



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño de arneses eléctricos para General Motors.

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniera Mecatrónica

P R E S E N T A

Andrea Tapia Madera

ASESOR DE INFORME

M.A. Luis Yair Bautista Blanco



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016.

Índice.

Introducción	4
Historia de la empresa.	5
¿Qué es un arnés?	6
Organigrama	12
Actividades como ingeniera de diseño eléctrico.....	14
Organización de las familias de arneses.	20
Proyecto: Reducción de complejidad.	28
Conclusiones.	47
Tabla de contenidos.....	48
Tabla de imágenes.	50
Referencias.....	51

Introducción

De acuerdo a la participación que tuve dentro de la industria automotriz, el informe que se presenta menciona y describe diferentes actividades del proceso de diseño para arneses eléctricos dentro de la empresa *General Motors* de México S. De R.L. De CV. En las instalaciones del Centro Regional de Ingeniería ubicado en Toluca, Estado de México. Al principio se describirán algunos conceptos con el fin de comprender el alcance del trabajo realizado para después describir como está organizado el departamento de diseño eléctrico y las actividades que se llevan a cabo, para así detallar más adelante las actividades y aportaciones que hice en los diferentes programas en los que participé. Finalmente mencionaré las conclusiones obtenidas de las actividades hechas.

La primera parte del informe se enfocará en las actividades que realicé como ingeniera de diseño como integrante de *Weldmation*, empresa proveedora de servicios de ingeniería y que presta sus servicios a *General Motors*, mencionaré en qué fase del diseño fue aplicado dicho trabajo.

En la segunda parte explicaré el proyecto que realicé durante mi estancia en la empresa, donde el objetivo fue cubrir todas las opciones del vehículo con la menor cantidad de números de parte analizando sus opciones para ciertas familias de arneses, es decir, reducir los números de parte ya existentes. Apliqué dicho análisis en dos vehículos utilizando en uno de ellos, los dos métodos de reducción para comparar los resultados obtenidos en cada uno.

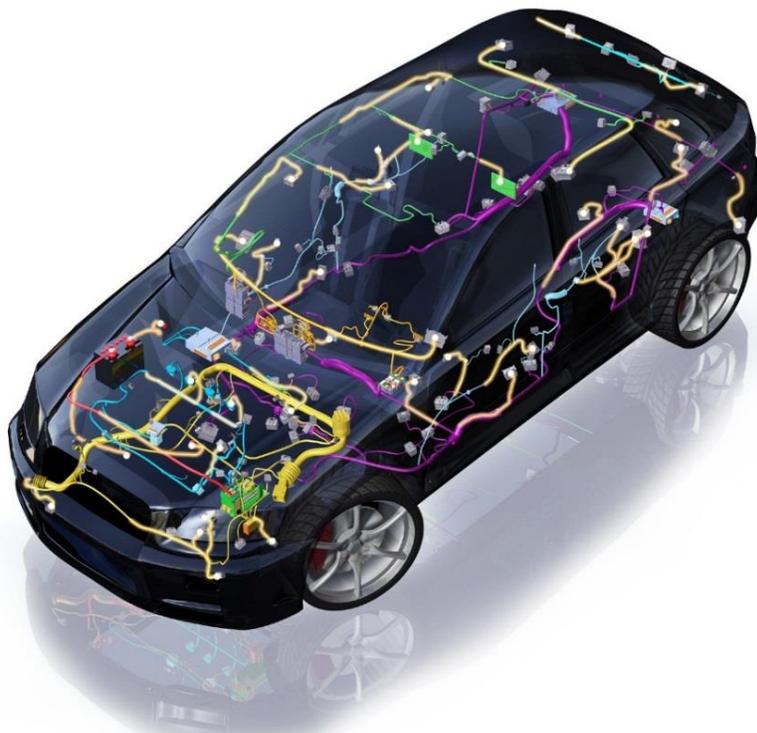


Figura 1: Arnese eléctricos automotrices.¹

Historia de la empresa.

General Motors es una empresa fundada por William C. Durant en Septiembre de 1908 en Michigan, siendo Buick la primera marca de automóviles de la empresa. Pocos años después adquirió Cadillac, OldsMobile y Pontiac.²

Para 1920, GM ya había superado a Ford, principal empresa rival, gracias a que rompían son los estándares de lo que era un automóvil clásico incorporando al mercado modelos más elegantes y con mayor presencia; otro punto a su favor fueron las facilidades de pago que otorgaba mientras que su contraparte no compartía dicha idea.³ México forma parte de la historia de GM en Septiembre de 1935 con la constitución legal de la compañía *General Motors* de México S.A. de C.V. Dos años más tarde es inaugurada la primera planta de GM en México fabricando 10 unidades al día; antes de ella, los vehículos llegaban de Estados Unidos completamente armados, eran enviados por ferrocarril a través de Laredo y Ciudad Juárez, o bien por flete marítimo a los puertos de Veracruz y Tampico, donde a su vez eran transportados por vía férrea.

En Febrero de 1936 la empresa organizó su primera exposición de automóviles destacando el LaSalle convertible y un Chevrolet Sedán de 1936, el cual fue el primer automóvil fabricado totalmente de lámina de acero dejando atrás a la madera como estructura de su carrocería. Para 1951, México ya producía 12,000 unidades al año y 14 años después, GM contaba con una nueva planta de fundición y motores en Toluca, México.

Desde el principio, *General Motors* ha adquirido varias marcas automotrices como Cadillac, DuPont, Oakland, Opel, OldsMobile e Isuzu y a través de los años algunas de ellas han sido disueltas tales como Hummer, Pontiac, OldsMobile y Saturn pero actualmente, *General Motors* tiene presencia en 4 de los 5 continentes, bajo sus principales marcas, es decir, Chevrolet, Cadillac, Buick, GMC, Opel, Vauxhall y Holden.

Weldmation de México es una empresa que de dedica a ofrecer servicios de ingeniería para empresas automotrices, como *General Motors* y recientemente, *Ford*.



Figura 2: Actuales marcas principales de *General Motors*.⁴

¿Qué es un arnés?

El funcionamiento de todo vehículo se rige mediante señales eléctricas casi en su totalidad, las cuales son registradas y recibidas por computadoras o módulos quienes son los encargados de interpretarlas y ejecutar las funciones. Estas señales pueden ser desde el arranque del motor, el encendido de lámparas o direccionales, el funcionamiento del limpiaparabrisas que son funciones primarias de todo automóvil hasta la sincronización vía Bluetooth del vehículo con un dispositivo móvil, la calefacción en los asientos, el ajuste automático de los faros delanteros, la visualización alrededor de la parte trasera del vehículo o el sistema de ayuda en caso de emergencia para automóviles más equipados.

Dichas señales eléctricas viajan a través de cables o circuitos por todo el automóvil, los cuales deben poseer ciertas características y condiciones para que la señal sea sólida y confiable como lo son el material o el calibre del cable, además de contar con las suficientes protecciones para que éste no sufra de daño alguno y así asegurar que la señal llegue a su destino. Al conjunto de dichos elementos se le conoce como arnés eléctrico.

Un arnés eléctrico es un conjunto de cables, terminales, conectores, clips, cintas entre otros componentes que tienen la función de llevar una señal eléctrica de un punto a otro. La cantidad y orientación de clips, el tipo y lugar donde se aplique la cinta o la variedad, tipo y tamaño de los conectores dependerá de la zona o módulo del automóvil. Los arneses se dividen por familia de arnés y se pueden clasificar por su tamaño o características como *pigtail*, *jumper* o arnés. La división y clasificación las detallaré más adelante. A continuación, describiré los principales elementos que conforman a un arnés eléctrico:

1. Conector.

La tarea del conector es la de asegurar que la señal eléctrica se transmita a través de su terminal hasta la otra terminal receptora, para lograrlo los conectores pueden ir sellados o no, es decir, pueden tener una capa de plástico alrededor de la boca del conector para evitar la filtración de agua o polvo, también debe considerarse la protección contra vibración si la zona del automóvil lo demanda, o contra temperatura tomando en cuenta el material para que pueda resistir altas temperaturas evitando daño al cable. Además de la protección cada conector debe de mantener una posición adecuada durante determinado tiempo de vida del vehículo asegurando que la señal sea constante; el *lock lever* es una palanca que funciona como seguro y que abraza al conector para evitar que éste se mueva. El CPA, es otro elemento que también tiene el mismo propósito, el cual mencionaré más adelante. Debido a la gran variedad de conectores que existe, los conectores se clasifican de acuerdo a la temperatura, vibración o presión que soporta y si son sellados o no.

Las características que se deben tener en cuenta para elegir el mejor conector que se ajuste a nuestras necesidades son el tamaño, número de circuitos o cables que puede aceptar, material, color, sellado, ergonomía o fuerza de inserción.

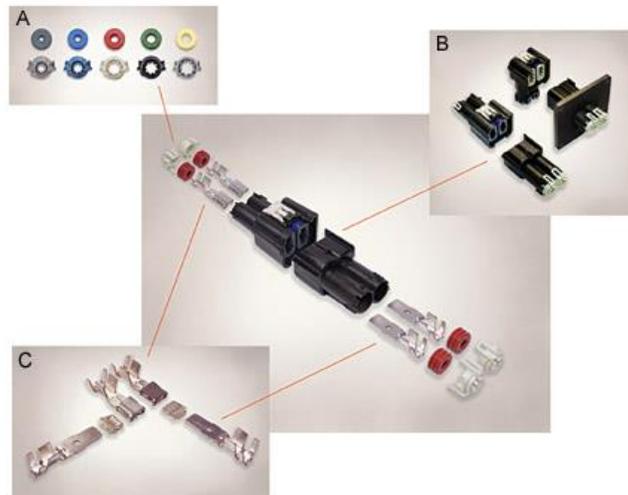


Figura 3: Diagrama explosivo de un conector hembra y macho.⁵
Cuadro A: Tipos de sellos. Cuadro B: Tipos de CPA. Cuadro C: Tipos de terminales.

2. Terminal.

Las terminales son otro componente esencial en los arneses, ya que son las que indican el principio o fin de un circuito y facilitan la introducción del cable en las cavidades de los conectores con el fin de conducir la señal a la terminal del conector de destino. Generalmente están fabricadas de cobre o aluminio, debido a que estos materiales son buenos conductores por lo tanto tienen mayor facilidad de trasladar la señal.



Figura 4: Tipos de terminales.⁶

Hay dos aspectos importantes a cuidar cuando se manejan terminales, la primera es que la terminal sujete perfectamente el cable descubierto, para que transmita la señal a través de ella

cuidando que no quede holgada para que el cable no se suelte, ni tan ajustada que pueda llegar a cortarlo según las especificaciones que indica la USCAR- 21 que es la norma de métodos y requerimientos de prensado que deben cumplir las terminales para su uso. El segundo punto es asegurar que la terminal no salga de la cavidad del conector o que el doblez que forma el cable al salir del conector provoque su ruptura, para evitarlo se puede agregar un TPA, *Terminal Position Assurance*, que es un sello plástico que se coloca detrás del conector y asegura la posición de la terminal dándole dirección. Otro método es mediante un *wire dress*, el cual es una cubierta que también se localiza en la parte posterior del conector y cubre a los circuitos justo en la zona donde estos salen del conector y se doblan para tomar una nueva dirección, evitando así que otro componente pueda llegar a romper algún circuito.

3. Empalme.

Un *splice* o empalme es la unión de dos o más circuitos. Para posibilitar la unión, los circuitos deben contar con desforre, dejando así expuestos los filamentos metálicos, por lo regular cobre, que serán empalmados. Ya que el empalme es la soldadura de cables, existen diferentes procesos de soldadura siendo el más moderno y limpio en su procedimiento la soldadura por ultrasonido. En dicho procedimiento los filamentos conductivos de los circuitos a unir se colocan uno sobre otro, y a través de una superficie plana que se acciona a velocidades ultrasónicas se genera suficiente calor para fundir los cables y lograr la fusión de los filamentos.

En aplicaciones automotrices, para asegurar la protección de las soldaduras, y su durabilidad se aplica una cubierta protectora a los empalmes. Dicha protección puede consistir únicamente en cinta adhesiva de vinil o de tela adherible, misma que se enrolla sobre los filamentos únicos de los circuitos que forman el empalme

También existen elementos protectores más especializados, como los tubos termocontráctiles (también conocidos como camisas contráctiles o *shrink tubes*). Por lo regular están manufacturados con nylon o poliolefina. Los hay con o sin adhesivo. Dicho elemento adhesivo se activa con el calor y sella la soldadura.

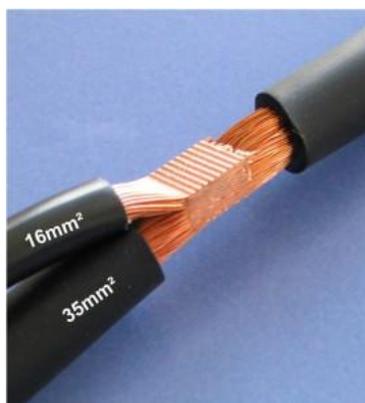


Figura 5: Ilustración de un empalme.⁷

4. **Bracket.**

Los *brackets* son elementos que se encargan de ofrecer soporte, fijación, dirección o protección a un arnés, por lo general están contruidos de plástico y en algunas ocasiones de aluminio. Son utilizados cuando se quiere dar una dirección muy particular a un ramal y no se consigue fácilmente con clips, también para asegurar la posición del arnés y debido al peso de éste y al movimiento del automóvil un clip no lograría retenerlo o para servir de base donde fijar los conectores debido a que la estructura del automóvil no ofrece dónde colocar el conector.

Si se necesita utilizar un *bracket*, lo ideal es utilizar uno ya existente en el catálogo esto con el fin de ahorrar costo en el herramental que si se creara uno a la medida pero en la mayoría de las veces, es complicado debido a que cada automóvil es diferente ya sea en diseño o dimensiones y por ello el *bracket* existente no ensambla adecuadamente.

El *bracket* se diseña de tal forma que pueda fabricarse con la menor cantidad de hojas posibles calculando mínimos radios internos o ángulos de desmolde. En el caso de que se necesite diseñar un *bracket* para un vehículo en específico debido a que las dimensiones, alrededores o diseño del vehículo no es parecido a algún otro que ya posea un *bracket* en la zona deseada, se busca si existe un *bracket* lo suficientemente parecido para que sirva de base y se edita el diseño para posteriormente adquirir un código alfanumérico (nombre de estudio de la pieza). Después de haber pasado determinadas pruebas de vibración, deformación, tensión, esfuerzo o térmicas para su validación recibe un número de 8 dígitos que indica que se trata de una pieza ya producible.



Figura 6: Ejemplo de Brackets.⁸

5. Clip.

Otra alternativa para asegurar la ruta de los arneses y así asegurar que no roce, se enrede o se rompa con otra pieza del automóvil son los clips, los cuales se fijan a piezas de metal u otros arneses. Los clips a su vez constan de dos partes, el sujetador que es la pieza que se fija al metal o arnés y el cintillo que es quien sujetará al conjunto de circuitos.

Los clips se clasifican de acuerdo a varias características, según el tipo de sujetador el cual puede ser en forma de árbol, flecha, pinza o tubular y que varían dependiendo del elemento a donde se fijará (orificio, lámina, arnés o poste). Una subdivisión de los sujetadores es si son unidireccionales o no, es decir, si el sujetador tiene forma circular u ovalada respectivamente. El sujetador circular permite que éste tenga la libertad de rotar entorno al elemento del cual se encuentra retenido, mientras que los clips unidireccionales son utilizados cuando se desea restringir su movimiento debido a que el peso del arnés pueda vencer la posición del clip o para direccionar el arnés.



Figura 7: Tipos de clips.⁹

El *offset* es otro diferenciador que clasifica a los clips, el *offset* es la distancia que hay entre el sujetador y el *lock tab* que es el seguro por donde pasará el cintillo para amarrar al arnés que se quiere sujetar.

6. Grommet.

Otro componente es el *grommet*, quien tiene la función de permitir el paso de los circuitos a través de objetos que pueden tener roce con ellos o piezas que son móviles y con el tiempo, pueden llegar a cortarlos. El *grommet* es una pieza que guía y cubre al ramal de circuitos por medio de un hule con forma tubular el cual atraviesa el objeto móvil o con filo como una lámina de metal que divide a dos zonas del automóvil y también tiene la función de sellar el orificio para impedir el paso de polvo o agua entre zonas. Por lo que si el paso es entre dos láminas de metal

las cuales se mueven, por ejemplo, las puertas, el *grommet* consta de un tubo de hule que posee en los extremos dos sellos con la forma de los orificios de las láminas para poder sujetarse y evitar el paso de otros agentes que puedan perjudicar la seguridad del arnés.

La característica principal para elegir un *grommet*, es el diámetro del tubo, que debe permitir agrandarse lo suficiente como para que pase el ramal de circuitos junto con los conectores, el contorno debe quedar perfectamente justo al orificio ya que, si es más grande, requerirá más fuerza por parte del operador poder colocarlo y, si es más pequeño, el *grommet* puede moverse y aunque cubra a los circuitos, el agua o polvo pueden pasar de un área a otra.



Figura 8: Tipos de Grommets.¹⁰

Organigrama

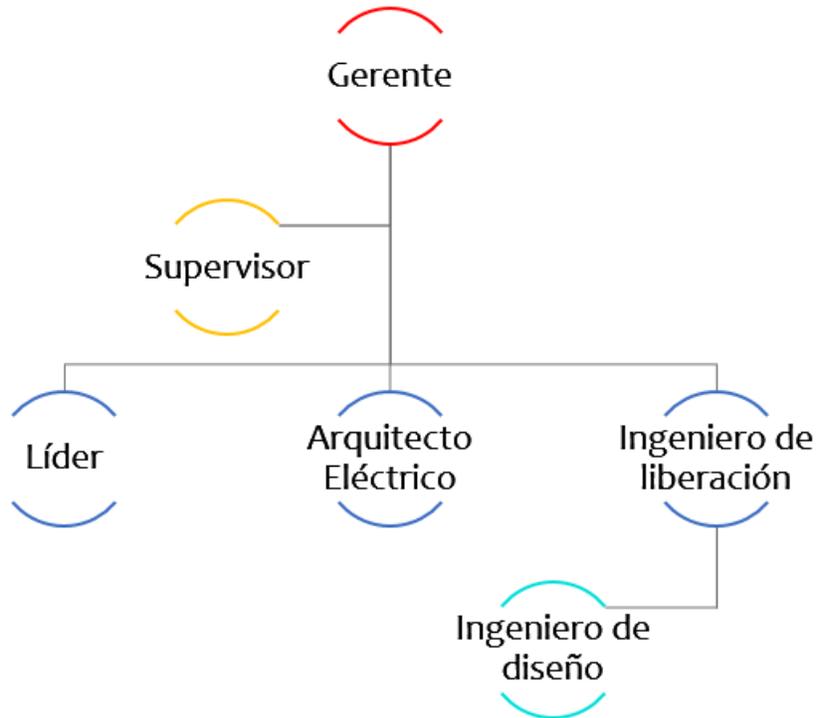


Figura 9: Organigrama del departamento eléctrico.

La mayor parte del departamento eléctrico se especializa en el diseño de arneses y a su vez, el ingeniero de liberación y de diseño, el arquitecto y el líder son quienes están involucrados directamente en el diseño del arnés.

El arquitecto es el responsable de la circuitería del arnés, es decir, asegura que las señales de cada cable trabajen adecuadamente. Para esto, una vez definido el contenido eléctrico que tendrá un vehículo, por ejemplo, la adición de un cargador inalámbrico para celulares o nuevos sensores de presencia en la fascia, el arquitecto primero debe investigar el funcionamiento de cada módulo, motor o sensor para conocer el punto de partida y destino de cada cable, sus características o si el componente requiere alguna condición en particular. Una vez obtenida la información, el arquitecto, diseña con base en la ubicación del módulo, qué familias conectarán las señales a agregar.

Mientras tanto, el ingeniero de liberación crea todas las combinaciones posibles por familia de arnés de las opciones de equipamiento que el automóvil requiera, siendo cada combinación llamada número de parte. Así cada número de parte es único en contenido eléctrico para un vehículo, más a detalle explicaré que es un número de parte y el contenido eléctrico de cada uno de ellos.

Una vez definido el contenido eléctrico que tiene cada familia de arnés, el ingeniero de diseño es quien realiza el estudio para determinar cuál será la ruta de los cables y el ingeniero de liberación analiza cuáles protecciones y retenedores son necesarios dependiendo de la zona del vehículo para controlar la ruta del arnés. Mientras que, el ingeniero de diseño es quien implementa dicha información en el dibujo 3D, el ingeniero de liberación es quien coordina, define y libera el contenido una vez acordado el cambio con el proveedor, la planta, el equipo de validación, calidad y compras.

Los requerimientos que debe cumplir el diseño es que el arnés se pueda manufacturar para el proveedor, instalar en el vehículo sin algún tipo de contacto y ser ergonómico para la planta de acuerdo con las especificaciones requeridas y guías internas de diseño y manufactura.

Mientras que el arquitecto eléctrico e ingeniero de liberación se encargan del diseño de arneses, el líder es quien planea, administra y organiza las actividades necesarias para liberar los diseños en tiempo, analiza los nuevos cambios en el vehículo para saber si el área está afectada, revisa los costos de los cambios y es el contacto con proveedor sobre los procesos administrativos.

Dentro del área eléctrica, particularmente en el área de arneses, el supervisor es quien lidera al grupo de trabajo para uno o dos vehículos en particular, distribuyendo actividades a cada ingeniero de liberación y organizando futuras actividades en el programa. También está encargado de escalar los asuntos más urgentes para evitar un paro de planta o que el vehículo deje de funcionar, el supervisor es el primer contacto entre las demás áreas de ingeniería o manufactura cuando surge algún problema.

Debido a que el área eléctrica trabaja con varias plataformas o vehículos, el gerente del departamento es el responsable de organizar y apoyar a todos los programas y es la imagen a nivel global del diseño de arneses a nivel eléctrico de los vehículos de determinada región. El gerente de departamento realiza tareas administrativas y organizacionales, busca nuevas estrategias de trabajo, la mejora continua de toda el área y busca traer nuevos programas a México conforme van saliendo de producción otros.

Actividades como ingeniera de diseño eléctrico

En este capítulo, describiré los procesos en los que participa el área de ingeniería para implementar cambios en el diseño de un arnés, también mencionaré las causas más comunes de los cambios y los documentos necesarios para su implementación. Utilizaré un ejemplo para mostrar la relación entre llevar a cabo un cambio de diseño y la participación que tuve en dicho proceso.

Si bien es cierto que, durante la etapa de diseño es la fase donde los números de parte, llámese carrocería, arneses, asientos, cajuela o interiores sufren la mayoría de los cambios para construir un producto que ofrezca seguridad y eficiencia, es posible continuar haciendo mejoras al diseño una vez pasada dicha etapa, es decir, cuando el vehículo ya se encuentra en el mercado.

Los cambios para los autos ya en producción, regularmente, se refieren a mejoras ergonómicas para el operador al momento de ensamblar el vehículo en planta o garantías con un volumen significativo de automóviles impactados por el cambio. Para años modelos futuros, los cambios se enfocan en agregar innovaciones al vehículo, tal como la integración de nuevas tecnologías o modernizar la carrocería, por lo que suelen ser cambios un poco más complejos.

Ejemplo: Algunos vehículos de cierto modelo en específico presentaban pérdida de anticongelante debido a que la manguera situada en el área del motor se fisuraba por el rozamiento con un tornillo donde se aterriza una tierra del arnés de las lámparas delanteras. Virtualmente existía un claro entre la manguera y la tierra, pero la orientación de la manguera depende del operador en planta al momento de conectar la manguera al radiador por lo que la distancia entre los componentes era variable. Analizando posibles soluciones y por costos de procesos la solución fue reubicar la tierra. Una vez definida la solución entre la planta, el comprador y los ingenieros, dueños del diseño de la manguera y del arnés, el siguiente paso es realizar el estudio de trabajo.

El estudio de trabajo, es la simulación del comportamiento de la solución en el dibujo 3D considerando su entorno en el vehículo, tal como estructuras metálicas u otros componentes, ya sean móviles o no, y teniendo en cuenta las guías internas de diseño, por ejemplo, las distancias entre los componentes que conforman al arnés o la distancia que debe existir entre el arnés y el entorno. El estudio se revisa con los dueños de las otras partes afectadas y con la planta para después empezar el proceso de implementación del cambio.

Ejemplo: Una vez que el ingeniero de liberación acordó con las otras partes del vehículo reubicar la tierra, realicé el estudio de trabajo determinando la mejor opción de la nueva posición del perno, en este caso, teniendo en cuenta el alcance que puede tener la manguera y el conector del arnés de motor que se encuentra cerca, es decir, el entorno. El resultado fue mover el perno 3 centímetros a la derecha y 5 hacia abajo de su posición original.

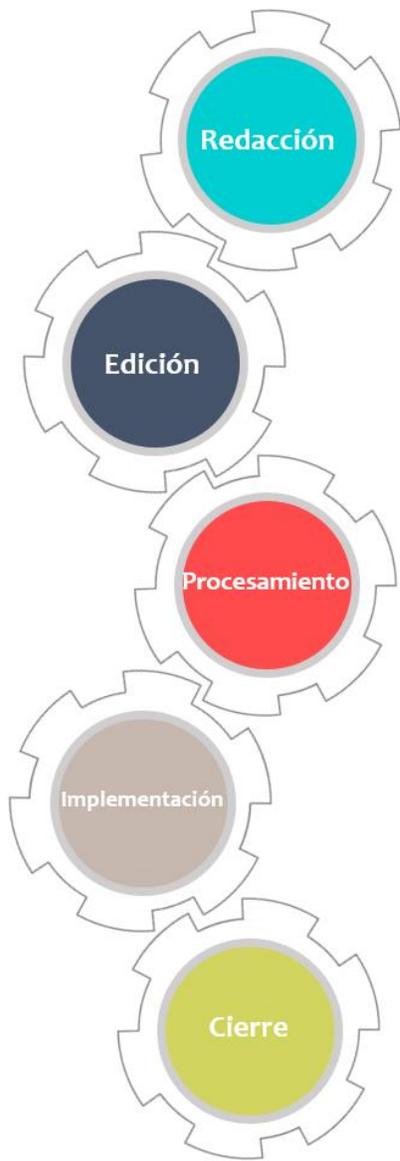


Figura 10: Fases de Órdenes de trabajo.

Todo cambio, incluyendo los cambios de diseño se documenta en una orden de trabajo, en la cual se incluye la razón del cambio, descripción, números de parte afectados, costos, fecha de implementación esperada, anexos visuales del cambio y el análisis de modos de falla si se requiere. El responsable del cambio, es decir, el ingeniero de liberación es quien se encarga de escribir y de darle seguimiento a la orden de trabajo hasta que ésta se cierre.

La orden de trabajo es revisada y completada por diferentes áreas como planta, ingeniería, compras y validación gracias a una lista de distribución la cual se asegura que todas las áreas sean notificadas y obliga a que la orden sea revisada, ya que la lista no avanza a la siguiente persona si previamente no ha sido firmada por la persona correspondiente; a su vez, la lista tiene determinado orden. Cuenta con las 5 fases que son redacción, edición, implementación, procesamiento y cierre y es hasta la etapa de implementación que se puede liberar el diseño.

Durante la definición y redacción de la orden de trabajo se debe adjuntar un archivo que contenga el cambio de forma visual, el cual debe ser claro y preciso con el fin de que todas las áreas, en especial las que no están relacionadas con la ingeniería, puedan entender el cambio que se pretende hacer en el arnés. El archivo se llama VCD, *Visual Change Document*, dentro del área eléctrica los cambios relacionados con arneses suelen ser reemplazar, borrar o agregar algún componente, modificar algún ramal o cambiar el ruteo, es decir, el camino que tomará el arnés para el paso de los circuitos. La elaboración de este documento es otra de las actividades que realicé para las dos plataformas.

El DRBFM, *Design Review Based on Failure Mode*, es un archivo que documenta el análisis de los modos de falla que puede tener el cambio del diseño correspondiente a la orden. El DRBFM contiene los modos de falla del cambio, las consecuencias que puede generar en el auto, las causas raíces que pueden generar dichas fallas y las acciones preventivas de diseño o manufactura que se consideraron para evitar que ocurran tales fallas. El archivo generalmente es elaborado por el ingeniero de liberación, pero puede ser revisado por el arquitecto eléctrico o personal de calidad con el fin de obtener un análisis desde varios puntos de vista, el DRBFM debe agregarse a la orden desde la etapa inicial.

Ya que la orden de trabajo fue escrita y los documentos de apoyo están en la orden, el ingeniero de diseño la firma y automáticamente pasa a la segunda etapa del proceso donde será revisada, complementada y editada por las diferentes áreas mencionadas anteriormente.

Como había comentado, las ordenes de trabajo cuentan con 5 fases, la primera fase consta en redactar la orden, en esta etapa el DRE o yo escribimos la orden de trabajo describiendo el cambio de diseño que tendrá el número de parte, registrando qué vehículo es el implicado, es decir, la marca, el año modelo y qué modelo del vehículo se trata, de igual forma documentando quién es el responsable de la parte, el área de ingeniería al que pertenece, la etapa de construcción en la que se implementará, si será necesario crear, modificar o eliminar algún número de parte, además de otros temas, como es el costo que tendrá realizar el cambio proporcionado por el proveedor, el tiempo que tardará en llevarse a cabo, la lista de las personas que serán notificadas como son diseñadores, supervisores, personal de compras, planta, dimensional y validación, quiénes aprobarán el cambio y firmarán de enterados.

Una vez escrita la orden de trabajo y adjuntado los archivos, la orden pasa a la segunda etapa donde cada persona de la lista de distribución, que se preparó en la primera fase, firma la orden de trabajo si es que aprueba el cambio, dicha lista lleva un orden donde los primeros en firmar son quienes evalúan si es factible el cambio a nivel ingeniería y planta, luego aspectos de validación y finalmente el personal de compras. Durante esta etapa si una persona no está de acuerdo, tiene dudas o solicita una modificación de la orden, puede ponerla en espera hasta que el dueño de la parte explique o modifique la orden cuantas veces sea necesario hasta que la firme la persona que esté deteniendo la orden. En esta etapa, es donde se generan los nuevos números de parte, si son necesarios, es decir, si el modelo tuvo modificaciones en el diseño o si cambia el año modelo del arnés. La última firma, es decir, la del gerente del programa es la que aprueba la orden de trabajo, pasándola a la siguiente fase.

La etapa de Procesamiento es la tercera etapa. La orden de trabajo ya está aprobada para su implementación, en esta fase se liberan en el sistema los nuevos números de parte asignados en la etapa anterior y se revisan si el cambio implica algún cambio en el herramental y su respectivo costo si fuera el caso, por ejemplo los *brackets* al tener cualquier cambio de diseño, el molde de la pieza, los puntos de sujeción, numero de perforaciones o la programación del maquinado se ve afectado.

Ya que todos aprobaron el cambio, la orden avanza a su cuarta, etapa que es la etapa de implementación, aquí es donde la orden es aprobada por todos los integrantes de la lista y es hasta esta etapa que se puede modificar el dibujo tridimensional y liberar el diseño, tarea principal del ingeniero de diseño.

El modelado de arneses se realiza por medio del software *Unigraphics*, que cuenta con un módulo de enrutamiento, es decir, diseño de rutas. El software es una herramienta que permite visualizar el arnés en 3D para ayudar al usuario en la percepción del objeto, otra ventaja

es que se pueden agregar cuantos componentes se requieran para generar un ensamble y así visualizar cómo será su comportamiento y revisar posibles interferencias con su alrededor.

La creación, edición, simulación y eliminación de rutas son las características más destacadas de este módulo ya que permite ver el comportamiento del cable como posibles puntos de estrés, dirección o longitud dependiendo del grosor que tenga el circuito o los puntos de control que se propongan para direccionar la ruta cuidando que los puntos de inicio y fin siempre se encuentren bien conectados, ya que de lo contrario marcará errores más adelante del proceso.

Las modificaciones se ejecutan de acuerdo con el documento visual de cambios, en seguida se corre el proceso que genera todos los circuitos de cada número de parte que tiene el archivo maestro para finalmente liberar el número de revisión, es decir, congelar el archivo de manera permanente para su futura manufactura. Cuando el dibujo 3D está liberado, las personas de la lista de distribución vuelven a firmar de enterados y así se llega a la quinta y última etapa que es cerrar la orden de trabajo.

Otra actividad que realizo, son las notificaciones que se envían a proveedor sobre un cambio de diseño. Este archivo debe mencionar tanto los datos técnicos del número de parte, como la razón del cambio, además de tener una ayuda visual del dibujo 3D del arnés indicando cuales son los cambios. El documento no es requerido en la orden de trabajo, pero se debe hacer al mismo tiempo, ya que se le debe enviar al proveedor para poder obtener una cotización del cambio, información que debe estar al principio de la orden.

El proceso anterior, son los pasos que se llevan a cabo para realizar cualquier cambio en los arneses, en donde el archivo que explica mediante imágenes el cambio a realizar, el análisis que muestra las ventajas y desventajas de realizar el cambio, el documento que informa a proveedor sobre el cambio para su ejecución y cotización, y por último, la implementación del cambio en el dibujo 3D junto con su liberación, son algunas de las actividades que efectué para el desarrollo del diseño de los arneses.

Por otra parte, cuando un vehículo en cualquier parte del mundo, sufre de algún problema que involucre la seguridad del cliente, es un motivo para levantar un aviso a nivel mundial, para detectar si existe o no la misma condición en cada modelo de vehículo. Para las plataformas en las que trabajo, estuve encargada de realizar dichos análisis.



Figura 11: Principio del Read Across.¹¹

Mi participación como ingeniera de diseño se enfocó en la fase de implementación de las órdenes de trabajo, es decir, ajustando los modelos 3D de los arneses según lo indicara cada orden. Al principio trabajé las órdenes asignadas para cualquier arnés de todas las plataformas del departamento. Aproximadamente 3 meses después, fui designada para trabajar exclusivamente en el arnés de la carrocería del Cadillac XTS debido a que el dibujo 3D no se encontraba actualizado con respecto a lo que se manufacturaba hasta ese momento. Trabajé para los años modelo 2014, 2015 y 2016 y éste arnés posee 2 listados maestro de partes por año modelo y 3, para 2016.

Durante los últimos 5 meses actualicé los modelos 3D de todas las familias de arneses para la Chevrolet Captiva y la plataforma que engloba a las camionetas Chevrolet Equinox y la GMC Terrain. En esta última etapa, es donde contribuí con actividades adicionales al diseño como fueron la elaboración de las notificaciones de los cambios de diseño que se envían a proveedor, de la creación y redacción de la orden de trabajo, de los archivos visuales de dichos cambios y de los estudios de modos de fallas, estos dos últimos documentos se deben adjuntar a las órdenes.



Figura 12: Vehículos trabajados en el diseño de arneses.¹²

Además, realicé los estudios, analizando si los vehículos mencionados anteriormente cumplían con las condiciones de fallas de seguridad de acuerdo con las alertas que surgían y los archivos de estudio donde analicé el comportamiento que tendrá el arnés con respecto al ambiente del vehículo que lo rodea si se efectuará algún cambio en su diseño antes de implementarlo físicamente. En algunas ocasiones tuve la oportunidad de proponer algunos cambios de diseño (ruta del arnés y localización de componentes), logrando el objetivo de disminuir la cantidad de material, cambiar la ruta de algún arnés que estaba siendo dañado y actualizando componentes.

Organización de las familias de arneses.

En este capítulo, explicaré qué son y el porqué de las familias de arneses, de los números de parte y de los RPOs como introducción del proyecto que realicé con el fin de entender la importancia que tiene cada uno de ellos para el proyecto.

Existe una gran diversidad de marcas automotrices en el mercado a nivel mundial; cada marca, a su vez, diseña cierta cantidad de modelos de vehículos y estos últimos también poseen niveles de equipamiento distintos dentro de un mismo modelo de automóvil. Las características más significativas suelen ser el motor, radio, quemacocos, número de puertas, si es eléctrico o no, transmisión, entre otros.

Cada característica o función que tiene el automóvil representa, eléctricamente hablando, determinada cantidad y configuración de conectores y cables. Debido a esta variedad de especificaciones que tiene un vehículo, como resultado las combinaciones que pueden formar dichas características incrementan exponencialmente, por lo que se tendrían que fabricar una gran cantidad de versiones de estos arneses para poder cubrir todos los niveles de equipamiento que ofrece cada modelo de automóvil. Por esta razón se hace una segmentación del arnés para que cada segmento o familia se localice en una determinada zona del automóvil y al final todas las familias puedan interconectarse y trasladar la señal de un lugar a otro.

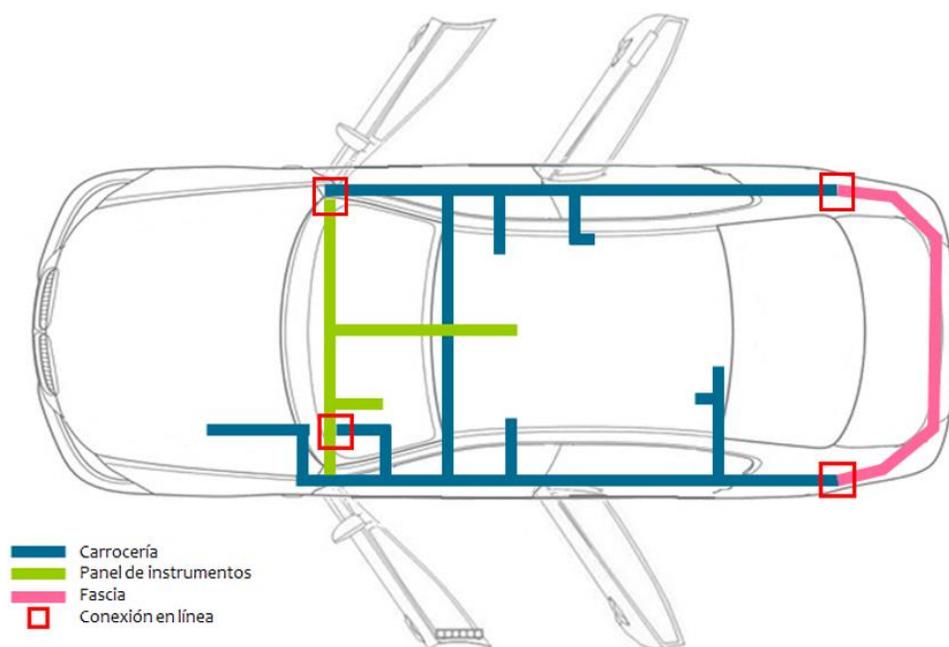


Figura 13: Distribución de los arneses y ubicación de las conexiones en línea.

Por ejemplo, si un vehículo ofrece dos tipos de transmisiones, habría que hacer dos arneses iguales con excepción de la parte del motor pero si segmentamos el arnés en familias, para los tipos de transmisión el arnés de motor es el único arnés que será diferente.

Las familias de arneses se pueden clasificar de acuerdo a su tamaño y al número de conectores que poseen. El primer tipo de arnés se llama *Pigtail* y son circuitos que ya vienen integrados al módulo en uno de sus extremos, es decir, cuando se adquiere el módulo, éste ya está ensamblado con el cable y conector que necesita, por lo que, para alimentar el módulo sólo se requiere el conector que proviene del arnés.

Los *Jumpers* son el segundo tipo de arnés. Por lo general, los *jumpers* sólo van de punto a punto, es decir, solo cuenta con dos o tres conectores como máximo y por lo mismo, son arneses pequeños. Las familias del *trailer*, *heater cord* o cables de batería se encuentran dentro de esta clasificación.

El resto de las familias conforman el último tipo de arnés, quienes permiten mayor cantidad de conexiones, ya sea con módulos o con otros arneses, estas últimas son llamadas conexiones en línea. Las familias de arneses como el de la fascia, *Headliner* quien pasa por el toldo del vehículo, asientos y *Door trim* que conecta los *swtiches* del interior de las puertas son considerados familias pequeñas. El arnés de consola, lámparas delanteras y puertas son consideradas de las familias medianas mientras que el arnés de la carrocería, el del panel de instrumentos y del motor son las familias más grandes y por tanto, complejas.



Figura 14: Tipos de arneses, de derecha a izquierda: *Pigtail*, *Jumper* y *Arnés*.¹³

El arnés de carrocería es quien interconecta a la mayoría de las familias de arneses entre sí, por ejemplo, para el funcionamiento de la cámara de reversa; la señal de la cámara pasa por el conector proveniente del arnés de la fascia trasera y viaja a través de él hasta la conexión en línea con el arnés de la carrocería, quien a su vez lleva la señal hasta el panel de instrumentos donde existe otra conexión en línea para finalmente ser llevada a la pantalla ubicada en el panel de instrumentos.

Como mencioné antes, las funciones u opciones de equipamiento diferencian de un arnés a otro cuando ambos pertenecen a una misma familia para un mismo vehículo. Estas opciones son llamadas RPOs, *Regular Production Option*, entonces un RPO puede representar un radio, bocina, sistema de navegación, sistema de asistencia, transmisión, etcétera pero no

solamente eso, sino que representa el nivel de la opción, por ejemplo en el caso del radio existe un RPO para el radio base, otro para el radio intermedio y otro para el radio más equipado ya que el tener entrada USB, conexión Bluetooth o pantalla táctil representan circuitos y conectores diferentes para el arnés.

Otro ejemplo, son los sensores de proximidad de la fascia delantera, un vehículo puede ofrecer 3 sensores de proximidad para su versión equipada, un sensor para la versión intermedia y no tener sensores para la versión básica. La cantidad de sensores es proporcional al número de conectores que necesita el arnés para alimentar y asegurar la operación de cada sensor por lo que se necesita tener tres versiones de arnés para el modelo en cuestión.

Todos los arneses cuentan con al menos una opción de equipamiento y van dependiendo según el tipo de arnés, dichas opciones están dentro de una cadena de RPOs y estas últimas sirven para identificar el contenido que posee cada arnés para saber a qué construcción pertenece, los RPOs son representados mediante un código alfanumérico de 3 caracteres y siempre van acompañados de un operador lógico, al principio, para identificar si el arnés tiene o no el RPO en cuestión.



Figura 15: Ejemplificación de las conexiones en línea.¹⁴

Cabe aclarar que la cadena de RPOs no necesariamente debe tener todas las opciones que tenga el arnés, entre más pequeña sea la cadena es mejor pero si debe tener los suficientes RPOs como para que un vehículo llame a uno y sólo un arnés de cada familia. En el área eléctrica, a una agrupación de RPOs se le conoce como número de parte.

Un número de parte es todo aquel elemento que integra al automóvil, llámese clip, conector, arnés, volante, puerta, fascia, asiento, motor, lámparas, espejo, etcétera. Su identificación es por medio de un número de 8 dígitos. Por lo que dentro del departamento

eléctrico, un número de parte va desde los componentes que integran a un arnés tales como conectores, clips o *brackets*, hasta el propio arnés.

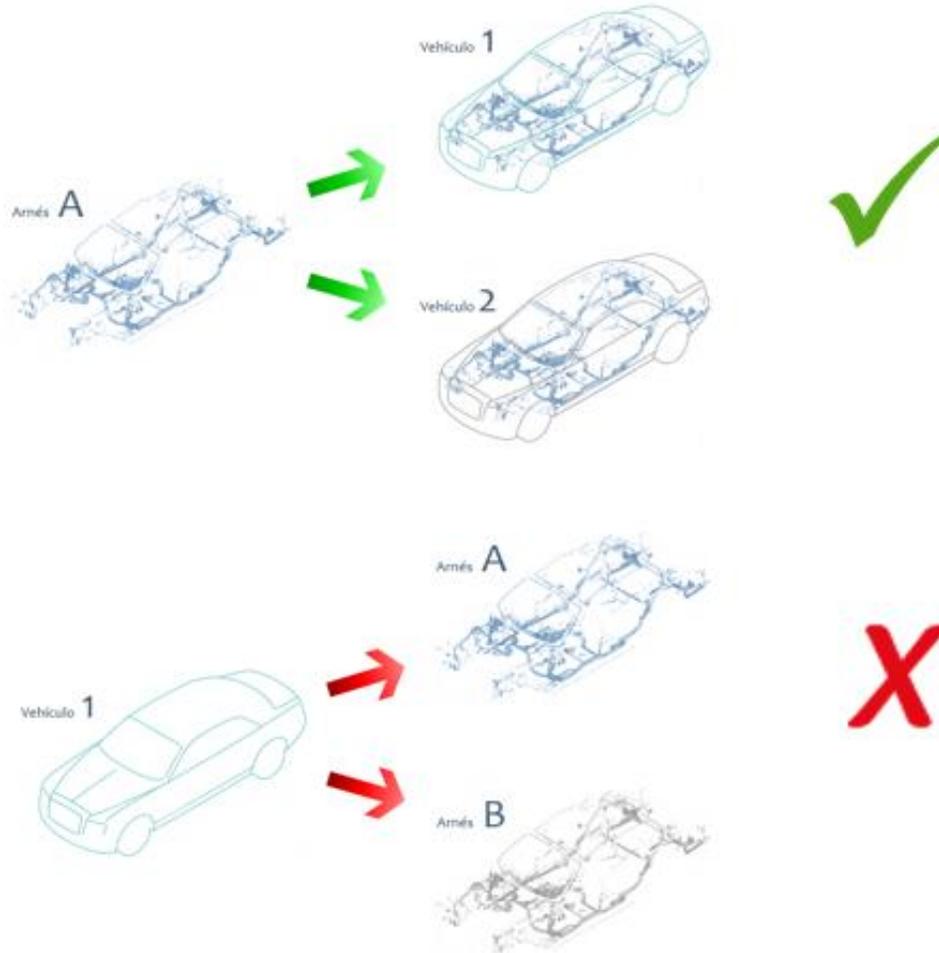


Figura 16: Visualización de la clasificación de las familias de arneses.¹⁵

Ahora bien, debido a que existe uno o más números de parte por cada familia de arnés, ya sea el de la carrocería, panel de instrumentos o motor por cada vehículo y por cada año modelo, no puede haber un dibujo 3D por número de parte ya que implicaría tener que editar cada uno de ellos para poder actualizar el diseño del arnés. Como solución, las familias de arneses tienen también asignado un número de 8 dígitos llamado listado maestro de partes que es la visualización de todos los números de parte de una familia en un sólo archivo. Si el número de parte maestro sólo posee un número de parte, se le conoce como *Single* y regularmente ocurre con los arneses pequeños, por ejemplo, el arnés que conecta al generador o el que conecta la batería.

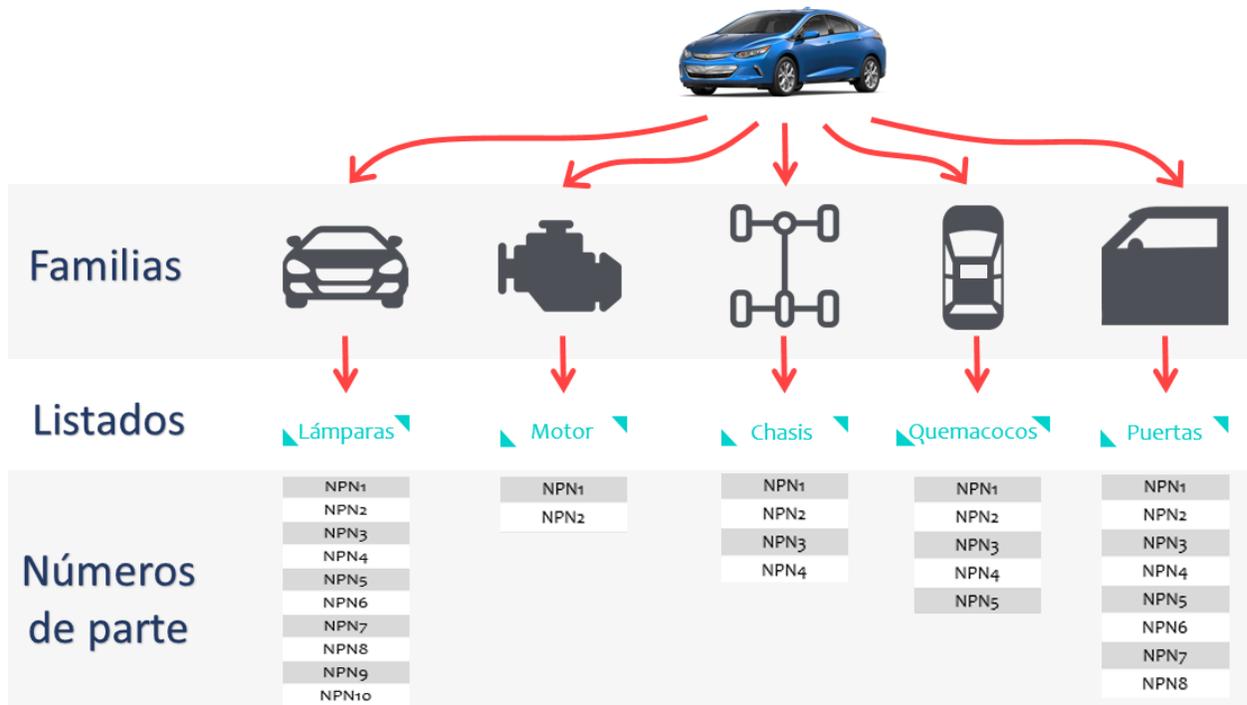


Figura 17: Visualización de la clasificación de las familias de arneses.¹⁶

Agrupación de números de parte por contenido.

Como mencioné anteriormente, los listados maestros pueden contener más de un número de parte y esto depende de las características o de los niveles de equipamiento que ofrece el automóvil, entre más complejo es el arnés mayor será la cantidad de números de parte necesarios para cubrir todas las opciones del vehículo. Una práctica común para reducir esta cantidad es comunizar arneses, es decir, agregar contenido extra como conectores, clips o cables a un número de parte ya existente para ser utilizado en el vehículo que requiere el nuevo contenido y en el vehículo que necesita el número de parte ya existente.

Todo cambio que afecte la forma o función del arnés, requiere un nuevo número de parte, con el fin de poder identificar y registrar el nivel de diseño que tiene cada arnés. Los cambios de diseño de cada listado maestro quedan registrados en revisiones, las cuales son liberaciones de diseño, cada revisión contiene números de parte diferentes. Regularmente, un listado es efectivo por un año modelo al principio del programa, debido a que en esta etapa, el diseño aún no es definitivo, pero durante la etapa final el listado permanece igual. A continuación, se muestra una imagen ilustrando el cambio de números de parte a lo largo de la vida de todo vehículo.

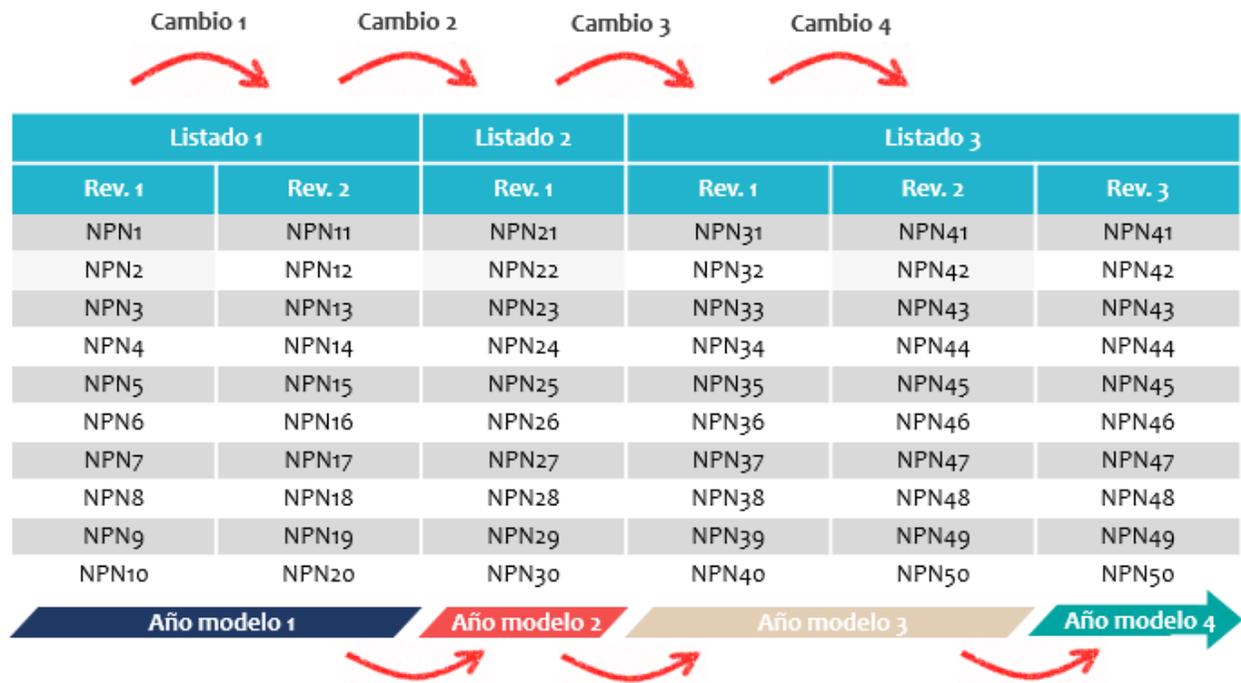


Figura 18: Visualización de la evolución de números de parte respecto a los cambios.

Con el tiempo, el ingeniero de diseño agrega o elimina contenido eléctrico del arnés conforme el vehículo lo requiera, ya sea un clip, un conector o un ramal, lo que representa tener que agregar o eliminar números de parte, es decir, variantes del arnés y, a su vez, cambiar números de parte (renombrarlos). Si el cambio consiste en agregar uno o dos cables, se agregan nuevos números de parte como se requieran sin analizar si es posible y factible comunizarlos.

La falta de este análisis, con el tiempo, lleva a que el listado maestro contenga números de parte de más que pueden ser absorbidos por otros. Esto representa, para el ingeniero de liberación, tener una mayor cantidad de números de parte en el archivo 3D, esto hace que cada vez que se tenga que liberar el diseño debido a un cambio, la *netlist* tardará más tiempo en realizar la simulación de los circuitos y durante este tiempo, la eficiencia de la computadora se ve limitada, adicionalmente a queda inhabilitado el software para otras tareas que requiera de *Unigraphics*. Como se sabe, el tiempo depende del número de circuitos del arnés, determinado por el arquitecto eléctrico y de la cantidad de números de parte, determinado por el ingeniero de liberación, que puede tardar desde cinco minutos hasta una semana. Para finanzas, implica tener que pagar a proveedor el mantenimiento de cada número de parte que tenga en existencia. Para planta, representa tener que almacenar, separar y llevar una mayor logística de cada número de parte.

Comunización de números de parte

Es aquí donde surge la estrategia de la reducción de complejidad, *Complexity Reduction*, o también llamada comunización, la idea general es crear física y eléctricamente un arnés que pueda ser ensamblado en dos o más vehículos con diferentes requerimientos eléctricos sin afectar el funcionamiento eléctrico de cada vehículo, en otras palabras, eliminar la mayor cantidad posible de números de parte, agregando el menor contenido eléctrico, para asemejar dos o más números de parte y así poder eliminar los números de parte repetidos. Dicho contenido se denomina contenido de regalo y generalmente esta técnica se aplica en los arneses más grandes en cuanto a contenido, arnés de carrocería y panel de instrumentos principalmente.

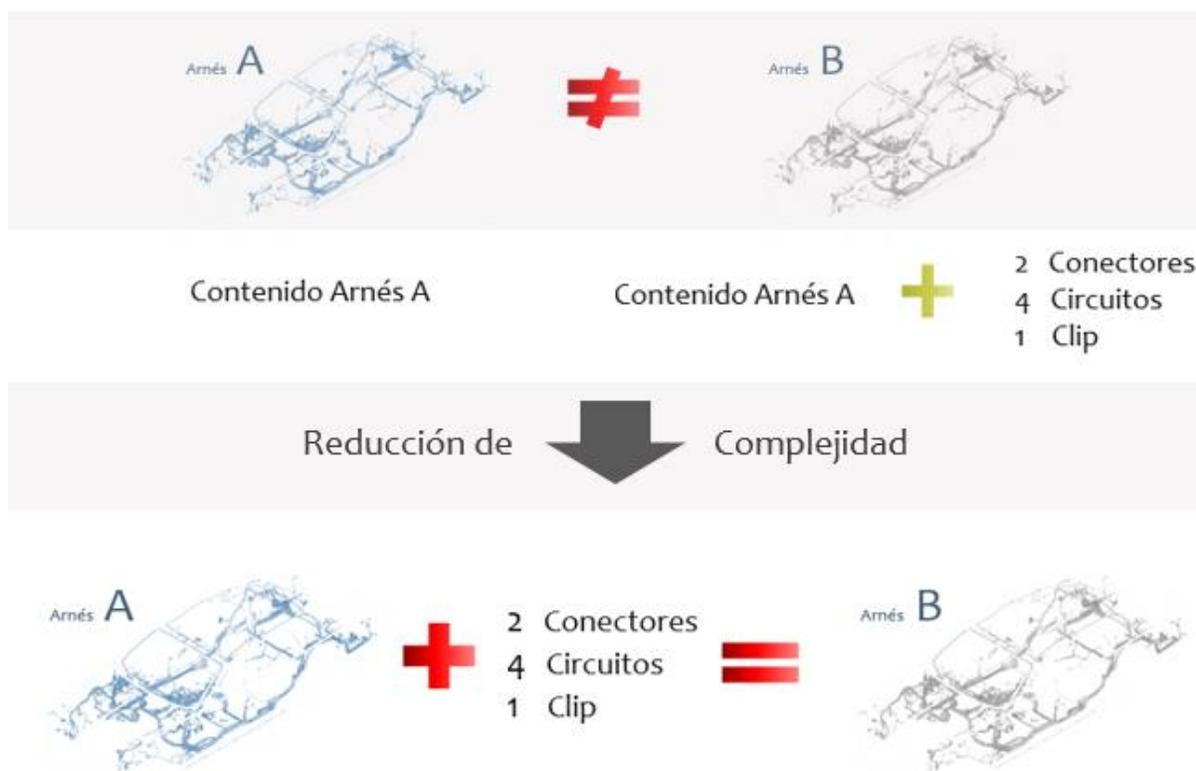


Figura 19: Principio de la reducción de complejidad.¹⁷

Si se tienen dos números de parte y la diferencia, por ejemplo, sólo es un RPO que representa tres cables y un conector, se analiza si puede agregarse dicho contenido al número de parte que se desea conservar, si el contenido extra no afecta al vehículo entonces se elimina el número de parte con menor contenido y el arnés que recibe el contenido extra se utilizará para construir ambos vehículos, editando su cadena de liberación previamente, sin olvidar que para eliminar el primer número de parte se analizó si conviene regalar dicho contenido eléctrico a seguir manteniendo en existencia el número de parte en cuestión.

No se debe confundir cuando se dice que un arnés puede ser utilizado en dos o más vehículos con que un vehículo deba llamar a un solo número de parte de arnés por familia. Un número de parte puede estar en más de un vehículo siempre y cuando no afecte las funciones o requerimientos de dicho vehículo.

En el ejemplo anterior, se considera un caso ideal, ya que se deben considerar varios factores antes de poder eliminar un número de parte, los cuales serán descritos en el capítulo siguiente. También explicaré por qué en raras ocasiones la diferencia entre dos números de parte se reduce a unos cuantos cables.

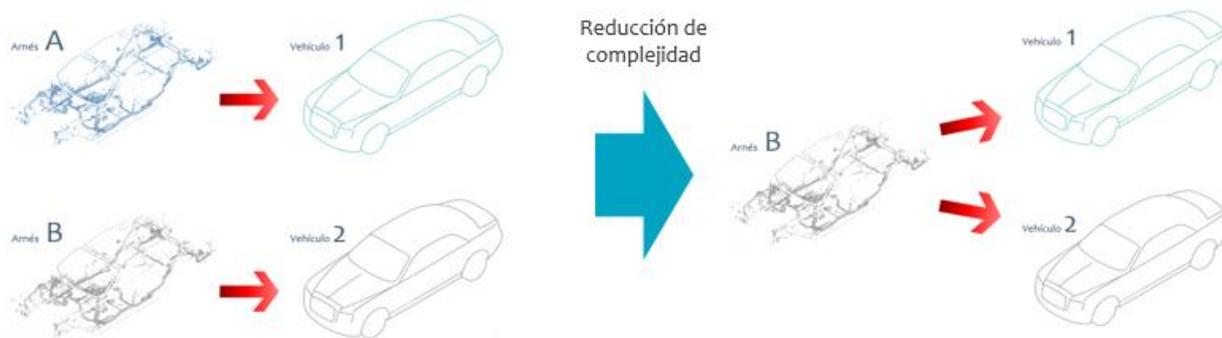


Figura 20: Uso de la reducción de complejidad.¹⁸

Proyecto: Reducción de complejidad.

Mi participación en la empresa consistió en realizar un proyecto durante 6 meses donde aportara una mejora en algunas familias de arneses para dos automóviles que ya se encontraban en producción regular. Dicho proyecto consistió en aplicar la técnica de la reducción de complejidad para conseguir reducir costos por manejo de material en planta y manejo de números de parte para el proveedor.

En este capítulo, explicaré cómo se lleva a cabo la comunicación de números de parte, cuántos métodos existen y cuáles son las ventajas de cada método. Utilizaré una familia de arnés como ejemplo para poder comparar resultados y llegar a una conclusión. A partir de ella, aplicaré este método en las familias de arneses restantes y haré un estimado de la reducción de costos que se obtuvo.

Métodos utilizados para la comunización de arneses

Existen dos métodos para comunizar números de parte. La primera técnica consiste en realizar el análisis de forma manual, es decir, analizando la matriz de RPOs del arnés para identificar qué contenido puede ser regalado e identificar cuáles números de partes pueden ser eliminados y cuáles los cubrirán. La segunda técnica es utilizar una herramienta, propiedad de *General Motors*, que determina cuántos números de parte se necesitan para cubrir todos los requerimientos, cual es el contenido de cada número de parte y el valor del contenido de regalo. A continuación mostraré más a detalle en qué consiste cada método.

Método 1. Análisis manual.

El primer paso que realicé fue agrupar números de parte que sean similares en cuanto a contenido de RPO (opciones de equipamiento) con la ayuda de la Matriz de RPOs, la cual es una tabla que muestra las opciones que contiene cada número de parte de una familia de arnés. La primera columna está integrada con los diferentes números de parte que contiene el archivo maestro y los RPOs se encuentran en el resto de las columnas (no existe un número definido de columnas ya que varía según la familia, complejidad del arnés y las características del vehículo).

A continuación, se muestra la estructura de una matriz de RPOs donde *NP* representa un número de parte de 8 dígitos que conforma una familia de arnés y *RP* representa un RPO u opción de equipamiento que posee el vehículo.

	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RP10
NP1	X	X	X	X		X	X	X	X	
NP2	X			X	X			X	X	X
NP3	X		X		X		X	X		X
NP4		X		X	X		X	X		
NP5		X	X	X		X		X	X	

Tabla 1: Representación de una matriz de RPO.

Para reducir las diferencias de contenido y así asociar fácilmente los números de parte con contenido similar, hay RPOs que en algunos arneses representan el mismo contenido eléctrico ya que la diferencia del RPO a nivel circuito se encuentra en otra familia de arnés, es decir, si el vehículo tiene sensores de proximidad, esto para la fascia delantera representa 3 RPOs diferentes mientras que para el arnés del panel de instrumentos representa si tiene o no sensores de proximidad. Esta información se encuentra dentro de la *netlist* de la revisión correspondiente al nivel de diseño a analizar.



Figura 21: Visualización de las diferencias entre los números de parte.¹⁹

La *netlist* es un conjunto de cinco archivos que desarrolla el arquitecto eléctrico, la cual contiene la información sobre las conexiones que existen en una familia de arnés, esto es, contiene las características de cada cable por número de parte del listado maestro tales como nombre, calibre, tipo de recubrimiento que lleva, longitud del cable, el conector y la cavidad de donde sale

el circuito y el conector y la cavidad a donde llega, la familia de arnés, la descripción (función que realiza), los RPOs que están asociados al circuito, entre otros datos.

La *netlist* es la versión en texto del esquemático, diagrama eléctrico del automóvil, que es generado por el Arquitecto Eléctrico donde se visualizan todas las conexiones del automóvil tanto de los circuitos como de los módulos a los que conectan las diferentes familias de arneses en un mismo archivo.

El único dato que no determina el arquitecto es la longitud de los circuitos ya que dependen de la ruta dentro del automóvil que el ingeniero de liberación o de diseño haya diseñado. Para actualizar la *netlist* con las longitudes reales de los circuitos, el ingeniero de liberación ingresa la *netlist* al dibujo 3D del arnés y una vez que el ingeniero previamente le haya asignado el correspondiente nombre a cada conector y empalme, se corre el proceso donde el software *Unigraphics* calcula la longitud de cada circuito con base en la ubicación de los conectores y de la ruta que sigue la línea o guía que los conecta.

Una vez que localicé los RPOs que representan el mismo contenido eléctrico para la familia de arnés, edité la matriz de RPOs de tal modo que las columnas de dichos RPOs quedaran iguales ya que para la familia de arnés a estudiar dichos RPOs le son indiferentes en cuanto a circuitos. Tomando como ejemplo la tabla anterior, y que la *netlist* dice que el RP3 y RP9 son iguales para la familia de arnés, entonces la matriz de RPOs quedaría de la siguiente manera.

	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RP10
NP1	X	X	X	X		X	X	X	X	
NP2	X		X	X	X			X	X	X
NP3	X		X		X		X	X	X	X
NP4		X		X	X		X	X		
NP5		X	X	X		X		X	X	

Tabla 2: Ejemplo de matriz de RPO simplificada.

Teniendo la matriz de RPOs simplificada, encontré los números de parte que tienen similar contenido eléctrico considerando las restricciones que tienen ciertas opciones, para que la propuesta sea robusta, busqué que la diferencia de RPOs en dos o más números de parte fuera la menor posible para que así sea más factible regalar el contenido que los diferencia.

	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RP10
NP1	X	X	X	X		X	X	X	X	
NP2	X		X	X	X			X	X	X
NP3	X		X		X		X	X	X	X
NP4		X		X	X		X	X		
NP5		X	X	X		X		X	X	

Tabla 3: Ejemplo de matriz de RPOs con identificación de número de parte.

Una vez identificadas las parejas de números de parte a estudiar, busqué lo que representa la diferencia de contenido entre los números de parte a nivel componente, es decir, circuitos, conectores o clips apoyándome de la *netlist* que extraigo del dibujo 3D del arnés, ya que es necesario saber la longitud de los circuitos porque al final del análisis, la longitud se vuelve un factor decisivo al momento de llevar a cabo el análisis de costos.

Si la diferencia son únicamente circuitos, entonces se investiga que las cavidades del conector del número de parte base estén libres para cuando el vehículo no utilice los circuitos a regalar. Si la diferencia son circuitos y conectores, además de la búsqueda previa se debe revisar que estos conectores físicamente no tengan alguna interferencia cuando está instalado en el vehículo contra el propio arnés o contra otro componente porque normalmente un RPO representa circuitos, empalmes, conectores y clips pero hay casos en que la ausencia de un RPO puede significar que existe un contenido eléctrico diferente, si ese fuera el caso en alguna de las parejas, la opción no se podría regalar. Si es posible regalar el conector entonces se observa si el ramal lleva algún clip, para el cual también se debe revisar que el vehículo cuente con el orificio donde será insertado.

Otro factor que se debe de considerar es el volumen de producción del arnés, por lo regular entre más equipamiento tenga el número de parte, menor será el volumen que solicite la planta, ya que se trata de un automóvil con mayor costo lo que significa que su demanda es menor con respecto a otros números de parte. Si es grande el volumen de producción, el contenido de regalo debe ser mínimo para que convenga hacer la reducción en cuestión de costos.

Una vez obtenidos los números de parte implicados y las propuestas del contenido a regalar, según sea el caso para cada pareja de números de parte, las presenté con el arquitecto eléctrico quien verificó con base en los esquemáticos que no existieran problemas de interferencias en las cavidades de los conectores y analizó si se debían cambiar algunos calibres de los circuitos para soportar la corriente en caso de que se tenga que regalar algún empalme.

Una vez aprobada la propuesta, el ingeniero de liberación evaluó los costos y analizó, en caso de que el contenido de regalo sean conectores, cómo se empaquetarán, es decir, como se encintará el ramal al mismo arnés para cuando no se requiera su conexión ya que aunque exista

el conector, su contraparte no estará en el vehículo y el ramal no puede quedar suelto ya que generará ruido al vehículo y vibración al arnés al tener contacto con otras partes. Adicionalmente, si el conector está en una zona húmeda o exterior, las cavidades deben ser selladas en su totalidad para evitar intrusión de agua lo que significa agregar costo al contenido de regalo.

Método 2. Macro de Excel WHO.

El segundo método para obtener la menor cantidad de números de parte cubriendo todas las combinaciones de opciones que se requieren en el vehículo es utilizando una herramienta interna de *General Motors* llamada “WHO”. Dicha herramienta es una macro que permite determinar cuántos números de parte son necesarios, cuál será su costo, cuáles son los RPOS de cada número de parte y cuál será su cadena de liberación basándose en 3 archivos que se describen a continuación para poder cubrir dichas opciones.



Figura 22: Documentos requeridos para usar la macro Volume Predictor.²⁰

El primer documento es un archivo de Excel que contiene las opciones o RPOs de cada nivel de equipamiento, de cada marca automotriz y de cada región de mercado junto con su volumen de producción. Para obtener estos datos utilicé dos macros adicionales en Excel, ambas, propiedad de *General Motors*.

La primer macro se llama “GM Logic” la cuál es utilizada para revisar que las cadenas de liberación no generen errores en el sistema, es decir, que cada modelo de construcción llame a uno y solo a un número de parte por familia de arnés. Los datos que necesita esta macro son, el año modelo del vehículo, los niveles de equipamiento, la marca automotriz, el código para

identificar a los arneses y el código de la familia de arnés. La macro crea varias hojas de Excel con diferente información, una de ellas contiene las cadenas de liberación de cada número de parte por cada nivel de equipamiento del automóvil junto con los RPOs más representativos incluyendo el de mercado.



Figura 23: Documentos requeridos para usar la macro WHO.²¹

Esta pestaña representa parte de los datos de entrada para la segunda macro, llamada *Volume Predictor*, la cual, como su nombre lo indica, predice el volumen de producción que tendrá cada

número de parte para determinado año modelo del vehículo. Otro archivo que necesita el *Volume Predictor*, es una matriz que muestre el porcentaje de penetración que tiene una opción de cada nivel de equipamiento para cada marca y cada mercado de la plataforma del vehículo. A su vez, el *Volume Predictor* genera varias hojas, pero la macro WHO requiere aquella que contiene los datos de los volúmenes de producción por números de parte. Dicha hoja debe tener determinado formato, cuidando de no tener puntos o espacios en blanco ya que, en caso contrario, la macro WHO mostrará un error.

El segundo archivo que debe tener la macro es el número de circuitos que utiliza cada RPO junto con el costo que tienen todos los circuitos por opción de equipamiento. El arquitecto eléctrico es quien genera el archivo de circuitos por RPO de todo el vehículo. Con base en el archivo, busqué los RPOs junto con el número de circuitos que le aplican por familia de arnés y finalmente el costo de los circuitos lo agregué manualmente.

El último archivo, contiene los RPOs de cada número de parte en forma de matriz, los números de parte ocupan las filas y los RPOs encabezan las columnas. Es importante que el orden de las opciones sea el mismo en los tres archivos. Más adelante, mostraré los resultados que generó la macro WHO y compararé los resultados obtenidos con ambos métodos.

Proyecto y resultados.

El primer proyecto que realicé fue para el Chevrolet Impala, automóvil de gama alta vendido en Estados Unidos, Canadá y Medio Oriente. El arnés del panel de instrumentos fue la familia de arnés en la cual apliqué los dos métodos descritos anteriormente para realizar la comparación.

Los datos de la familia de arnés son los siguientes:

	Panel de instrumentos
38	Números de parte total
50	RPOs
3	Niveles de equipamiento

Tabla 4: Representa las características de la familia de arnés del Panel de instrumentos.

Con base en los métodos descritos anteriormente, a continuación mostraré las propuestas que obtuve, el análisis realizado y finalmente el resultado final de cada método para hacer un análisis comparativo entre ellos.

Método 1: Análisis manual.

Una vez analizada la matriz de opciones (RPOs) del arnés, obtuve las siguientes cinco propuestas para poder eliminar seis números de parte:

Panel de instrumentos									
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento				Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	IO5	IO6	KI6	LFR	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-11	15.0	-	IO6	-	-	-	-	-
	NP-24	1.4	-	IO6	-	-	-	-	-
	NP-22	1.8	IO5	-	-	-	2	0.35	2.541
2	NP-06	-	-	-	-	LFR	2	0.35	1.784
	NP-10	19.3	-	-	-	-	-	-	-
3	NP-09	-	-	-	-	LFR	2	0.35	1.784
	NP-36	0.1	-	-	-	-	-	-	-
4	NP-20	2.2	-	IO6	-	-	-	-	-
	NP-25	0.2	IO5	-	-	-	2	0.35	2.541
5	NP-16	5.7	-	-	-	-	-	-	-
	NP-43	0.0	-	-	KI6	-	2	2.5	2.262

Tabla 5. Representa las propuestas de los números de parte a eliminar.

Interpretando la tabla, con base en el método descrito en el capítulo anterior, los números de parte con menor contenido son los que intentaré eliminar para ser reemplazados por el segundo número sin que falten o sobren números de parte de esta familia y las funciones no sean afectadas en cada construcción de vehículo.

Por ejemplo, para la propuesta uno, el número de parte 11 y 24 tienen igual contenido pero la diferencia es la cadena de liberación, por lo que, uno de ellos será eliminado. Suponiendo que el número de parte eliminado será el NP-11 quedando NP-24 en su lugar. Entonces, de acuerdo al contenido eléctrico, el objetivo de la primera propuesta será que el número de parte NP-22 absorba a NP-24 para así poder eliminar éste último. La misma interpretación es aplicada para las demás propuestas; en la propuesta 2, NP-06 eliminará a NP-10 y así sucesivamente.

Una vez obtenidas las propuestas, fueron revisadas por el ingeniero de liberación y arquitecto, analizando el contenido u opciones a regalar. Finalmente, las propuestas rechazadas fueron las siguientes:

Panel de instrumentos									
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento				Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	IO5	IO6	KI6	LFR	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-11	15.0	-	IO6	-	-	-	-	-
	NP-24	1.4	-	IO6	-	-	-	-	-
	NP-22	1.8	IO5	-	-	-	2	0.35	2.541
2	NP-06	-	-	-	-	LFR	2	0.35	1.784
	NP-10	19.3	-	-	-	-	-	-	-
3	NP-09	-	-	-	-	LFR	2	0.35	1.784
	NP-36	0.1	-	-	-	-	-	-	-
4	NP-20	2.2	-	IO6	-	-	-	-	-
	NP-25	0.2	IO5	-	-	-	2	0.35	2.541
5	NP-16	5.7	-	-	-	-	-	-	-
	NP-43	0.0	-	-	KI6	-	2	2.5	2.262

Tabla 6: Representa las propuestas rechazadas.

Las propuestas resaltadas en color rojo fueron rechazadas, en ambos casos, el contenido a regalar es “IO5” que representa 2 circuitos coaxiales, eléctricamente es posible regalar los circuitos, desde el punto de vista de manufactura también, ya que es posible encintar los circuitos de forma tal, que no generen ruido pero en cuestión de costo, los cables coaxiales tienen alto costo.

Tomando como ejemplo la propuesta uno, los dos circuitos de IO5 habría que regalarlos para la producción de NP-11 y NP-24, es decir, el 16.4% del volumen de producción del arnés que representa cerca de 20,000 unidades. El mismo caso sucede para la propuesta 4. Finalmente, las propuestas finales son las que se muestran a continuación. Con ellas, los números de parte a eliminar son NP-11, NP-10, NP-36 y NP-16.

Panel de instrumentos									
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento				Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	IO5	IO6	KI6	LFR	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-11	15.0	-	IO6	-	-	-	-	-
	NP-24	1.4	-	IO6	-	-	-	-	-
2	NP-06	-	-	-	-	LFR	2	0.35	1.784
	NP-10	19.3	-	-	-	-	-	-	-
3	NP-09	-	-	-	-	LFR	2	0.35	1.784
	NP-36	0.1	-	-	-	-	-	-	-
5	NP-16	5.7	-	-	-	-	-	-	-
	NP-43	0.0	-	-	KI6	-	2	2.5	2.262

Tabla 7: Representa las propuestas finales.

Método 2. Uso de la herramienta WHO.

Para obtener los números de parte necesarios para cubrir las diferentes construcciones con base en la macro WHO, como mencioné anteriormente, es necesario utilizar previamente las macros *GM Logic* y *Volume Predictor*. Los datos que se ingresaron en estas macros fueron: tipo de vehículo, marca del vehículo, niveles de equipamiento, año modelo, código de la familia de arnés, los cuales son mostrados en la siguiente tabla.

	Panel de instrumentos
38	Números de parte total
50	RPOs
3	Niveles de equipamiento
2015	Año modelo
IP	Familia de arnés
Sedan	Tipo de vehículo
Chevrolet	Marca del vehículo

Tabla 8: Representa las características del arnés Panel de Instrumentos.

Estas dos macros generan la información de las opciones de equipamiento respecto al mercado que es el primero de los tres documentos que requiere la macro WHO. Para el segundo, se debe identificar la cantidad de circuitos que necesita cada opción y agregar el costo de los circuitos por opción, dicha información es obtenida de la *netlist*. El tercer y último documento lo conforma la matriz de RPOs representada con unos y ceros. Finalmente, los 3 archivos fueron cargados a la macro WHO, desplegando los datos siguientes.

Número de parte	%Volumen de producción	Contenido de regalo
NP1	0.8	\$18.32
NP2	4.1	\$4.14
NP3	1.6	\$8.11
NP4	11.4	\$0.03
NP5	6.8	\$1.17
NP6	12.5	\$0.1
NP7	12.9	\$0.26
NP8	13.6	\$0.09
NP9	0.7	0
NP10	8.7	0
NP11	7.6	\$0.94
NP12	6.1	\$0.38
NP13	4.4	0
NP14	4.1	\$0.71
NP15	4.6	\$0.01

Tabla 9: Representa los números de parte generados por WHO.

Análisis del resultado obtenido.

Adicional a la tabla anterior, otro dato desplegado por la macro es una matriz con los RPOs que tendrá cada número de parte con su respectivo porcentaje de penetración que se estima obtener, permitiendo identificar cuáles son las opciones consideradas como contenido de regalo. De igual forma, el contenido de cada columna, es decir, la opción de equipamiento, algunas veces representa un RPO restringido por algún otro. Por ejemplo, la siguiente tabla muestra algunas de las columnas que género la macro.

Número de parte	IO6-U2M/U2K	IO6&U2M/U2K	U2M/U2K-IO6	KA1	KA1-UEU	KA1&UEU
NP1	100.00%	35.22%	100.00%	9.50%	88.10%	21.40%
NP2			60.68%			
NP3			89.80%	78.42%	93.26%	85.16%

Tabla 10: Representa el contenido parcial de los números de parte.

En la tabla anterior, se observa que una columna representa el contenido de IO6 siempre y cuando el vehículo no requiera U2M o U2K (IO6-U2M/U2K) pero otra de las columnas tiene el contenido de IO6 cuando U2M o U2k están presentes (IO6+U2M/U2K), lo que indica que el contenido de IO6 es diferente dependiendo si U2M o U2k están presentes en el arnés o no, es decir, que las primeras dos columnas son mutuamente excluyentes.

Dicho esto, el contenido de las primeras dos columnas no puede estar en un mismo número de parte ya que son mutuamente excluyentes. Por esta razón, el número de parte “1” debe eliminar el contenido de la segunda columna y se debe crear un nuevo número de parte con el contenido borrado del primero para poder cubrir el requerimiento que pide el vehículo, como se muestra en la tabla siguiente:

Número de parte	IO6-U2M/U2K	IO6&U2M/U2K	U2M/U2K-IO6	KA1	KA1-UEU	KA1&UEU
NP1	100.00%		100.00%	9.50%	88.10%	21.40%
NP4		35.22%	100.00%	9.50%	88.10%	21.40%
NP2			60.68%			
NP3			89.80%	78.42%	93.26%	85.16%

Figura 24: Representa el nuevo número de parte y su contenido eléctrico.

El mismo caso ocurre con las columnas KA1-UEU y KA1+UEU que son mutuamente excluyentes también. Adicionalmente, la tercera columna, U2M/U2K-IO6, representa el contenido de U2M o U2K siempre y cuando no esté IO6, por lo cual hay que crear números de parte que cubran estas opciones. Al crear los nuevos números de parte, el resultado es el siguiente:

Número de parte	IO6-U2M/U2K	IO6&U2M/U2K	U2M/U2K-IO6	KA1	KA1-UEU	KA1&UEU
NP1	100.00%			9.50%	88.10%	21.40%
NP4		35.22%		9.50%	88.10%	21.40%
NP5			100.00%	9.50%	88.10%	21.40%
NP2			60.68%			
NP3			89.80%	78.42%	93.26%	85.16%



Número de parte	IO6-U2M/U2K	IO6&U2M/U2K	U2M/U2K-IO6	KA1	KA1-UEU	KA1&UEU
NP1	100.00%			9.50%	88.10%	
NP4		35.22%		9.50%	88.10%	
NP5			100.00%	9.50%	88.10%	
NP6	100.00%			9.50%		21.40%
NP7		35.22%		9.50%		21.40%
NP8			100.00%	9.50%		21.40%
NP2			60.68%			
NP3			89.80%	78.42%	93.26%	
NP9			89.80%	78.42%		85.16%

Figura 25: Representa el proceso de creación de números de parte según las restricciones de los RPOs.

Una vez analizados los primeros 3 números de parte que obtuvo la macro, sabemos que en realidad representan a 9 números debido a las agrupaciones de contenido permitidas. Aplicando este análisis para los números restantes, se obtienen al final 31 números de parte, es decir, se lograrían eliminar 7 números de parte con respecto a la cantidad inicial.

Comparación de resultados.

Variables	M. Manual	M. WHO
Número de parte eliminados	4	7
Costo del contenido de regalo	\$55,672	\$87,646
Ahorro de números de parte eliminados	\$9,200	\$16,100

Tabla 11: Representa los resultados de ambos métodos.

A primera vista, el resultado ideal sería el mostrado por la macro al tener solamente 15 números de parte de los 38 que hay originalmente, pero al analizar el contenido y contenido de regalo de cada uno de ellos, vemos que de esos 15 resultan ser 31 realmente y aun siendo 3 números de parte menos que los obtenidos por el método manual, el costo generado por el contenido de regalo de esos 31 números de parte sigue resultando superior con respecto al otro método.

Los conocimientos adquiridos fueron que la macro no toma en cuenta varios factores como, por ejemplo, no considera la estructura que debe tener la matriz de RPOs, factor que resultó esencial para mantener la cantidad de números de parte. Otro punto que no considera es el volumen de producción, al regalar más de un dólar en un elevado volumen de vehículos en más de una de las propuestas.

El volumen de producción y el costo del contenido de regalo fueron factores que consideré desde el principio del análisis y además al concluir el proyecto aprendí que otro elemento importante son la agrupación de los circuitos y la forma en que el contenido de regalo, en caso de ser conectores, pueda existir en un vehículo que no lo requiera sin crear ruido o filtración de agua en los circuitos, es decir, su empaquetamiento.

Debido a esto, utilicé el modo de análisis manual para las posteriores familias de arneses en las que se deseaba reducir números de parte para el Chevrolet Impala. El arnés de carrocería, lámparas delanteras y puertas fueron las familias analizadas. El análisis se realizó de igual forma para el arnés del panel de instrumentos del modelo XTS, perteneciente a la familia Cadillac.

A continuación, se muestran el detalle de las propuestas iniciales y finales de cada familia.

Chevrolet Impala.

- Arnés de carrocería.

	Carrocería
39	Números de parte total
69	RPOs
3	Niveles de equipamiento
2015	Año modelo
Body	Familia de arnés
Sedan	Tipo de vehículo
Chevrolet	Marca del vehículo

Tabla 12. Representa las características del arnés de Carrocería.

La siguiente tabla muestra a detalle el contenido de cada propuesta, tales como porcentaje del volumen de producción y diferencias entre los números de parte en cuanto a contenido (RPO) y su respectiva representación a nivel circuitería.

Carrocería								
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento			Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	IO5	IO6	UD7	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-36	1.4	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-38	1.8	-	-	-	-	-	-
2	NP-41	-	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-43	19.3	-	-	-	-	-	-
3	NP-42	-	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-44	0.1	-	-	-	-	-	-
4	NP-77	2.2	IO5	-	-	2	0.35	9.6
	NP-78	0.2	-	IO6	-	2	0.52&1.5	8.1

Tabla 13: Representa el contenido de cada propuesta de los números de parte a eliminar.

UD7		
Calibre	Circuitos totales	Longitud total
1	4	9.81 m
0.5	7	12.56 m

Tabla 14: Representa el contenido UD7.

IO6		
Calibre	Circuitos totales	Longitud total
1.5	1	4.05 m
0.52	1	4.05 m

Tabla 15: Representa el contenido IO6.

Carrocería								
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento			Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	IO5	IO6	UD7	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-36	1.4	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-38	1.8	-	-	-	-	-	-
2	NP-41	-	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-43	19.3	-	-	-	-	-	-
3	NP-42	-	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-44	0.1	-	-	-	-	-	-
4	NP-77	2.2	IO5	-	-	2	0.35	9.6
	NP-78	0.2	-	IO6	-	2	0.52&1.5	8.1

Tabla 16: Representa las propuestas rechazadas.

Carrocería								
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento			Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	IO5	IO6	UD7	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-36	1.4	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-38	1.8	-	-	-	-	-	-
2	NP-41	-	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-43	19.3	-	-	-	-	-	-
3	NP-42	-	-	-	UD7	11	0.35&0.5	22.378
	NP-44	0.1	-	-	-	-	-	-

Tabla 17: Representa las propuestas finales.

- Arnés de las lámparas delanteras.

 Lámparas delanteras	
11	Números de parte total
20	RPOs
3	Niveles de equipamiento
2015	Año modelo
Chevrolet	Marca del vehículo
Sedan	Tipo de vehículo

Tabla 18. Representa las características del arnés de Lámparas delanteras.

Lámparas delanteras						
Propuesta	Número de parte		Opción de equipamiento	Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	VRI	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-55	4.0	-	-	-	-
	NP-53	29.6	VRI	3	0.35&0.5	3,544
2	NP-51	14.9	-	-	-	-
	NP-54	15.3	VRI	3	0.35&0.5	3,544

Tabla 19: Representa el contenido de cada propuesta de los números de parte a eliminar.

Lámparas delanteras						
Propuesta	Número de parte		Opción de equipamiento	Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	VRI	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-55	4.0	-	-	-	-
	NP-53	29.6	VRI	3	0,35&0,5	3,544
2	NP-51	14.9	-	-	-	-
	NP-54	15.3	VRI	3	0,35&0,5	3,544

Tabla 20: Representa las propuestas rechazadas.

- Arnés de las puertas.

	Puertas
9	Números de parte total
17	RPOs
3	Niveles de equipamiento
2015	Año modelo
Chevrolet	Marca del vehículo
Sedan	Tipo de vehículo

Tabla 21. Representa las características del arnés de Puertas.

Puertas						
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento	Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	UFG	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-12	0.6	UFG	1	0.35	1.279
	NP-03	48.0	-	-	-	-
2	NP-07	0.6	UFG	1	0.35	1.279
	NP-01	48.1	-	-	-	-
3	NP-90	4.2	-	-	-	-
	NP-93	20.6	-	-	-	-
4	NP-92	0.2	-	-	-	-
	NP-91	8.7	-	-	-	-
5	NP-86	0.2	-	-	-	-
	NP-89	8.7	-	-	-	-
6	NP-88	20.6	-	-	-	-
	NP-87	4.2	-	-	-	-

Tabla 22: Representa el contenido de las propuestas finales.

Cadillac XTS

- Arnés del panel de instrumentos.

	Panel de instrumentos
63	Números de parte total
50	RPOs
3	Niveles de equipamiento
2016	Año modelo
IP	Familia de arnés
Sedan	Tipo de vehículo
Cadillac	Marca del vehículo
1	PPC
	Volumen de producción

Tabla 23. Representa las características del arnés de Panel de instrumentos.

Panel de instrumentos								
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento			Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	UFQ	UD5	TSP	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-42	7.7	-	-	-	-	-	-
	NP-63	6.8	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
2	NP-44	0.3	-	-	-	-	-	-
	NP-70	13.5	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
3	NP-73	0.9	-	-	-	-	-	-
	NP-47	0.1	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
4	NP-74	1.5	-	-	-	-	-	-
	NP-48	27.2	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
5	NP-54	0.1	-	-	-	-	-	-
	NP-49	1.6	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
6	NP-55	18.1	-	-	-	-	-	-
	NP-50	0.0	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
7	NP-56	0.4	-	-	-	-	-	-
	NP-51	0.1	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
8	NP-57	15.3	-	-	-	-	-	-
	NP-53	0.0	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
9	NP-60	0.9	-	-	-	-	-	-
	NP-62	5.1	-	-	TSP	7	0.5	5,885
10	NP-64	0.2	-	-	-	-	-	-
	NP-58	0.2	-	-	TSP	7	0.5	5,885

Tabla 24: Representa el contenido de cada propuesta de los números de parte a eliminar.

Panel de instrumentos								
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento			Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	UFQ	UD5	TSP	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-42	7.7	-	-	-	-	-	-
	NP-63	6.8	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
2	NP-44	0.3	-	-	-	-	-	-
	NP-70	13.5	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
3	NP-73	0.9	-	-	-	-	-	-
	NP-47	0.1	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
4	NP-74	1.5	-	-	-	-	-	-
	NP-48	27.2	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
5	NP-54	0.1	-	-	-	-	-	-
	NP-49	1.6	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
6	NP-55	18.1	-	-	-	-	-	-
	NP-50	0.0	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
7	NP-56	0.4	-	-	-	-	-	-
	NP-51	0.1	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
8	NP-57	15.3	-	-	-	-	-	-
	NP-53	0.0	UFQ	UD5	-	1	0.35	1,510
9	NP-60	0.9	-	-	-	-	-	-
	NP-62	5.1	-	-	TSP	7	0.5	5,885
10	NP-64	0.2	-	-	-	-	-	-
	NP-58	0.2	-	-	TSP	7	0.5	5,885

Tabla 25: Representa las propuestas rechazadas.

Panel de instrumentos								
Propuesta	Número de parte		Opciones de equipamiento			Circuitería		
	Nombre	% Volumen de producción	UFQ	UD5	TSP	No. De Circuitos	Calibre	Longitud
1	NP-42	7.7	-	-	-	-	-	-
	NP-63	6.8	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510
2	NP-44	0.3	-	-	-	-	-	-
	NP-70	13.5	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510
3	NP-73	0.9	-	-	-	-	-	-
	NP-47	0.1	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510
4	NP-74	1.5	-	-	-	-	-	-
	NP-48	27.2	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510
5	NP-54	0.1	-	-	-	-	-	-
	NP-49	1.6	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510
6	NP-55	18.1	-	-	-	-	-	-
	NP-50	0.0	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510
7	NP-56	0.4	-	-	-	-	-	-
	NP-51	0.1	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510
8	NP-57	15.3	-	-	-	-	-	-
	NP-53	0.0	UFQ	UD5	-	1	0.35	1.510

Tabla 26: Representa el contenido de las propuestas finales.

Conclusiones del proyecto.

El proyecto me ayudó a entender la importancia que tienen los números de parte, las familias de arneses y la influencia que tienen en el vehículo si existe algún error ya sea de contenido o de empaquetamiento.

La reducción de complejidad es una técnica para limitar la cantidad de números de parte y el tener la menor cantidad permite controlar el contenido de cada arnés, ya que entre más números de parte existan, se incrementa la posibilidad de tener errores al momento de liberar el diseño, teniendo conectores extras, circuitos faltantes o incorrectos o que la cadena de liberación sea incorrecta en algunos números de parte por mencionar algunos ejemplos.

Identifiqué los factores que determinan la cantidad y contenido necesario de los números de parte dentro de una familia de arnés, como son el volumen de producción y el empaquetamiento y costo del contenido de regalo. Los métodos que utilicé me permitieron aprender la importancia y la relación que tienen estos factores para el automóvil.

Conclusiones.

Los proyectos realizados en este reporte fueron el resultado no sólo de conocimientos teóricos sino también de habilidades y aptitudes que son las que me permitieron adquirir y aplicar dichos conocimientos en el área de trabajo con el fin de ofrecer a la empresa un resultado robusto. Es en este punto donde la Universidad tuvo un papel fundamental en mi formación tanto como profesionalista y como persona, ya que me proveyó los conocimientos técnicos necesarios para desempeñarme de la mejor manera en el ambiente laboral.

Además de los conocimientos técnicos, a lo largo de la carrera, la Universidad me dejó varias habilidades como el saber identificar y distinguir la información útil que servirá para concluir los proyectos o actividades. Considero que saber identificar objetivos, causas raíces y consecuencias son claves en el resultado de un proyecto.

La proactividad, es una actitud básica dentro del ámbito laboral, ya que me permitió enfrentar obstáculos, no pausar o detener el trabajo, disipar las dudas, pero sobre todo tener la disposición para seguir aprendiendo. Esta actitud es la que más me ha permitido seguir desarrollándome como profesionalista al impulsarme a tomar decisiones, buscar información y adquirir nuevo conocimiento. La proactividad dentro de la ingeniería, específicamente de la mecatrónica, que es una carrera multidisciplinaria, es un requisito, ya que brinda la oportunidad de buscar o aplicar nuevas formas de trabajo.

A lo largo del desarrollo tanto del proyecto como de las actividades descritas en este informe se pueden observar varias oportunidades en los que el trabajo en equipo y la comunicación interna fueron importantes para su realización. Toda empresa ofrece un producto y dicho producto es resultado de un conjunto de piezas más pequeñas y simples, por lo que, si una de ellas no cumple con su función correctamente, el producto final puede verse afectado. Lo mismo sucede con el equipo de trabajo, si no existe el trabajo en equipo, la calidad, tiempo de entrega y robustez del diseño de verán afectados.

Para esto, la comunicación es pieza clave para el trabajo en equipo, ya que es la que me permitió relacionarme con las diferentes áreas que interactúan con el diseño de arneses para así comprender sus necesidades o requerimientos y que el producto haya sido analizado y aprobado por las áreas. Mantener una constante comunicación también es un factor base dentro del equipo porque asegura obtener el producto en tiempo y forma.

Estas competencias y habilidades tienen como base valores como la responsabilidad, el respeto y la perseverancia que inicialmente son aprendidos en el hogar pero la Universidad es quien me ayudó a reforzarlos y, en consecuencia, a mantener y obtener nuevas habilidades que me ayuden a desenvolverme en cualquier lugar.

Tabla de contenidos.

Tabla 1: Representación de una matriz de RPO.....	29
Tabla 2: Ejemplo de matriz de RPO simplificada.	30
Tabla 3: Ejemplo de matriz de RPOs con identificación de número de parte.....	31
Tabla 4: Representa las características de la familia de arnés del Panel de instrumentos.	34
Tabla 5. Representa las propuestas de los números de parte a eliminar.	35
Tabla 6: Representa las propuestas rechazadas.	36
Tabla 7: Representa las propuestas finales.	36
Tabla 8: Representa las características del arnés Panel de Instrumentos.	37
Tabla 9: Representa los números de parte generados por WHO.	37
Tabla 10: Representa el contenido parcial de los números de parte.	38
Tabla 11: Representa los resultados de ambos métodos.	39
Tabla 12. Representa las características del arnés de Carrocería.	40
Tabla 13: Representa el contenido de cada propuesta de los números de parte a eliminar.	41
Tabla 14: Representa el contenido UD7.	41
Tabla 15: Representa el contenido IO6.	41
Tabla 16: Representa las propuestas rechazadas.....	41
Tabla 17: Representa las propuestas finales.	42
Tabla 18. Representa las características del arnés de Lámparas delanteras.	42
Tabla 19: Representa el contenido de cada propuesta de los números de parte a eliminar.	42
Tabla 20: Representa las propuestas rechazadas.	43
Tabla 21. Representa las características del arnés de Puertas.....	43
Tabla 22: Representa el contenido de las propuestas finales.....	44
Tabla 23. Representa las características del arnés de Panel de instrumentos.	44
Tabla 24: Representa el contenido de cada propuesta de los números de parte a eliminar.....	45
Tabla 25: Representa las propuestas rechazadas.	45
Tabla 26: Representa el contenido de las propuestas finales.	46

Tabla de imágenes.

Figura 1: Arnesees eléctricos automotrices.	4
Figura 2: Actuales marcas principales de <i>General Motors</i>	5
Figura 3: Diagrama explosivo de un conector hembra y macho.	7
Figura 4: Tipos de terminales.	7
Figura 5: Ilustración de un empalme.	8
Figura 6: Ejemplo de <i>Brackets</i>	9
Figura 7: Tipos de clips.	10
Figura 8: Tipos de <i>Grommets</i>	11
Figura 9: Organigrama del departamento eléctrico.	12
Figura 10: Fases de Órdenes de trabajo.	15
Figura 11: Principio del <i>Read Across</i>	18
Figura 12: Vehículos trabajados en el diseño de arneses.	19
Figura 13: Distribución de los arneses y ubicación de las conexiones en línea.	20
Figura 14: Tipos de arneses, de derecha a izquierda: <i>Pigtail</i> , <i>Jumper</i> y Arnés.	21
Figura 15: Ejemplificación de las conexiones en línea.	22
Figura 16: Visualización de la clasificación de las familias de arneses.	23
Figura 17: Visualización de la clasificación de las familias de arneses.	24
Figura 18: Visualización de la evolución de números de parte respecto a los cambios.	25
Figura 19: Principio de la reducción de complejidad.	26
Figura 20: Uso de la reducción de complejidad.	27
Figura 21: Visualización de las diferencias entre los números de parte.	29
Figura 22: Documentos requeridos para usar la macro <i>Volume Predictor</i>	32
Figura 23: Documentos requeridos para usar la macro <i>WHO</i>	33
Figura 24: Representa el nuevo número de parte y su contenido eléctrico.	38
Figura 25: Representa el proceso de creación de números de parte según las restricciones de los RPOs.	39

Referencias.

¹ *Electrical/Electronic Architecture*. [ilustración]. [Fecha de consulta: 20 Mayo 2016]. Recuperado de: <http://www.delphi.com/manufacturers/auto>

² *GM en México: Nuestra historia*. [en línea]. [Fecha de consulta: 20 Mayo 2016]. Disponible en: http://www.gm.com.mx/corporativo/gm_mexico/historia/

³ *Historia de General Motors GM*. [en línea]. [Fecha de consulta: 20 Mayo 2016]. Disponible en: <http://www.historiasdegrandes exitos.com/2008/10/historia-de-general-motors-gm.html>

⁴ Imágenes tomadas de:

- *2010 Camaro Ss Logo*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 8 Agosto 2016]. Recuperado de: <http://www.keyword-suggestions.com/MjAxMkIjYw1hcm8gc3MgbG9nbw/>
- *Buick Logo*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 8 Agosto 2016]. Recuperado de: <http://www.car-brand-names.com/buick-logo/>
- *2011 Cadillac Escalade Assorted Photos*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 8 Agosto 2016]. Recuperado de: <http://www.automotive.com/cadillac/escalade/2011/photos/assorted/t3-7-5-36527364/>
- *2017 GMC Sierra 1500 Spied With Covered Fascia*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 8 Agosto 2016]. Recuperado de: <http://gmauthority.com/blog/2015/04/2017-gmc-sierra-1500-spied-with-covered-fascias/>
- *Opel*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 8 Agosto 2016]. Recuperado de: <https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/opel-bolshe-ne-daet-pozhiznennoj-garantii-94683.html>

⁵ *Power Pack 1000 Portfolio*. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 12 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://www.delphi.com/manufacturers/cv/connection-systems/power-pack-connectors>

⁶ *Termination*. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 12 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://www.electripack.com/wire-harnessing/termination/>

⁷ *Special Processes*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 09 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://wireprocess.com/wordpress1/page/4/>

⁸ *Reese Towpower Wiring Mounting Bracket*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 08 Septiembre 2016]. Recuperado de: http://www.autozone.com/miscellaneous-non-automotive/wiring-mounting-bracket/reese-towpower-4-5-and-6-way-towing-electrical-mounting-bracket/969007_0_0/?checkfit=true

⁹ *Avery Dennison Cable Tie Product Guide*. [en línea]. [Fecha de consulta: 25 Mayo 2016]. Recuperado de: <https://automotive.averydennison.com/en/home/adas-products/engineered-fasteners.html>

¹⁰ Automotriz Productos de caucho/ goma Bellow manguera. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 08 Septiembre 2016]. Recuperado de: http://es.made-in-china.com/co_sanmengrubber/image_Automotive-Rubber-Products-Rubber-Bellow-Hose-SMC-065-_husirrgon_YKmtOGqrbgko.html

¹¹ Imágenes tomadas de:

- Search. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 12 Junio 2016]. Recuperado de: <https://azua.com/search.html>
- Pregunta. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 12 Junio 2016]. Recuperado de: <https://mauroaos.files.wordpress.com/2012/04/problemas3-450x450.jpg?w=529>
- Iconfinder. [en línea]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: <https://www.iconfinder.com/>

¹² De izquierda a derecha y de arriba a abajo:

- 2015 Cadillac ATS Coupe: Power, Elegance & Beauty. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 13 Septiembre 2016]. Recuperado de: <https://www.longislandpress.com/2014/11/19/2015-cadillac-ats-coupe-power-elegance-beauty/>
- GM muestra imágenes del Cruze Hatch. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 13 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://www.motornizate.com/tag/chevrolet-captiva/>
- 2010 Chevrolet Equinox First Drive. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 13 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://www.edmunds.com/chevrolet/equinox/2010/road-test-2/>
- 2015 Cadillac CTS V-Sport Up, Road Test, and In Depth Review. [Video]. [Fecha de consulta: 13 Septiembre 2016]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=uGZKK8HW5No>
- 2015 Cadillac XTS: New Car Review. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 13 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://www.autotrader.com/car-reviews/2015-cadillac-xts-new-car-review-229521>
- 2015 Chevrolet Impala Bi-Fuel Review. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 13 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://www.automobilemag.com/news/897849/>
- 2011 GMC Terrain | Premium. [Video]. [Fecha de consulta: 13 Septiembre 2016]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=he4Rn-yF7LY>

¹³ De izquierda a derecha:

- VW Polo MK5 6n2. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 02 Abril 2016]. Recuperado de: <http://www.ebay.es/itm/VW-Polo-MK5-6N2-1-0-1-4-Acelerador-Pedal-Del-Modulo-De-Sensor-021-907-475-D-/331906629858?hash=item4d472d40e2>
- Towing Wiring Harness. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 09 Septiembre 2016]. Recuperado de: <http://www.carid.com/curt/towing-wiring-harness.html>

-
- *Wiring Harnesses*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 02 Abril 2016]. Recuperado de: <https://www.sws.co.jp/en/product/wireharness/>

¹⁴ Imágenes tomadas de:

- *Cableado*. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 12 Junio 2016]. Recuperado de: <http://www.bmw.es/home/footer/1/glosario/cableado.html>
- *New 2016 Buick Verano 4DR SDN Sport Touring*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 13 Junio 2016]. Recuperado de: http://www.greinerGM.com/VehicleDetails/new-2016-Buick-Verano-4dr_Sdn_Sport_Touring-Victorville-CA/2746962603

¹⁵ Imagen tomada de:

Main Wiring Harness. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: www.estimatecentral.com

¹⁶ Imágenes tomadas de:

- *Salón de Detroit 2015: Chevrolet Volt segunda generación*. [Fotografía]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: <http://www.autologia.com.mx/2015/01/12/salon-de-detroit-chevrolet-volt-segunda-generacion/>
- *Flaticon*. [en línea]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: <http://www.flaticon.com/>
- *Iconfinder*. [en línea]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: <https://www.iconfinder.com/>

¹⁷ Imagen tomada de:

Main Wiring Harness. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: www.estimatecentral.com

¹⁸ Imagen tomada de:

Main Wiring Harness. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: www.estimatecentral.com

¹⁹ Imagen tomada de:

Spark Dot color blanco. [Ilustración]. [Fecha de consulta: 06 Mayo 2016]. Recuperado de: <http://www.corvetteassembly.com/media/mx/es/chevrolet/photos.detail.html/content/Pages/galleries/MX/Chevrolet/Cars/2014/2014-spark.html>

²⁰ Imagen tomada de:

Iconfinder. [en línea]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: <https://www.iconfinder.com/>

²¹ Imagen tomada de:

Iconfinder. [en línea]. [Fecha de consulta: 19 Mayo 2016]. Recuperado de: <https://www.iconfinder.com/>