



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Validación eléctrica en General Motors de México**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

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

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

Carlos Pérez Velasco

**ASESOR(A) DE INFORME**

Dr. Adrián Espinosa Bautista



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

# Índice Temático

Índice

Introducción y Objetivo.

Capítulo 1: Historia de General Motors.

Capítulo 2: Ingeniero de validación, roles y responsabilidades.

Capítulo 3: Descripción de los componentes más comunes en la validación eléctrica.

Capítulo 4: Principales problemas en la validación eléctrica.

Capítulo 5: Pruebas críticas en componentes eléctricos automotrices.

Capítulo 6: Métodos empleados para la prevención de modos de falla

Capítulo 7: La validación a nivel global en GM.

Conclusiones

Bibliografía

Anexos

# Validación eléctrica en General Motors de México

## **Introducción:**

Diariamente la compañía General Motors gasta grandes cantidades de dinero para obtener los mejores productos que permitan garantizar el cumplimiento de las regulaciones gubernamentales como seguridad, durabilidad y desempeño. El proceso de desarrollo de un producto surge desde que se genera la necesidad del mismo hasta que se tiene un producto funcional, sin embargo antes de ser utilizado en campo por los clientes finales, debe pasar por un proceso de validaciones tanto físicas como virtuales.

La validación es el proceso de comprobar a través del análisis, demostraciones, inspecciones o pruebas que los requerimientos para un determinado producto se cumplen. Las tareas mencionadas anteriormente son realizadas por tres áreas: Calidad, CAE y validación.

-Calidad: Es el área encargada de supervisar y auditar junto con las demás áreas de validación los procesos de manufactura e instalaciones propias de la compañía como a proveedores. Para garantizar que cumplan con las normas de GM, la cuales están ligadas a las regulaciones gubernamentales.

-Validación: Es el área encargada de llevar a cabo planes de pruebas físicas para cada uno de los componentes y se subdivide en las siguientes categorías:

- a) Interiores: Valida materiales y acabados que se encuentran en la cabina de los pasajeros.
- b) Térmica: Valida componentes y sub-ensambles cuyo elementos de son los combustibles, refrigerantes y demás fluidos que utilizan en un vehículo.
- c) Eléctrica: Valida componentes y sub-ensambles cuyo principio de funcionamiento es la energía eléctrica.

-CAE: Esta área permite realizar la verificación del componente a nivel software, lo que permiten conocer el comportamiento de los componentes antes de fabricarlos. Algunas ocasiones permiten eliminar pruebas físicas si el grado de correlación entre la prueba física y el análisis de CAE es de más del 90%. Sin embargo algunas condiciones de la vida real no se pueden parametrizar a nivel de software, por lo cual la validación mediante pruebas físicas es tan importante.

## **Objetivos a cubrir en el informe:**

El objetivo de éste informe es documentar las labores y responsabilidades que desempeña un ingeniero de validación eléctrica en el área automotriz, así como los objetivos que persigue dentro de la empresa General Motors de México.

También se hablará brevemente del desarrollo de la empresa en México, así como de sus principales plantas, corporativo y centro de ingeniería regional.

Además de mostrar una visión general de los principales componentes eléctricos con los que trabaja y cuales son principales modos de falla que se presentan en los componentes eléctricos.

Aunado a todo lo anterior se hablará brevemente sobre el proceso de desarrollo de un plan de validación para evitar la recurrencia de modos de falla potenciales.

Y no menos importante se hará alusión a las principales normas que rigen a la industria automotriz en nuestro país y a las cuales cualquier compañía debe apearse para poder vender sus automóviles en México.

## La industria automotriz en México

La industria automotriz en México se ha disparado en los últimos años, diversas marcas como Nissan, Honda, Toyota, GM, KIA, Ford, Audi, Chrysler, Volkswagen y Mazda entre otros. Esto se debe muchos factores como el tratado de libre comercio exportar libre de impuestos a América del Norte, América del Sur, Europa y Japón. El Tratado de Libre Comercio (TLC) de América del Norte en 1994 estimuló una nueva ronda de inversión por parte de los principales fabricantes de automóviles. Ahora estaban instalando tecnología de última generación en México, a la par de sus plantas en EU, Canadá y otros países de Europa. Con su industria automotriz modificada para siempre por el TLC, México buscó agresivamente acuerdos comerciales con otros países de Europa, Asia y América del Sur, en agudo contraste con sus rivales latinoamericanos como Brasil y Argentina, que adoptaron políticas más restrictivas. El boom en la producción mexicana ya está sacudiendo a la industria automotriz norteamericana. Hoy en día, 40% de los empleos del sector automotriz está en México, por encima de 27% en el año 2000.



Fig [15]. México como epicentro de distribución automotriz.

## Descripción de la empresa:

General Motors Corporation, siglas en Inglés GM, es una de las empresas más grandes del mundo especializadas en autos, fue fundada en 1908 en Detroit, Michigan por William Crapo Durant. En la actualidad cuenta con más de un siglo desarrollando vehículos y sacando nuevos modelos de coches al mercado. Esta empresa engloba una gran cantidad de marcas de coches: GMC, Chevrolet, Cadillac y Buick. Además GM opera una empresa de finanzas, GMAC-Servicios Financieros y GM "OnStar" provee servicios de información y seguridad de vehículos.

\*General Motors de México (GMM) es constituida oficialmente el 23 de septiembre de 1935, mismo día en el que inicia sus operaciones.



Fig [16] Marcas que pertenecen a General Motors

Además cuenta con un centro de ingeniería llamado TREC (Toluca Regional Engineering Center ), el cual es el centro de ingeniería más avanzado en Latinoamérica, donde trabaja un equipo de ingenieros mexicanos en el diseño de componentes valuados en casi 6 mil millones de dólares, los cuales brindan apoyo a la producción de vehículos de las marcas de GM en más de 20 plantas en Norteamérica, China y Europa. Las áreas con las que cuenta el centro de ingeniería son las siguientes:

- 1) Chassis, Integration, Operation and propulsion systems.
- 2) Carpet, Cargo, Acoustics, trunk Trim and Rr Wdw
- 3) GMM Centralized CAE
- 4) SMT Electrical

- 5) Engineering Quality Management
- 6) Body SMT
- 7) Interior SMT Door Trim
- 8) Validation and Testing
- 9) Seat Structure
- 10) Thermal Components: Coolant Plumbing & Hdw; Ex oil Coolant.
- 11) Finance
- 12) Human Resources



Fig. [16] Centro Regional de Ingeniería (TREC). Toluca, Estado de México

### Principales funciones de un Ingeniero de validador eléctrico.

- 1) Elaboración y revisión de contratos de licitación para proveedores de nuevos programas (nuevos modelos de automóviles).
- 2) Participación en juntas globales para definir el status de cada uno de los programas que se llevan en el Centro de Ingeniería Regional. Estas se realizan con el fin de intercambiar estrategias de validación que permitan mejorar los tiempos, costos y la calidad de las validaciones para cada uno de los programas de la compañía.
- 3) Creación de planes de pruebas específicos para componentes eléctricos: La elaboración de planes de prueba específicos tiene como finalidad encontrar y

evaluar los modos de falla que se pueden presentar en cada componente del vehículo.

- 4) Seguimiento de pruebas: Esta es una de las tareas más importantes que tiene el ingeniero de validación, ya que todos los programas tiene fechas establecidas de lanzamiento de cada producto. La validación completa garantiza que cada componente o ensamble dentro de los vehículos que se fabrican son seguros y cumplen con los requerimientos para venta a clientes finales.
- 5) Supervisión de pruebas: Esta actividad se realiza para corroborar que las pruebas de validación para componente se realicen acorde a los parámetros y requerimientos de las normas internas de GM. Esta tarea se realiza tanto en instalaciones internas de la compañía como en instalaciones de proveedor.
- 6) Revisión y aprobación de reportes de prueba: Una vez que se concluyen las pruebas de los componentes eléctricos, el ingeniero de validación debe revisar la información contenida en el reporte (tablas, gráficas, fotografías, cálculos etc.,) y decidir si el reporte es válido, lo anterior debe cumplirse para que los componentes puedan instalarse en vehículos vendibles.
- 7) Auditoría a proveedores: Esta actividad consiste en realizar visitas a instalaciones de producción y laboratorios, el objetivo de esta actividad es asegurar que las instalaciones, los procedimientos y el personal cumplen con los requerimientos de calidad para producir, validar y llevar los procesos con base en los requerimientos de GM México.

## Antecedentes

Una de las funciones principales del TREC es la validación, esta actividad consiste en llevar a cabo una serie de pruebas físicas o virtuales a los componentes que implementan en sus automóviles, sin embargo dichas pruebas son muy generalizadas por lo cual un conjunto de ingenieros de validación se encargan de seleccionar las pruebas que son las más indicadas para cada uno de los componentes. Antes de la existencia del TREC la compañía gastaba grandes cantidades de dinero en re-trabajos, garantías de clientes y vehículos de prueba, lo anterior debido a que al no tener un plan de pruebas para cada componente era difícil encontrar todos los modos de falla que pueden presentarse en los componentes de un vehículo. Sin embargo la creación del área de validación es reciente por lo cual cada vez se busca desarrollar, mejorar y documentar los procedimientos que se tienen actualmente. Uno de los problemas

principales de que el área sea reciente es que las “lecciones aprendidas” no se documentaban correctamente, ya que cada ingeniero de validación se encargaba de administrar y usar sus propias lecciones aprendidas.

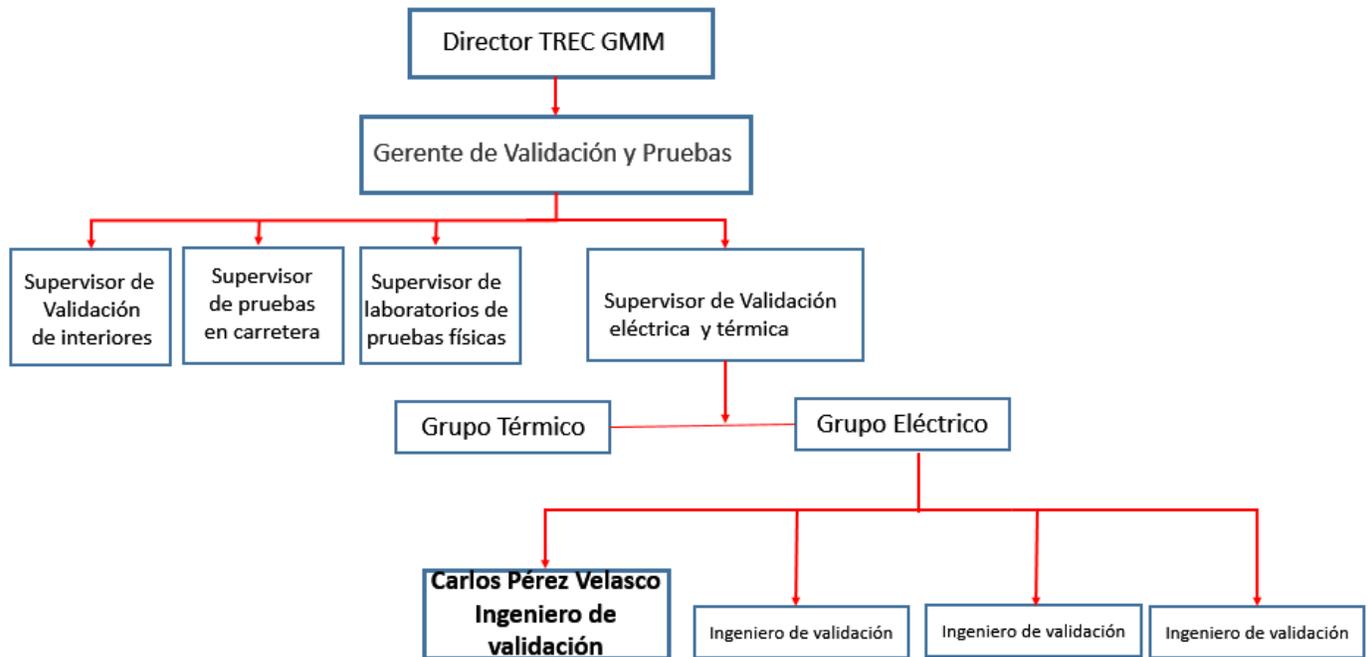
## Proyecto

El proyecto consistió en desarrollar un documento llamado “Electrical Validation Checklist” el cual contendría todos los parámetros necesarios para cada validación como: los parámetros, el número de muestras, el criterio de aceptación y las regiones a las que aplicaba. Adicionalmente ayudas visuales, definiciones, ubicación de los procedimientos internos, organigrama de expertos y listado de proveedores aprobados de la compañía. El documento anterior tiene como finalidad documentar las lecciones aprendidas, los principales puntos que se deben tomar en cuenta para revisiones y aprobaciones de reportes, así como el proceso para liberar un componente. Inicialmente el proyecto solo tendría alcance a nivel Norteamérica, sin embargo debido a que es el primer documento existente para el área eléctrica se ha compartido en la plataforma de la compañía, por lo cual será un documento de alcance global y tendrá la opción de ser modificado por cualquier empleado desde cualquier parte del mundo.

A continuación los beneficios:

- \*Homogeneidad en los reportes de prueba sin importar el proveedor o la región.
- \*Evitar cometer errores similares o iguales.
- \*Menor tiempo en la revisión y liberación de partes.
- \*Material de apoyo para personal nuevo.
- \*Documento base para seguir añadiendo mejoras y actualizaciones.
- \*Ahorro de recursos económicos.
- \*Ahorro de tiempo de pruebas.

Mi posición dentro de la empresa.



## Metodología Utilizada

En el caso especial de validación se trabaja con tres métodos enfocados a prevenir fallas en los componentes: En la etapa del diseño inicial (DFMEA), para cambios posteriores al diseño inicial (DRBFM) y finalmente el análisis de los componentes una vez que hayan sido sometidos a pruebas físicas (DRBTR).

**DFMEA (Design Failure Mode and Effect Analysis):** Esta metodología define todos los posibles modos de falla que puede tener un componente, además es utilizado como punto de partida para el DRBFM que se lleva a cabo después del proceso de desarrollo. Esta metodología se utiliza cuando se diseña un nuevo componente o se realiza un cambio significativo al diseño de un componente (nueva tecnología o nueva arquitectura)

Para la realización de éste método los principales participantes son:

\*Ingeniero de diseño

\*Ingeniero de validación

\*Ingeniero del producto

\*Ingeniero de Calidad

\*Proveedores

\*Ingeniero de procesos, etc.,

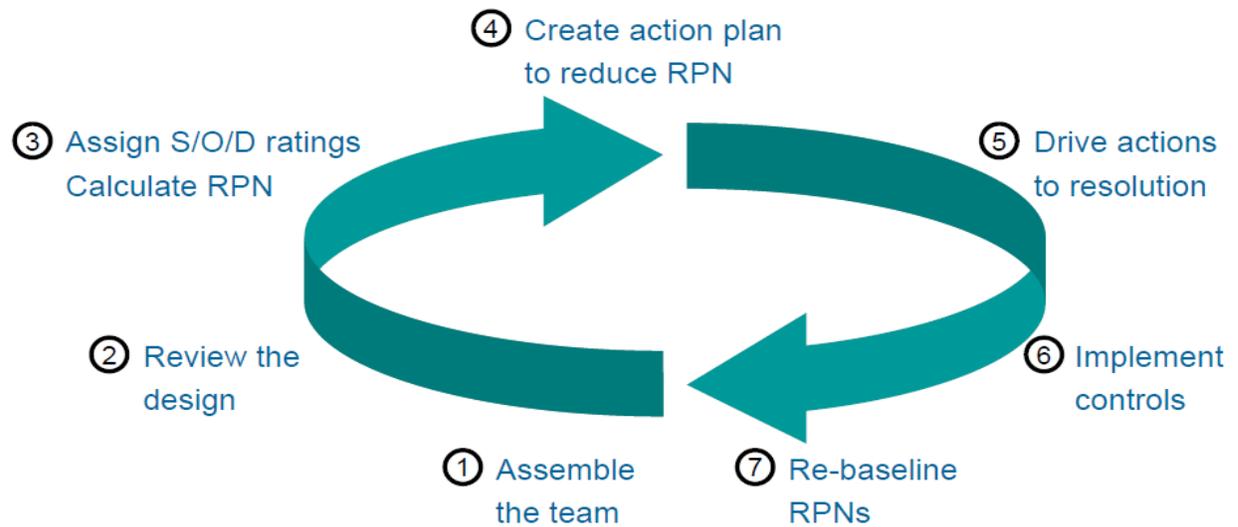


Fig. [9] Flujo de DFMEA

A continuación se listan 13 pasos principales para la elaboración de un DFMEA:

1. Determinar los datos del componente y los objetivos de la creación del DFMEA.
2. Elaborar la lista de las personas y áreas que deben atender. En este mismo punto se establecen las fechas de las sesiones.
3. Revisión de Diseño y su interacción con los demás componentes. Usualmente se elabora un diagrama para entender todas las interacciones.
4. Revisar el historial de problemas que se han tenido con partes similares.
5. Generación de matriz de funciones, en la cual se consideran los siguientes puntos:
  - a) Sistemas, componentes, características o interfaces que se describen en los diagramas elaborados previamente.

b) Las funciones, donde se describe la necesidad de tener dichos sistemas, componentes, características o interfaces.

c) Los requerimientos, son las condiciones físicas que debe reunir para poder realizar la función que tiene asignada.

d) La correlación entre las funciones y los requerimientos.

6. Establecer los modos potenciales de falla.

7. Asignar la clasificación de gravedad que debe basarse en las consecuencias de la falta, la escala es del 1 al 10. Siendo 1 la que menor gravedad tiene y 10 la más severa por incluir amenaza a la vida humana, accidente o problema de seguridad.

8. Asignar el ranking ocurrencia (1 a 10), donde;

\*1 es la escala más baja que indica que el modo de falla es muy bajo y puede ser eliminado mediante los controles de prevención.

\*10 es la escala más alta, por lo cual se puede encontrar en una mayor cantidad de cantidad de componentes, lo anterior generalmente cuando se trata de algún desarrollo nuevo.

9. Asignar clasificación de detección basado en la probabilidad de la detección antes del fallo (1 a 10), estos valores se distribuyen de la siguiente manera: los valores más bajos son para aquellos que son más fácil de detectar y los valores más elevados son para aquellos que son más difíciles de detectar.

10. Calcular la SOD (Severidad x Ocurrencia x Detección) Número de serie o el riesgo de prioridad (RPN)

11. Desarrollar un plan de acción para reducir RPNs vitales

12. Implementar las mejoras identificadas

13. Calcular RPN de nuevo por motivos de mejora.

**DRBFM (Design Review Based on Failure Mode):** Es una metodología centrada en la gestión del cambio y la mejora continua. Se centra en la prevención temprana y conocimientos de ingeniería, consiste en enumerar sus preocupaciones, identificar qué tipos de problemas están abiertos para la discusión y resolución. Esta metodología es utilizada cuando se hacen cambios en productos existentes y sirve de guía para identificar futuros problemas como producto del cambio realizado en el componente.

Para la documentación de esta metodología deben estar incluidos;

\*Ingeniero de diseño.

\*Proveedor.

\*Ingeniero de validación.

\*Ingeniero de manufactura.

**DRBTR (Design Review Based on Test Results):** Esta metodología se centra en las modificaciones de un producto/proceso. Una vez que se han corrido las pruebas físicas de validación para un componente nuevo o modificado, se piden estas partes al laboratorio de pruebas a la mayor brevedad posible y se empiezan a desarmar o cortar en planos específicos para realizar una inspección visual sobre las afectaciones físicas que sufrió el componente. Para esta metodología se llena un formato en el cual se documenta la zona donde se hizo el descubrimiento, fotografía de la zona, las posibles causas que llevaron a la condición hallada, la acción correctiva que se llevará a cabo y la lista de responsables que darán seguimiento a la solución del problema. Este método da lugar a un rediseño del componente, cambio de materiales o la aprobación del cambio.

A continuación se presentan los campos que se deben analizar para utilizar estos métodos:



En las siguientes imágenes se presentan dos ejemplos:



## IMPACTOS DE MI ROL EN LA EMPRESA

Actualmente en todas las áreas de GM alrededor mundo, el área de validación es una de las áreas más importantes debido a las siguientes acciones:

\*Todos los cambios de ingeniería que se hacen en una parte existente deben ser aprobados por el área de validación, así sean sólo cambios en sistema. La aprobación de lo anterior se hace mediante un plan de validación o la toma de datos del mismo cambio en otro programa (cada vehículo es un programa).

\*Todos los componentes que son nuevos deben ser validados de manera obligatoria mediante los ingenieros de validación, sin excepción alguna.

\*El ingeniero de validación le da el estado de vendible a cualquier parte, siempre y cuando la parte haya pasado pruebas de validación que demuestran que la parte cumple con los requerimientos de GM, lo anterior implica la firma de documentos que otorgan el permiso de instalar las partes en los vehículos.

Basado en lo anterior, mi rol más importante en la empresa es la creación de planes de prueba que permiten aprobar o rechazar cambios en cualquier componente eléctrico (Componentes de arnés eléctrico, cajas de fusibles, PCBs, cables de batería, canaletas de ruteo y ojales de sellado), por lo cual soy el último eslabón de ingeniería en el desarrollo y lanzamiento de un vehículo. Tomando en cuenta todo lo descrito anteriormente mi rol me permite detener eventos de construcción, lo cual implica pérdidas muy grandes en la empresa, siempre y cuando haya modos de falla que puedan poner en riesgo la integridad de nuestros clientes finales.

## La validación a nivel global en GM.

Actualmente GM tiene diversos grupos validación de componentes eléctricos en las siguientes regiones:

1-Validación GM Norte América

2-Validación GM México (Centro de Ingeniería Regional Toluca Estado de México-TREC)

3-Validación GM Sudamérica

4-Validación GM China

5-Validación GM Corea

Cada una de las regiones lleva diversos programas (vehículos), los procedimientos de validación son los mismos, ya que todos los vehículos son diseñados y validados para ser comercializados en cualquier región del mundo. La única diferencia entre las regiones de validación son las opciones o contenido de cada vehículo, ya que acorde a esto el contenido eléctrico es mayor o menor, lo anterior acorde a las necesidades y regulaciones gubernamentales de cada país.



Fig. Logos de GM en diferentes regiones

## Conclusiones

Las actividades de un ingeniero validador eléctrico son vitales en el desarrollo y mantenimiento de un programa, ya que son el último eslabón en la producción de vehículos que serán un producto distribuido en las agencias para consumidores

finales. Por todo lo anterior el ingeniero validador debe realizar un profundo análisis de cada nuevo componente mediante el uso del DFMEA/DRBFM para poder detectar todos los posibles modos de falla los cuales debe contemplar en sus planes de prueba. El resultado final es garantizar que todos los componentes funcionaran de manera adecuada en campo, lo cual garantiza la seguridad de los consumidores y mejorara la lealtad de quien lo compra.

Acerca del formato elaborado en el transcurso inicial dentro del área de validación se ha distribuido con la región de norte américa para seguir añadiendo aprendizajes y características adicionales que lo hacen más robusto. El "Check List" ha permitido realizar las tareas más comunes como "elaboración de plan de pruebas" y "aprobación de reportes de prueba" de manera más eficiente, ya que permite visualizar los parámetros y requisitos más críticos de manera puntual.

## Bibliografía

Fuentes electrónicas:

-Arneses eléctricos automotrices y Centros eléctricos

[1] <http://www.yazaki.com.co/productosycsa.htm>

[2] <http://www.delphi.com/docs/default-source/old-delphi-files/76a7b874-3037-4ae1-a383-d898f1e25aea-pdf.pdf?sfvrsn=0>

[3] [http://delphi.com/temp/eec/sealed\\_pcb\\_ec](http://delphi.com/temp/eec/sealed_pcb_ec)

[3.1] <http://idmmex.com/productos.htm#table>

[4] <http://www.condumexarneses.com.mx/>

[5] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/gf-s03-saloon-car-chassis-wire-harness-484424378.html>

[6] <http://www.guiadelaindustria.com/>

[7] <http://www.columbiaerd.com/automotive.html>

[7.1] <https://www.leoni-wiring-systems.com/en/markets-solutions/power-distribution-units/#c53889>

[7.2] <http://www.mossmotors.com/Shop/ViewProducts.aspx?PlateIndexID=29312>

[8.1] <http://www.espanol.molex.com/molex/products/>

-DFMEA y DRBFM

[8.2] <https://www.isixsigma.com/dictionary/dfmea/>

[9]

[http://www.raytheon.com/connections/rtnwcm/groups/public/documents/content/rtn\\_connect\\_dfmea\\_pdf.pdf](http://www.raytheon.com/connections/rtnwcm/groups/public/documents/content/rtn_connect_dfmea_pdf.pdf)

[10] [https://www.supply.nissan-ix.com/ASG2\\_3/EN/ANPQP/MAIN/PDF/04332-en-23\\_drbfm\\_worksheet.pdf](https://www.supply.nissan-ix.com/ASG2_3/EN/ANPQP/MAIN/PDF/04332-en-23_drbfm_worksheet.pdf)

[11] <http://training.sae.org/webseminars/wb1047/>

[12] [http://gm-avtovaz.ru/files/treb\\_ru/GM1927\\_Global\\_Supplier\\_Quality\\_Manual.pdf](http://gm-avtovaz.ru/files/treb_ru/GM1927_Global_Supplier_Quality_Manual.pdf)

[13] <https://es.scribd.com/doc/97199700/FMEA-4th-Edition>

México y la industria automotriz

[15] <http://www.forbes.com.mx/mexico-sera-muy-pronto-la-nueva-capital-automotriz-de-eu/#gs.WFpDTSA>

[16] [http://www.gm.com.mx/static/pdf/GM\\_80.pdf](http://www.gm.com.mx/static/pdf/GM_80.pdf)

[17] <http://posgrados.ciateq.edu.mx/congreso/menu/ponencias/620Optimizacionenproceso de crimpado mediante el diseño de experimentos en máquinas automáticas..pdf>

## Glosario

\*Validación: Es el proceso formal de comprobar a través del análisis, demostraciones, inspecciones o pruebas, que un componente cumple con los requerimientos establecidos.

\*Arnés eléctrico: Conjunto de varios circuitos eléctricos compuestos de conectores, clips, terminales, cintas, espumas, conduit y otros productos. Su función es la de transmitir información y alimentación eléctrica a todos los dispositivos eléctricos del automóvil.

\*DFMEA: Design Failure Mode and Effect Analysis

\*DRBFM: Design Failure Mode and Effect Analysis

\*DRBTR: Design Review Based on Test Results

# Anexos

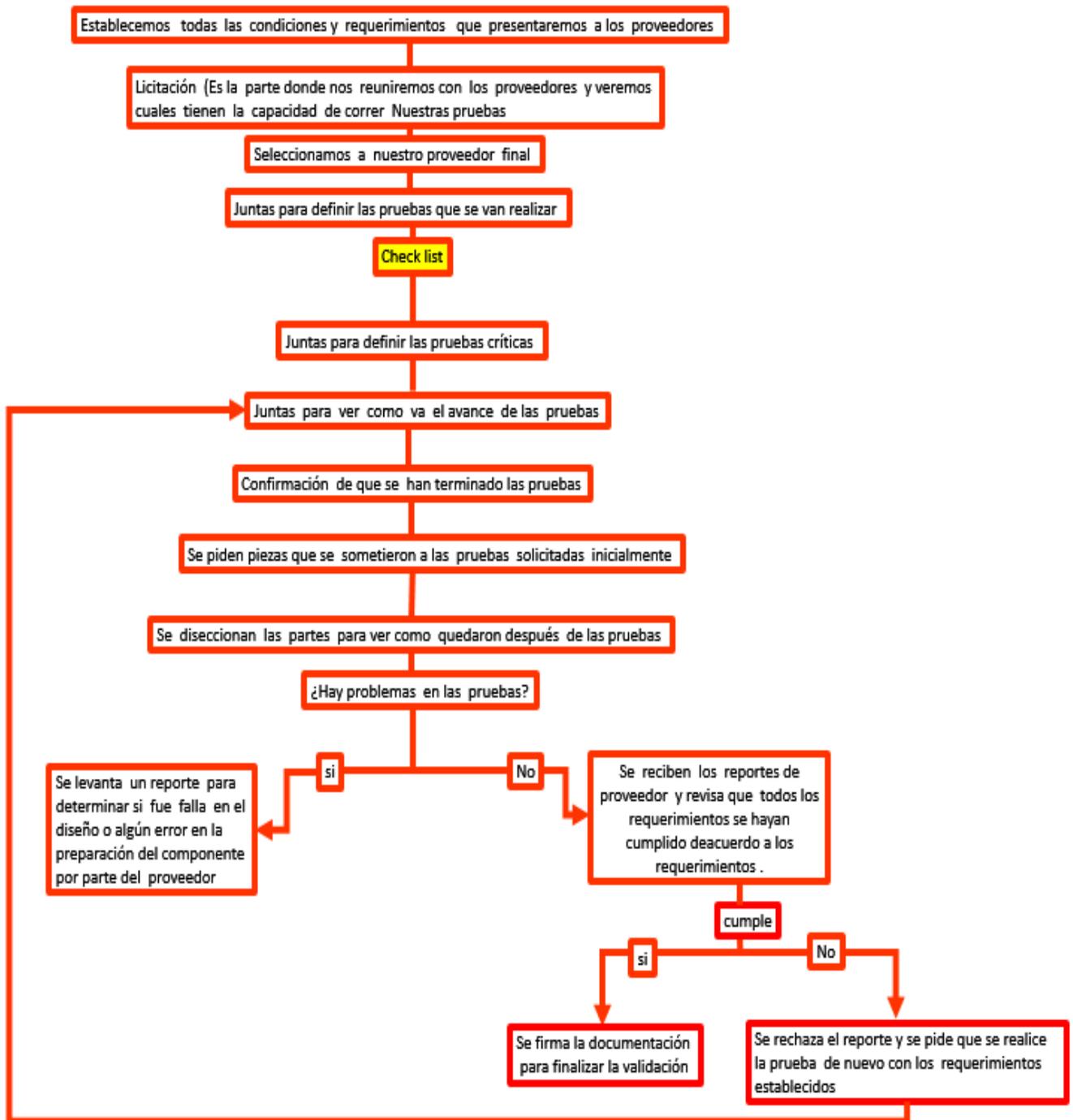


Fig. Diagrama de validación.

## ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN ARNÉS ELÉCTRICO AUTOMOTRIZ

1) Sellos 2) Conectores 3) Cinta 4) Terminales 5) Clips 6) Fusibles 7) Sensores

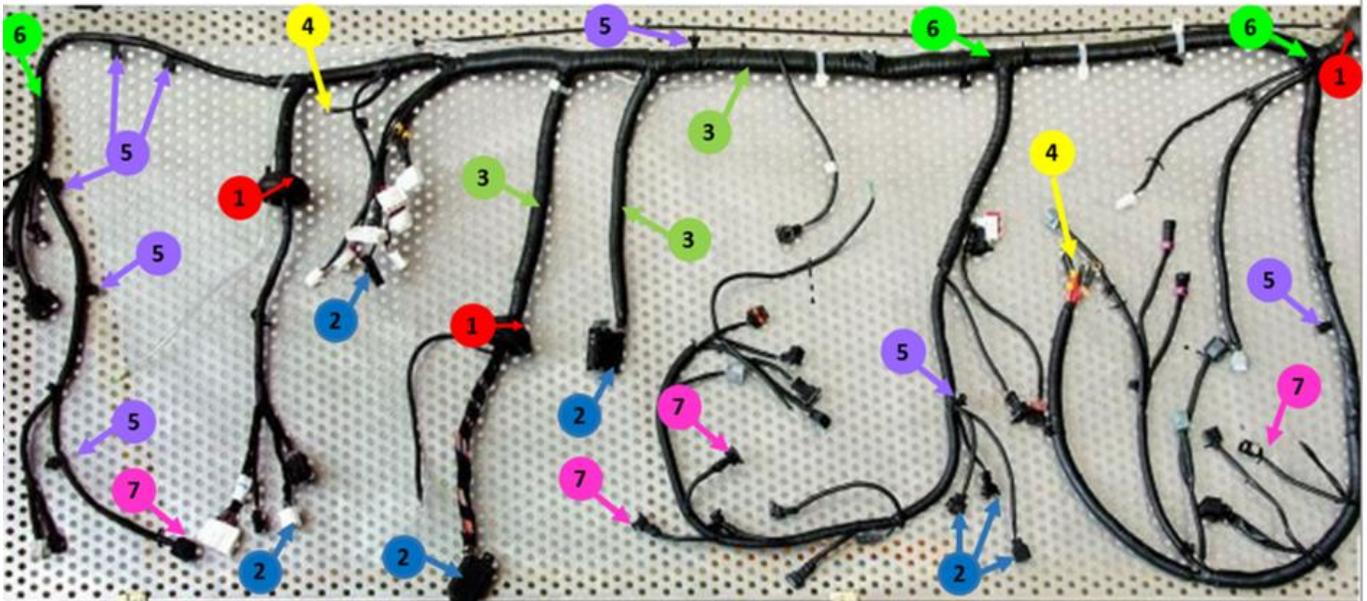


Fig. Elementos de un arnés eléctrico automotriz [5]

## PRINCIPALES ARNESES EN UN AUTOMÓVIL

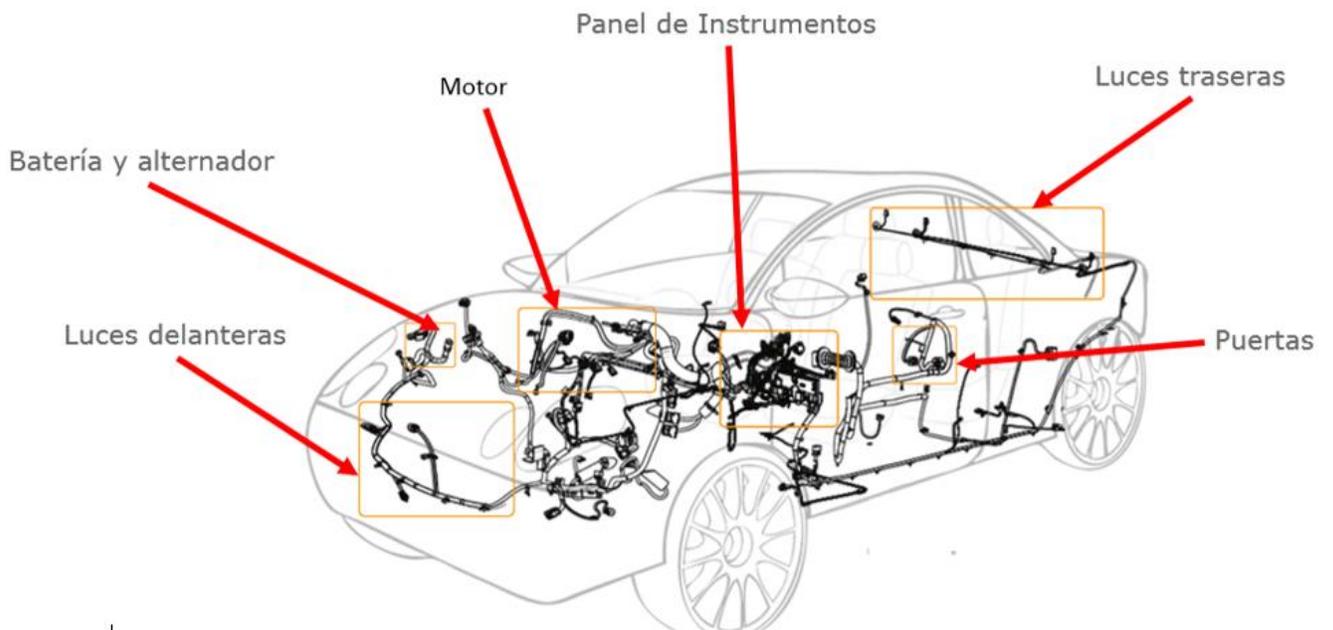


Fig. Principales arneses de un automóvil [4]

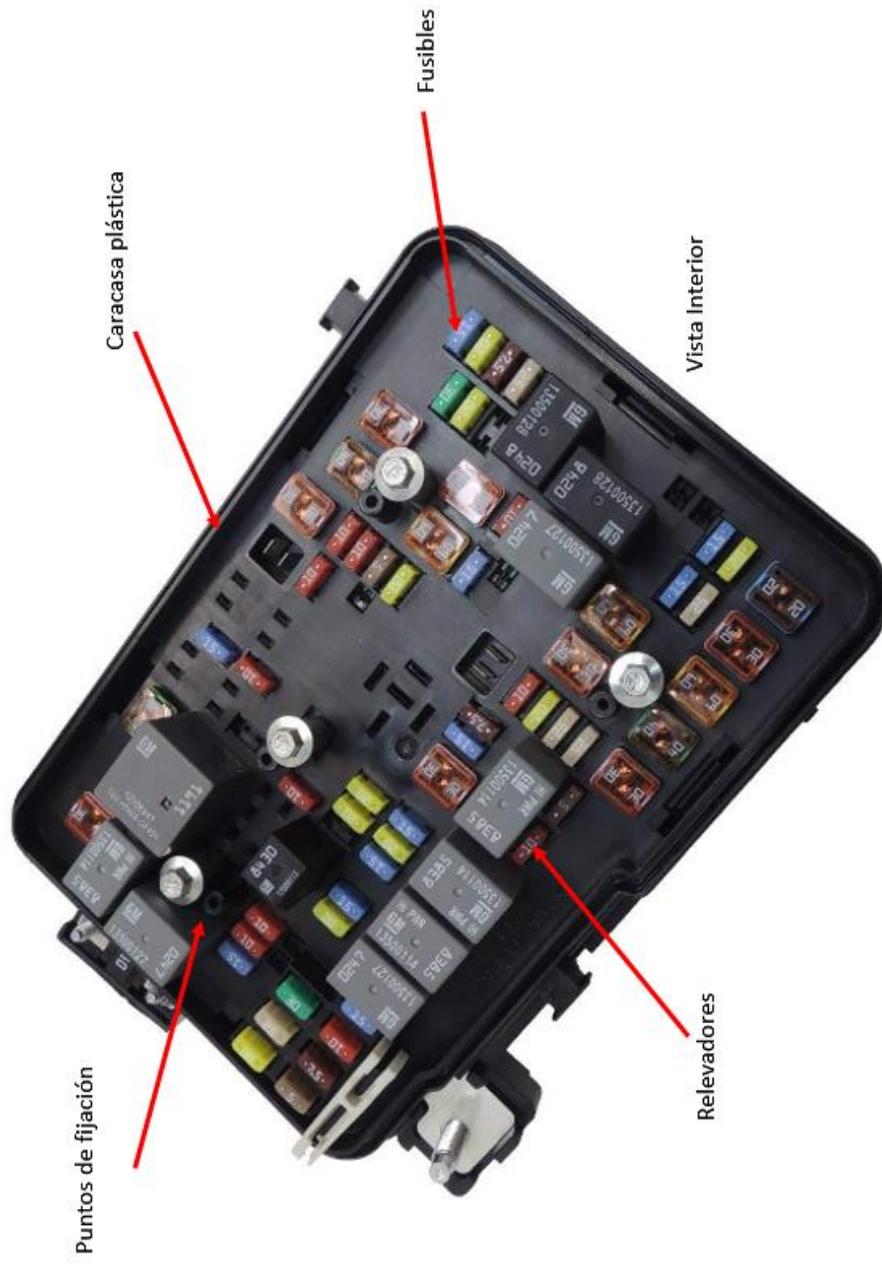


Fig. Caja de fusibles automotriz

No.	Parte/Interfaces	Función	Requerimiento	Modo(s) Potencial de Falla (Pérdida de una función)	Efecto(s) potencial de la falla	Severidad (Escala)	Clase	Causas potenciales /Mecanismo o de falla	Ocurrencia (Escala)	Controles de diseño-Prevención	Controles de diseño-Detección	DETECCIÓN (Escala)	RPN (Producto de Escalas)
	Componentes /Interfaces de la parte que se está analizando	¿Qué hace el Sistema o componente?	¿Qué especificaciones o requerimientos debe cumplir respecto a la función?	Es una descripción técnica de la manera en la que el componente, característica o interface no cumple con el requerimiento.	La falla que puede encontrar a nivel Sistema el cliente final	Es el ranking asociado al efecto. Donde: 1-La gravedad del "Efecto" no es perceptible. 2-La gravedad del efecto es muy alta, puede comprometer la seguridad del cliente o incumplir con alguna regulación de gobierno	Esta columna debe usarse para clasificar características especiales del product. Por ejemplo: los valores de torque en un punto de fijación.	La razón o el mecanismo por la cual ocurre un modo de falla.	La frecuencia con la que se encuentra este modo de falla. Se toman datos de eventos pasados.	Acciones o controles que se están usando actualmente para prevenir que ocurra la causa que puede provocar el modo de falla. Ejemplo: Guías de diseño, lecciones aprendidas previamente, procedimientos de diseño, etc.,	¿Qué mecanismos existen actualmente para detectar la causa si ocurre? Ejemplo: Analisis virtuales (FEA, Cálculos numéricos, simulaciones, etc.,) o pruebas con partes prototipo.	Es una evaluación de cuán probable y oportuna un control definido identificará el problema	Es el producto de : *Severidad *Ocurrencia *Detección Cuando alguno de los criterios anteriores o su producto es muy alto se procede con las "Acciones Recomendadas" para mitigar las escalas.

Imagen: Campos requeridos para un DFMEA/DRBFM

No.	Parte/Interfaces	Función	Requerimiento	Modo Potencial de Falla	Efecto potencia del modo de falla.	Severidad (Escala)	Clase	Causas potenciales /Mecanismo de falla	Ocurrencia (Escala)	Controles de diseño-Prevenición	Controles de diseño-Detección.	DETECCIÓN (Escala)	RPN (Producto de Escalas)
1	Batería- Cable de batería	Distribuir la energía de la batería a los sistemas eléctricos de un vehículo	1) Espacio entre componentes de su entorno. 2) Localización en el vehículo. 3) Serviciabilidad. 4) Dimensiones y geometría.	*Contacto con parte estáticas o móviles. *Pérdida del recubrimiento en las partes metálicas.	*Pérdida de la comunicación entre la batería y los sistemas eléctricos del vehículo.(El vehículo no enciende o se apaga )	8-El vehículo está inoperable.	*Valores de torque y velocidad para instalar la parte.	*Omisión de las guías internas de diseño. *Uso de partes no validadas.	*Se define por el dueño de la parte basado en garantías en campo y problemas en la planta.	*Uso correcto de las guías de diseño. *Documentación de las lecciones aprendidas	*Implementación de los cambios resultados con partes PASA/NO PASA *Simulación por computadora	8-validation con PASA/NO PASA	0**D
		Proteger los sistemas eléctricos del vehículo.	5) Facilidad de instalación. 6) Contar con un fusible de protección.	*Intrusión de agua o líquidos en el material conductor del vehículo. *Ruptura de las terminales. *Pérdida del material aislante.	*Sobrecalentamiento del cable o la batería. (Puede causar incidentes térmicos como un incendio)	10-Compromete la seguridad del ocupante sin ninguna alerta en el panel de instrumentos. 9-Compromete la seguridad del ocupante con alerta en el panel de instrumentos.	*Componen problemas en los aprobados.	*Componen problemas en la planta. (Valores del 1 al 10) Donde: 1-La falla ha sido eliminada con los Controles de diseño-Prevenición 10-Cuando se encuentran los modos de falla un % alto de vehículos.	*Validación de los partes o interfaces nuevas. *Inspección de vehículos de durabilidad.	*Validación de los partes o interfaces nuevas. *Inspección de vehículos de durabilidad.	6-PRUEBAS DE DEGRADACIÓN DE DEGRADACIÓN DE LAS PARTES.		
		Permitir el arranque del vehículo.		Corrosión y pérdida de material en las partes metálicas.	*Señal intermitente (Falla o mal funcionamiento de los sensores del vehículo)	10-Compromete la seguridad del ocupante sin ninguna alerta en el panel de instrumentos. 9-Compromete la seguridad del ocupante con alerta en el panel de instrumentos.							

### Ejemplo 1 DRBFM

No.	Parte/Interfaces	Función	Requerimiento	Modo Potencial de Falla	Efecto potencia del modo de falla.	Severidad (Escala)	Clase	Causas potenciales /Mecanismo de falla	Ocurrencia (Escala)	Controles de diseño-Prevenición	Controles de diseño-Detección.	DETECCIÓN (Escala)	RPN (Producto de Escalas)
2	Sheet metal-Grommet (Componente y lámina metálica del vehículo)	Sellar diferentes compartimentos del vehículo.	*Resistencia a la tracción sin daño. *Resistente química y mecánicamente *Facilidad de instalación (Fuerzas bajas de inserción) *Materiales aprobados para la aplicación. *Resistencia a cambios de temperatura. *Tolerancias dimensionales muy bajas.	*Intrusión de agua. *Rotura durante instalación. *Deformación permanente por cambios de temperatura. *Baja fuerza de retención.	*Olor a líquidos o gases de combustión del automóvil en el habitáculo de los ocupantes.  *Ruido excesivo en compartimientos de los ocupantes. *Rechimidos en partes móviles durante su uso (Puertas o cajuela)  *Cortos circuitos. *Corrosión en componentes metálicos.	7-Degradación de la función primaria del componente, pero el vehículo es funcional.  4-Ruidos notados por la mayoría de los clientes.		*Omisión de las guías internas de diseño. *Uso de partes no validadas. *Uso de materiales no aprobados para la aplicación. *Tolerancias muy grandes entre interfaces.	*Se define por el dueño de la parte basado en garantías en campo y problemas en la planta. *Uso de las guías de diseño. *Uso de lecciones aprendidas en casos pasados. *Selección de proveedores aprobados. *Tolerancias mínimas.		*Validación de las partes. *Pruebas en vehículos o en planta. *Simulaciones a nivel software.	PASA/NO PASA	5*0*0
		Permitir el ruteo de los arneses eléctricos.		10- Modo potencial de falla que involucra la seguridad del ocupante, sin ningún tipo de advertencia en el panel de instrumentos. 9- Modo potencial de falla que involucra la seguridad del ocupante, con advertencia o indicador en el panel de instrumentos.		*Valores de inserción que se requieren para colocar la parte.							

Ejemplo 2 DRBFM