Ford Motor Company S.A en México:

Para ejemplificar la presencia de Ford Motor Company en México, realicé una tabla en donde se muestran las ubicaciones por estado del tipo de planta y producto desarrollado en el territorio nacional.

ESTADO	UBICACIÓN	TIPO	PRODUCTO
MEXICO	Cuautitlán Izcalli	Planta de Estampado y ensamble	Ford Fiesta y version ST.
	Santa Fé	Oficinas	Oficinas Centrales en México
SONORA	Hermosillo	Planta de Estampado y ensamble	Ford Fusión y Lincoln MKZ, así como sus versiones híbridas.
CHIHUAHUA	Chihuahua	Planta de Motores	Motores y fundición
GUANAJUATO	Irapuato	Planta de Transmisiones	Transmisiones

*Tabla 1.- Presencia de Ford en México. Elaboración Propia.*

Del mismo modo se presenta en la *Figura 1*, la imagen ilustrativa de la presencia de Ford en México, mediante un mapa territorial elaborado en 2017 por Gabriel López, Ex Presidente y Director General de Ford en México.



*Figura 1. Imagen Ilustrativa de la Presencia de Ford en México en 2017. Fuente:*

<https://lideresmexicanos.com/entrevistas/gabriel-lopez-presidente-y-director-general-de-ford-mexico-2/>

## 2. Descripción del puesto de trabajo.

Ford es una compañía global y, por lo tanto, el desarrollo de productos también se ha convertido en global. Es por ello que el departamento de desarrollo del producto (PD) tiene una gran presencia en Asia Pacífico, Europa, América del Norte, México y América del Sur. Estos centros trabajan juntos como un equipo para producir vehículos regionales y globales.

Debido a esta presencia cada vez más fuerte de Desarrollo del Producto Mexicano a nivel mundial, comencé mis actividades dentro de Ford como practicante en enero del 2013, desempeñando el puesto de ingeniero del producto en reducción de costos (*VCAT Vehicle Cost Attack Team* por sus siglas en inglés), para el área de chasis<sup>1</sup>, con la finalidad de implementar ideas de reducción de costos en los vehículos fabricados por Ford en el país: Fiesta, Fusión y MKZ manufacturados en las plantas de estampado y ensamble de Cuautitlán Izcalli y Hermosillo Sonora, respectivamente.

Oficialmente fui contratado como empleado Ford en octubre del 2013, a fin de desempeñar una posición que no existía en México dentro de la organización de chasis; me refiero a Ingeniero de diseño y liberación de rines y llantas, posición en la que me desempeño actualmente.

El puesto que desempeño en Ford tiene como principal objetivo, el diseño y liberación de los siguientes componentes: rines, llantas, gatos, ensambles de rin y llanta, ornamentos “tapones”, tuercas de sujeción para rines; así como etiquetas y asistencias a la movilidad (*WTJO Wheels, Tires, Jack and Ornaments* por sus siglas en inglés).

En la *Figura 2*, podemos observar que, dentro de la organización de Ford en América, pertenezco a Ford de México dentro del departamento de Desarrollo del producto; expresamente al área de chasis, en el subsistema de rines y llantas (*W&T Wheel and Tire* por sus siglas en inglés).

---

<sup>1</sup> Como referencia, dentro de Ford el área de chasis se compone por los sistemas de bastidores, calidad, dirección, frenos, gestión de programas, suspensión y rines y llantas.

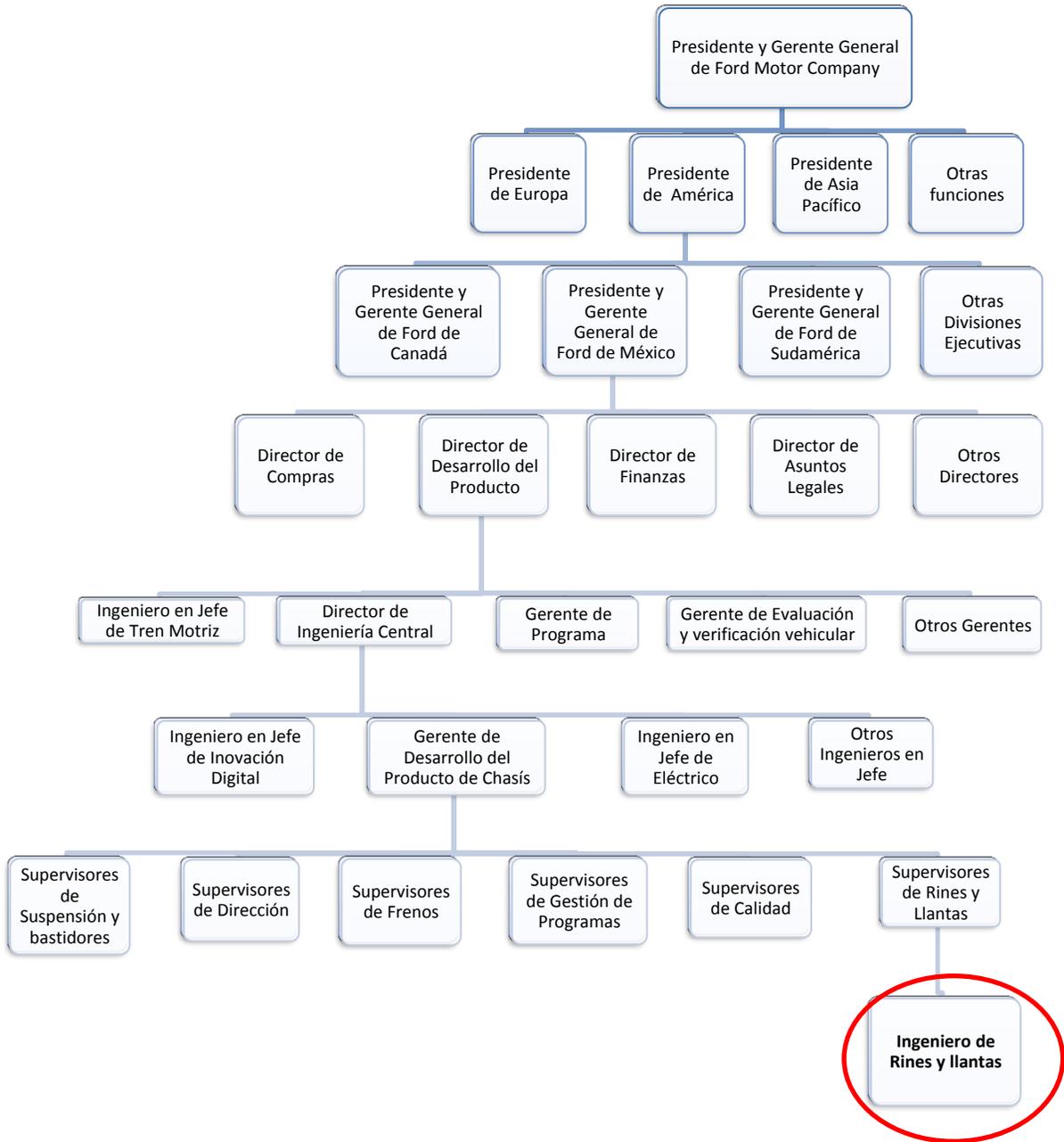


Figura 2. Organigrama. Elaboración propia.

Las actividades desarrolladas en este puesto se pueden dividir en dos etapas:

- I. **Actividades previas a la construcción en masa de un vehículo;** estas actividades comprenden entre dos y cuatro años previos al lanzamiento del vehículo en el mercado y depende directamente de la complejidad del proyecto.

Durante esta etapa las actividades que realicé fueron:

- Evaluación del criterio de ingeniería, para definir las especificaciones de diseño y selección de material(es) adecuados con los que deben de cumplir cada componente<sup>2</sup>.
- Garantizar el empaquetamiento virtual de los componentes<sup>2</sup> a cargo; esto con la finalidad de evitar cualquier interferencia y problemas de ensamble y funcionalidad durante la construcción en masa, de todos los componentes y subsistemas adyacentes como son: subsistema de frenos, suspensión y dirección del vehículo, etc.
- Estimación de costos de producción para cada componente<sup>2</sup> basado en los requerimientos para cada vehículo. Así como la estimación en costos de herramental tanto para prototipos como para producción en masa.
- Selección de proveedores en conjunto con el equipo multidisciplinario<sup>3</sup>; a fin de obtener el mejor caso de negocio para el desarrollo en cuestión.
- Definir y revisar las pruebas necesarias en cada componente a fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones de diseño.

---

<sup>2</sup> Componente(s) del subsistema: rin, llanta, ensamble(s) de rin, llanta y válvula de presión de inflado, gato, llave de tuercas, rin y llanta de refacción, compresor-sellador o *TMK (Tire Mobility Kit)*.

<sup>3</sup> El equipo multidisciplinario para selección de proveedores, se compone del personal del departamento de compras, finanzas, gestión y asistencia técnica a proveedores, ingeniería del producto, diseño, manufactura e ingeniería asistidos por computadora, entre otros.

- Atender a las diferentes propuestas y cambios de ingeniería solicitados por el equipo global a lo largo del desarrollo y etapas previas al lanzamiento del vehículo en masa, esto con la finalidad de tener el menor impacto durante el proceso de validación e implementación.
- Codificar correctamente los catálogos a manera de estructurar los distintos componentes de acuerdo a los mercados y necesidades de cada región.

II. **Actividades durante y después de la construcción en masa del vehículo;** estas actividades comprenden desde el inicio de la producción masiva (*MP massive production* por sus siglas en ingles) y hasta el fin de ciclo de vida del vehículo<sup>4</sup>.

Durante esta etapa las actividades que realicé fueron:

- Seguimiento a los principales ofensores de calidad, quejas de cliente, garantías y problemas de calidad (particularmente para Ford Fusión años modelo 2017-2018 para cada componente<sup>2</sup>, así como en caso de pinchadura de neumático).
- La generación de propuestas, proyectos de innovación y acciones de mejora continua con los proveedores de los diferentes componentes<sup>2</sup> del área. Dentro de este periodo trabajé específicamente con proveedores de rines de aluminio globalmente, a fin de garantizar el abastecimiento y evitar paros de línea como consecuencia de problemas de calidad. Esto enfocado en las líneas de producción de Hermosillo y Cuautitlán, respectivamente.
- Implementación de pruebas de laboratorio, en la planta de ensamble y estampado de Ford Cuautitlán, a fin de contar con las instalaciones y métodos de prueba necesarios para reducir el costo de envío-recepción de partes, mano de obra, tiempo de respuesta y disponibilidad de los equipos.

---

<sup>4</sup> El ciclo de vida del vehículo culmina ya sea por termino de producción, reemplazo o actualización del vehículo.

### 3. Antecedentes.

Hasta 2011 Ford de México solo contaba con ingenieros de *LOPD*<sup>5</sup> (*Local Ongoing Product Development* por sus siglas en inglés) para el departamento de rines y llantas. Sin tener una definición exacta de los roles y responsabilidades de un ingeniero de diseño y liberación de componentes<sup>2</sup> vehiculares.

Dado que la demanda global de productos<sup>6</sup>, requería de centros de desarrollo e innovación tecnológica a bajo costo, se hizo necesario la descentralización y reorganización de actividades a fin de mejorar la competitividad, eficiencia y bajo costo para el desarrollo y creación de nuevos productos.

México fue elegido por el comité global de directores de Ford en 2012, como una de las sedes para este efecto, con ello el crecimiento y expansión en el país, dieron pauta, a que dentro el departamento de Desarrollo del Producto se comenzara un proceso de aprendizaje “sobre la marcha” para entregar y desarrollar completamente la plataforma Expedition y Navigator año modelo 2015.

Así, al área de chasis en México, se le asignó por primera vez la responsabilidad de una plataforma<sup>7</sup> completa, con el objetivo de ganar experiencia en el proceso de diseño, liberación, pruebas, validación y lanzamiento en plataformas globales, a fin de dejar las responsabilidades en México y continuar con el proceso de madurez de habilidad técnica para entregar productos globales.

---

<sup>5</sup> *Local Ongoing Product Development* se refiere al equipo de desarrollo del producto especializado y enfocado a cambios menores sobre los componentes vehiculares de producción actual.

<sup>6</sup> El término productos en este contexto se emplea para definir los distintos “vehículos”.

<sup>7</sup> Plataforma, Dícese de los componentes que conforman un vehículo por segmento. Et al B, C, C-D, D, E, P, U y V.

Es con ello, que en 2013 surgen dentro del área de chasis diferentes subsistemas; como es el caso de rines y llantas. Este subsistema se fundó con la necesidad de proporcionar el conocimiento y experiencia necesarios, trayendo de las oficinas centrales de Ford en Dearborn<sup>8</sup>, a un supervisor para el área de rines y llantas que dio lugar a la posición de Ingeniero de diseño y liberación de rines y llantas.

Primeramente, mi labor en esta área fue brindar soporte en los componentes de rines y gato para Expedition exclusivamente, y se contrató a un segundo ingeniero de rines y llantas para realizar las tareas de Navigator. Al culminarse el proyecto y debido al éxito de entrega de resultados en tiempo y forma, los gerentes de desarrollo del producto, decidieron enviar la segunda plataforma a México, el Fusión modelo 2017.

Es entonces que para principios de 2014 fui transferido a la plataforma de Fusión para desarrollar todos los rines y asistencias a la movilidad para el mercado de América y China.

En este tiempo el Fusión era uno de los vehículos de mayor volumen y complejidad de producción para la compañía. El cual me permitió trabajar conjuntamente con equipos multidisciplinarios para satisfacer las necesidades de mercado y producción en tres diferentes plantas (Planta de ensamble de Hermosillo Sonora ubicada en México, Flat Rock Michigan en Estados Unidos de Norteamérica, así como Chongqing en China).

Finalmente, y debido al cambio en la estrategia global de la compañía, se terminó construyendo el vehículo Fusión en dos plantas únicamente (Hermosillo y Chongqing respectivamente).

---

<sup>8</sup> Oficinas centrales de Ford ubicadas en Dearborn Michigan, Estados Unidos de Norteamérica.

Uno de los cambios en la estrategia global para 2015, fue la renovación del catálogo de vehículos, y este hecho es, lo que contribuyó a un crecimiento de personal para el subsistema de rines y llantas.

Este crecimiento debía ser competitivo, eficiente y a bajo costo; por ello una de las principales tareas era la realización de pruebas en los componentes de manera local.

Lo cual desató la necesidad de adecuar los laboratorios existentes dentro de la planta de Cuautitlán Izcalli para el subsistema de rines, llantas y ornamentos.

Una de las pruebas que implementé fue la prueba dinámica en el caso en que un vehículo se impacta repentinamente contra un reductor de velocidad.

#### 4. Definición del Problema.

Anteriormente Ford de México requería del apoyo de otros centros de diseño para realizar la prueba dinámica conocida como *Driving Over The Curb*<sup>9</sup>; ya que únicamente se podía realizar la prueba en los centros de diseño ubicados en Michigan Estados Unidos de Norteamérica, así como Merkenich en Alemania.

Esta evaluación dinámica, nació como parte de un conjunto de pruebas que pretende evaluar el efecto de las maniobras de conducción severas en un automóvil de pasajeros, vehículos policiales, pequeños vehículos utilitarios deportivos y camionetas de carga.

Así mismo, permite al ingeniero de diseño y liberación, analizar y evaluar el impacto repentino de los diferentes vehículos contra un reductor de velocidad y examinar el efecto sobre los subsistemas de suspensión, dirección; así como el comportamiento de los distintos componentes de la carrocería que son afectados cuando se someten a un vehículo contra carga de choque experimentada al golpear un reductor de velocidad.

En el área de rines y llantas, esta prueba surge como una necesidad para poder analizar y validar que el contenido actual de los vehículos cumple con la vida útil proyectada. Específicamente, se realiza una verificación de las cubiertas plásticas decorativas conocidas como “tapones”, a fin de comprobar los sistemas de retención y evitar la pérdida de este componente.

Por otro lado, se verifica el comportamiento de los neumáticos en condiciones de impacto, ya que actualmente se tiene una tendencia a contar con neumáticos de paredes laterales cada vez menores y es de vital importancia garantizar la movilidad del usuario en caso de un impacto repentino contra un reductor de velocidad.

---

<sup>9</sup> El término en inglés “Driving Over The Curb” se emplea para la prueba dinámica de impacto ante un reductor de velocidad

## 5. Metodología utilizada.

Las actividades que se describen en el presente trabajo son las que realizó orientadas a la implementación de la prueba dinámica conocida como *Driving Over The Curb*<sup>9</sup> dentro de la planta de ensamble y estampado de Cuautitlán Izcalli.

Para poder definir los métodos y técnicas que utilicé para poder incorporar e Implementar la prueba dinámica en vehículos ante el impacto contra un reductor de velocidad, es necesario definir algunas características de la prueba.

*Driving Over The Curb*<sup>9</sup> para el área de rines y llantas consiste en simular múltiples impactos producidos por la distracción de un usuario ante impacto repentino contra un reductor de velocidad a una velocidad constante.

El vehículo debe aproximarse e impactarse con ambas ruedas simultáneamente en cada eje y el impacto debe de comenzar con el eje delantero y seguir de largo, hasta que los neumáticos del eje trasero dejen de estar en contacto con el reductor de velocidad, véase la figura 3.

Se tienen establecidos por parte de la empresa, los parámetros de velocidad de aproximación al reductor de velocidad; así como los diferentes criterios de selección de reductores de velocidad de acuerdo con el segmento vehicular en cuestión para estar dentro de los rangos de criterio de prueba.



Figura 3. Imagen Ilustrativa de Driving Over Curb. Fuente: <https://www.yourmechanic.com/article/how-to-troubleshoot-a-car-that-makes-clunking-noises-over-bumps-by-marvin-sunderland>

### **5.1 Selección de la Ubicación:**

La principal tarea para ejecutar la implementación y mejora de la prueba dinámica ante el impacto repentino de un reductor de velocidad, fue investigar definir las características necesarias para seleccionar la mejor ubicación dentro de las instalaciones de la pista de pruebas.

Las características enlistadas son:

- Contar con una superficie que no presente irregularidades.
- Distancia suficiente para poder alcanzar la velocidad crucero necesaria para llevar a cabo la prueba.
- Distancia suficiente para frenar el vehículo después de realizar la prueba.
- Realizar la menor afectación a las instalaciones existentes y utilizar la mejor distribución de la pista de pruebas.

- Seleccionar un área que permita maniobrar el vehículo en caso de presentar alguna falla posterior al impacto.

Una vez tomando lo anterior, decidí utilizar la zona de frenado véase *Figura 4*, ya que esta zona cuenta con pavimento libre de irregularidades, además de contar con las siguientes dimensiones: una longitud de más de 150m, un ancho de 15m.



*Figura 4. Ubicación de la Prueba Dinámica dentro de las instalaciones de CSAP. Elaboración propia.*

Una vez establecida la ubicación dentro de las instalaciones, procedí a delimitar el área de trabajo máxima que se muestra en la *Figura 5*. El área fue limitada, a fin de no interferir con las pruebas de frenado que se llevan a cabo en la pista de pruebas.

## Definición de área de trabajo



*Figura 5. Definición del área de trabajo dentro de las instalaciones de CSAP. Elaboración propia.*

### **5.2 Ergonomía, Seguridad:**

Como segundo punto en el desarrollo de este trabajo, tomé en cuenta la ergonomía y seguridad para los operarios que se encargan de trasladar, instalar y desinstalar los diferentes reductores de velocidad utilizados en la prueba dinámica.

En cuanto al peso máximo por reductor de velocidad, tomé en cuenta la NOM-006-STPS-2014<sup>10</sup>, que especifica el peso máximo permitido por operarios para levantar material dentro de las plantas de estampado y ensamble, en el caso de los hombres, el peso máximo a cargar y trasladar sin equipo especial debe ser menor a 25Kg.

Una vez tomando en cuenta el peso máximo de cada reductor de velocidad, procedí a tomar en cuenta la ergonomía y dimensiones para asegurar el traslado los reductores de velocidad, ocupando los vehículos de pasajeros y de carga que se encuentran dentro de la compañía; evitando de esta manera la necesidad de requerir maquinaria especializada, como es el caso de los montacargas.

### **5.3 Dimensiones y Peso Máximo vehicular**

---

<sup>10</sup> NORMA Oficial Mexicana NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales-Condicion de seguridad y salud en el trabajo.

Para definir el largo máximo de los reductores de velocidad, así como el peso máximo vehicular, realicé una investigación de los pesos y anchos de vía vehiculares existentes dentro de la compañía y de esta manera identifiqué el largo máximo<sup>11</sup> necesario en Ford, que es de 2.4m sin tomar en cuenta la cimentación. Así como un peso máximo vehicular de 8.845Kg.

En cuanto al ancho de cada tope, se tomó como base no superar los 50cm. Como se mencionó anteriormente, la altura de los reductores de velocidad depende del tipo de segmento vehicular a probar y puede variar entre 90-140mm.

Tomando en cuenta el peso máximo por reductor, largo máximo y el peso máximo vehicular que debe de soportar cada reductor de velocidad, procedí a identificar los materiales factibles para la fabricación de los reductores de velocidad y cimentación.

#### **5.4 Materiales y diseño de reductores de velocidad:**

Tradicionalmente en los centros de ingeniería de diseño ubicados en Michigan Estados Unidos de Norteamérica, así como Merkenich en Alemania, los reductores de velocidad para la prueba de *Driving Over The Curb*<sup>9</sup> se manufacturan con Perfil Tubular Rectangular de acero mejor conocido como P.T.R.

Para el caso de los reductores de velocidad, decidí continuar con las mismas recomendaciones de material y definí Perfil Tubular Rectangular como el principal material para los reductores de velocidad en diferentes configuraciones, con un espesor de 4.6mm.

A diferencia de los centros de ingeniería de diseño de Michigan y Merkenich, opté por dividir los reductores de velocidad en 2 partes, Lo anterior con la finalidad de garantizar un peso menor a 25Kg; así como para poder trasladar los reductores de velocidad de una manera más sencilla. Véase *Figura 6*.

---

<sup>11</sup> También conocido como ancho de vía

Otro punto importante que consideré en el diseño de los reductores de velocidad, fue la fijación al concreto, y por tal motivo, dispuse de una configuración compuesta por 6 barrenos y 6 tornillos en cada reductor de velocidad.

## Diseño de Reductores de Velocidad

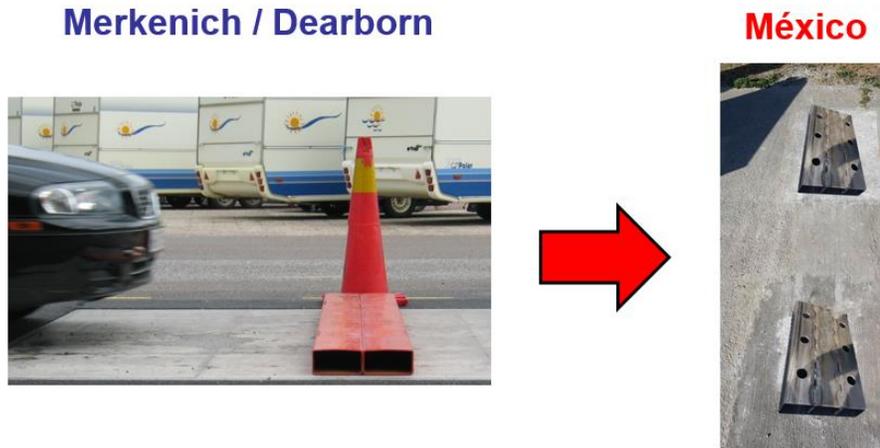


Figura 6. Comparación de diseño de reductores de velocidad. Elaboración propia.

### **5.5 Cimentación y Anclaje:**

Evalué dos opciones de fijación para los reductores de velocidad, con la finalidad de definir la opción más viable en el proyecto.

**Opción 1:** Barrenado de concreto y uso de taquetes expansivos.

En cuanto a las ventajas que ofrece esta opción se encuentra: facilidad de instalación, no se requiere del diseño de una cimentación, tiene un menor costo de instalación por parte del contratista; el tiempo de implementación es prácticamente inmediato.

El proceso a seguir para implementar esta opción es:

1. Barrenar sobre el concreto con la disposición prevista.
2. Limpiar los barrenos, eliminando el material excedente.
3. Colocar los taquetes dentro de los barrenos realizados e introducir los tornillos para expandir el anclaje y sujetarlo al concreto.



Figura 7. Taquete para concreto Hilti. Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-560049572-taquete-hilti-hdi-12unc-y-generico-para-concreto-erebenga- JM>

Desventajas: poca estabilidad dimensional, riesgo de ruptura en taquetes, así como ruptura del concreto por impactos continuos; problemas de alineación y holgura entre tornillos de sujeción y reductores de velocidad.

**Opción 2:** Desarrollo de una cimentación mediante una estructura metálica embebida en concreto.

En cuanto a las ventajas que ofrece esta opción se encuentra: mayor resistencia al impacto, mayor estabilidad dimensional, evita fallas de sujeción en los taquetes y ruptura de concreto.

Desventajas: mayor costo, requiere de elaborar un diseño, mayor costo y tiempo de implementación.

# Cimentación

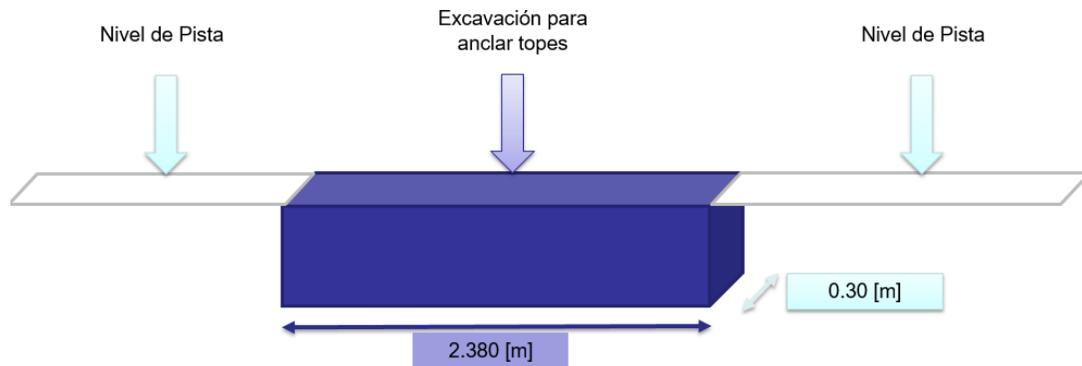


Figura 8. Opción 2 Dimensiones de la excavación. Elaboración propia,

Debido al peso máximo vehicular, así como la necesidad de contar con una propuesta que permita a los ingenieros de desarrollo del producto verificar diferentes condiciones y componentes con la prueba dinámica de impacto contra un reductor de velocidad, opté por implementar la Opción 2. Desarrollo de una cimentación mediante una estructura metálica embebida en concreto.

El proceso que seguí para implementar esta opción fue:

1. Revisar la altura máxima de concreto que tenemos dentro de la pista a fin de diseñar la cimentación.
2. Confirmar el tipo de concreto a utilizar para garantizar uniformidad de material una vez colocada la cimentación.
3. Diseñar la estructura metálica que sea resístete al impacto y que permita colocar los reductores de velocidad en las posiciones solicitadas dependiendo del ancho de vía vehicular.

4. Verificar el tipo de tornillos a utilizar para la fijación de los reductores de velocidad, así como para ser utilizados en el proceso de instalación de la cimentación.
5. Manufactura de la estructura metálica añadiendo acabado rugoso y mecanismos de anclaje o anti-rotación.
6. Realizar los cortes y demolición de concreto a las medidas establecidas.
7. Colocar la estructura metálica dentro de la excavación realizada véase Figura 8.
8. Verificar el armado realizado por el contratista. Véase Figura 9.
9. Embeber en concreto, tomando en cuenta el uso de un vibrador de concreto para garantizar que la mezcla de concreto penetre en toda la estructura.
10. Verificar la alineación y profundidad de la estructura a fin de garantizar la cimentación. Véase Figura 9.

# Cimentación en concreto

**Cimentación de contratista**



**Uso de Vibrador de concreto**



**Cimentación finalizada**



*Figura 9. Opción 2 Cimentación en concreto. Elaboración propia y fuente:*

[https://es.123rf.com/photo\\_36900354\\_un-trabajador-de-la-construcción-el-uso-de-un-vibrador-de-hormigón-en-una-obra-en-construcción-en-selaganor-ma.html](https://es.123rf.com/photo_36900354_un-trabajador-de-la-construcción-el-uso-de-un-vibrador-de-hormigón-en-una-obra-en-construcción-en-selaganor-ma.html)

## **5.6 Alineación de Reductores de Velocidad:**

Una vez finalizada la etapa de manufactura de los reductores de velocidad, así como del término de colocación del anclaje y fijación de la estructura a la cimentación; fue necesaria la puesta en marcha de una solución para poder alinear los reductores de velocidad.

Esto debido a que como se mencionó antes, decidí dividir el reductor de velocidad en 2 partes con la finalidad de garantizar ergonomía, traslado y fácil instalación en pista de pruebas y de esta manera hacer más factible la prueba dinámica.

Para alinear los reductores de velocidad, decidí utilizar material existente del almacén de pruebas que pudiera ayudar a conseguir una alineación de los topes longitudinalmente. Finalmente decidí ocupar perfil de aluminio cuadrado de 20mm, con un largo de 2.4m.

Es importante mencionar que realicé la elaboración de un procedimiento detallado para llevar a cabo la alineación de los reductores de velocidad contra el vehículo de prueba, esto con la finalidad de garantizar el criterio de impacto con ambas ruedas simultáneamente, véase la *Figura 10*.

#### DRIVING OVER CURB

Alineación de reductores de velocidad metálicos en pista de pruebas mediante perfil cuadrado de aluminio extruido



*Figura 10. Alineación de Topes y presentación de propuesta. Elaboración propia.*

## 6. Resultados.

El resultado principal fue la incorporación dentro de las instalaciones de Ford Motor Company en México una propuesta funcional para la prueba dinámica en el caso que un vehículo se impacta repentinamente contra un reductor de velocidad también conocida como *Driving Over The Curb*<sup>9</sup>.

Comencé por el estudio de los procedimientos de prueba actual para *Driving Over The Curb*<sup>9</sup>, a fin de identificar las condiciones y materiales necesarios para la implementación de la prueba en Ford de México.

Logré definir la ubicación y distribución necesaria para la funcional dentro de la pista de pruebas de Ford de México y definí el área máxima a utilizar dentro de la pista de pruebas a fin de tener claras las fronteras de diseño, logrando evitar afectaciones a las instalaciones y pruebas existentes, específicamente en el área de frenado.

Tomando en cuenta la ergonomía y seguridad de los operarios que colaboran en el traslado, instalación y desinstalación de los reductores de velocidad, logré la manufactura de los reductores de velocidad para las diferentes alturas necesarias, sin sobrepasar los 25Kg de peso.

Emplee como desarrollo de cimentación, una estructura metálica embebida en concreto, ya que este tipo de propuesta permite absorber la energía del impacto y trabajar de manera más favorable contra las cargas de impacto que pueden actuar a la compresión, tensión, flexión, torsión o en una combinación de éstas.

Finalmente, especifiqué el procedimiento y material necesarios para alinear los reductores de velocidad, actividad que debe desarrollarse de forma previa a la realización de la prueba dinámica.

## 7. Conclusiones.

Gracias a la formación obtenida en la Facultad de Ingeniería y a los conocimientos adquiridos dentro de Ford de México, logré satisfactoriamente el objetivo principal de este trabajo, analizando, implementando e incorporando la prueba dinámica en vehículos ante el impacto repentino de un reductor de velocidad.

La implementación de esta prueba dinámica ayudó a la continuación de visión de crecimiento competitivo y eficiente a bajo costo; incrementó las capacidades de los laboratorios de prueba del área de rines y llantas dentro de Ford de México. Ayudando así a los ingenieros de Desarrollo del Producto a ser independientes de los grandes centros de diseño y así presentarse como una opción global para realizar la prueba de *Driving Over The Curb*<sup>9</sup> de manera local.

Tomando en cuenta la versatilidad de la prueba de *Driving Over The Curb*<sup>9</sup>, con la propuesta realizada dentro de las instalaciones de Ford de México, diferentes áreas de desarrollo del Producto y Control de Calidad, pueden realizar análisis y verificaciones dinámicas de componentes como es el caso de suspensión, chasis, tren motriz, análisis de ruidos y rechinos, entre otros.

Finalmente, y continuando el camino de aprendizaje y desarrollo sobre la marcha, los ingenieros de desarrollo del producto ahora pueden analizar y validar componentes de vehículos actuales y futuros a fin de garantizar la vida útil proyectada en condiciones de impacto repentino contra un reductor de velocidad.

## 8. Bibliografía:

1. <http://corporate.ford.com/company.html>
2. <http://corporate.ford.com/company/operation-map.html>
3. <https://www.ford.mx/blog/>
4. <http://www.manufactura.mx/automotriz/2015/06/23/ford-nueve-decadas-de-presencia-en-mexico> (Historia de Ford en México)
5. <https://www.motorpasion.com.mx/ford/88-anos-de-ford-en-mexico> (Información sobre inversiones en México)
6. <http://upoemprende.upo.es/blog/2015/dic/14/que-es-la-escalabilidad-en-un-proyecto/>
7. <http://www.amia.com.mx/ubicacion.html>
8. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5359717&fecha=11/09/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5359717&fecha=11/09/2014) (NOM)
9. [https://parentesis.com/fordmx/noticias/Para\\_Ford\\_Mexico\\_es\\_mas\\_importante\\_de\\_lo\\_que\\_cre\\_es](https://parentesis.com/fordmx/noticias/Para_Ford_Mexico_es_mas_importante_de_lo_que_cre_es)
10. <https://lideresmexicanos.com/entrevistas/gabriel-lopez-presidente-y-director-general-de-ford-mexico-2/>
11. <https://mexicobusinessevents.com/automotive/live>