



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE PUEBLA**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“CAMBIO DE MATERIALES Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN  
EN UNA PIEZA AUTOMOTRIZ CON AHORRO ECONÓMICO,  
SIN DETRIMENTO DE LA CALIDAD”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**PRESENTA:  
DANIEL ZAGOYA CANO**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. FILIBERTO CANDIA GARCÍA**

**PUEBLA, PUEBLA A 28 DE JUNIO DE 2024**



**BUAP**

Oficio No. SAC/0999/2024

**C. Daniel Zagoya Cano -940006641-  
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería  
Mecánica y Eléctrica  
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de esta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**“CAMBIO DE MATERIALES Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA PIEZA AUTOMOTRIZ CON AHORRO ECONÓMICO, SIN DETRIMENTO DE LA CALIDAD”**

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Director de tema al Dr. Filiberto Candia García.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z., a 07 de junio de 2024

M.I. Angel Cecilio Guerrero  
Director



M'ACGZ/M'VGL/barv  
C.c.p. Archivo

Facultad  
de Ingeniería

Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING - 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**Presente.**

El que suscribe: Dr. Filiberto Candia García, director del tema de tesis

**“CAMBIO DE MATERIALES Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA PIEZA AUTOMOTRIZ CON AHORRO ECONÓMICO, SIN DETRIMENTO DE LA CALIDAD”**

Presentada por el C. Daniel Zagoya Cano -940006641-, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/0999/2024 con fecha de emisión 07 de junio de 2024, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**Atentamente**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 14 de junio de 2024**

**Dr. Filiberto Candia García**  
**Director de Tema**

D'FCG/barv  
C.c.p. Archivo

CARTA COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

**VOLKSWAGEN DE MÉXICO, S.A. DE C.V.**  
SEGURIDAD VOLKSWAGEN

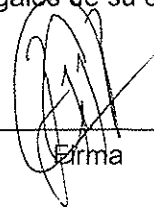
**Presente**

- Por medio de la presente me obligo a conservar como **CONFIDENCIAL** toda la información relacionada con el Departamento de Seguridad Volkswagen de México y/o los secretos de producción y/o la información que he recibido y/o reciba por parte de **Volkswagen de México, S.A. de C.V.** y/o sus Filiales y/o subsidiarias y/o su personal y/o terceros relacionados con ésta, desde el momento de su recepción, durante y después de la terminación de mis servicios.
- En estos términos se entenderá como información **CONFIDENCIAL** de manera enunciativa mas no limitativa: Todos los procedimientos, reportes, investigaciones, operativos, claves, planeación etc., así como todos los datos personales de cualquier empleado, técnico, proveedor así como cualquier información proporcionada por parte de Volkswagen de México, S.A. de C.V. y/o Seguridad Volkswagen.
- Reconozco y asumo las responsabilidades civiles y penales en las que puedo incurrir por el incumplimiento de mi obligación de no divulgación o revelación de la información **CONFIDENCIAL** que se refiere la presente carta, en los términos de los artículos 210, 211 del Código Penal Federal.
- Asimismo reconozco que la información **CONFIDENCIAL** constituye un Secreto Industrial de **Volkswagen de México S.A. de C.V.** en términos de lo previsto en el Título Tercero de la Ley de la Propiedad Industrial y que asimismo su revelación constituiría un delito en términos de lo previsto por la fracción cuarta del artículo 223 del mismo ordenamiento legal, reconociendo asimismo que los daños y perjuicios que podrían generarse a Volkswagen de México por el incumplimiento a este Acuerdo pueden ser significativos, por lo que acepto que Volkswagen de México podrá recurrir a cualquier medio para obtener la reparación de los daños y perjuicios que se le causen por el incumplimiento referido, siendo en todo momento el única responsable ante **Volkswagen de México S.A. de C.V.**.

Como constancia mi voluntad de sujetarme a los términos y condiciones de la presente carta y del conocimiento de la fuerza y alcance legales de su contenido.

Zagoya Cano, Daniel

Apellidos, Nombres



Firma

NC. 44072 cc. 8661 Área: M-EKA/T

Fecha: 19.08.2024

Volkswagen de México S.A. de C.V.  
San Lorenzo Almecatla,  
Cautlancingo, Puebla, C.P.72700.

Puebla, Puebla a 19 del mes de Agosto del 2024

A quien corresponda:

El que suscribe **Daniel Zagoya Cano**, declara ser **Empleado** con Número de Control **44072** y estudiante de **Ingeniería Mecánica** impartida por la Universidad **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla** ubicada en Ciudad Universitaria, col. San Manuel, Puebla, Pue con número de estudiante **940006641**.

Reconozco que formaré parte de un Proyecto que consiste en Tesis de titulación: "CAMBIO DE MATERIALES Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA PIEZA AUTOMOTRIZ CON AHORRO ECONÓMICO, SIN DETRIMENTO DE LA CALIDAD"

y durante este proyecto se me dará o daré a conocer información propiedad de Volkswagen de México, S.A. de C.V. (en adelante "VWM").

Reconozco que la información propiedad de "VWM" debe ser en todo momento tratada con el carácter de confidencial por el que suscribe y por "La Universidad", por tal razón me obligo a cumplir con la responsabilidad de confidencialidad y secrecía respecto de la información que "VWM" me pueda proporcionar y a lo siguiente:

1. Me obligo a mantener toda la información que reciba de "VWM" con carácter de confidencial, en la más absoluta discreción y secrecía. Dicha obligación abarca la de evitar todos aquellos actos que directa o indirectamente pudieren facilitar o provocar la divulgación de la información clasificada como confidencial, entre ellos dar a terceros acceso a la información del proyecto total o parcialmente directa o indirectamente.
2. Únicamente se podrá informar y dar acceso a la información contenida en el/la Tesis, a las personas que intervengan en el proceso de examinador y de evaluación, mismas que deberán ser advertidas, que la información contenida dentro del proyecto, es propiedad de "VWM", por lo que queda estrictamente prohibido su divulgación.
3. Debido a que la información no puede ser divulgada a terceros y mucho menos estar al alcance de los mismos, me obligo a que durante la vigencia de esta confidencialidad, el/la Tesis no podrá ser expuest en lugares abiertos al público, o dentro de sitios de internet.
4. Me obligo a mantener en resguardo el/la Tesis, y cualquier otro material relacionado con el/la mism\_, bajo las medidas de seguridad establecidas por "VWM".

5. Queda estrictamente prohibido compartir o publicar, ya sea en forma parcial o total, de el/la Tesis , para la revisión o inspección de terceros, sin antes haber obtenido por escrito la autorización correspondiente por parte de "VWM", en la inteligencia que no se deberá compartir o publicar con fines de lucro.
6. Me comprometo a tratar la información que me sea revelada con carácter de confidencial (incluyendo la disposición relativa a las revelaciones orales), por un término de cinco años contados a partir de la fecha de firma de la presente.
7. Entiendo que el uso y manejo de cualquier clase de tecnología de almacenamiento (lo que implica de manera enunciativa mas no limitativa celulares, iphones, usb, laptops, grabadoras, cámaras, dispositivos de almacenamiento externo, tabletas electrónicas, MP3, ya sea propios, ajenos o proporcionados por "La Universidad", en donde se extraigan imágenes, fotografías, audios, video, documentos, etc) que implique el compartir, almacenar o guardar dentro de los mismos la información confidencial o cualquier otra clase de información proporcionada por "VWM" o que sea propiedad de "VWM", no podrá ser usada de manera alguna para el almacenamiento, extracción y/o divulgación de información identificada como confidencial, de la cual tengo conocimiento y que me es proporcionada por "VWM".
8. Me obligo a no utilizar la información recibida con carácter de confidencial propiedad de "VWM", para mi beneficio o para beneficio de algún tercero.
9. Acepto responder por los daños y perjuicios que se ocasionen a "VWM" por el hecho de que se divulgue información clasificada como confidencial dentro del Proyecto del cual formo parte como estudiante de "La Universidad". En este sentido acepto que "VWM" pueda hacer investigaciones que impliquen el uso de medios electrónicos, de manera enunciativa mas no limitativa correos electrónicos, fax, llamadas telefónicas, mensajes de texto, sea cual fuere su naturaleza en donde implique el almacenamiento, extracción y/o divulgación de información identificada como confidencial, donde se extraigan imágenes, fotografías, audio, video, documentos, etc.
10. Entiendo que ninguna información que "VWM" divulgue o intercambie conmigo constituirá declaración, garantía, convenio y en particular con respecto a la no infracción de marcas comerciales, patentes, derechos de autor, diseños industriales o cualquier otro derecho de propiedad intelectual, u otros derechos de terceros.
11. La información no será considerada como confidencial cuando:
  - a. Sea o se convierta en información pública o de algún otro modo se encuentre disponible para el público en general
  - b. Ya estuviera en poder de alguna de las afiliadas de "VWM" desde antes de que la información me fuera revelada.

c. Sea desarrollada independientemente, en cualquier momento, por los empleados, consultores o asesores de "VWM".

Declaro que acepto los puntos anteriormente descritos, me obligo a cumplirlos y acepto la responsabilidad por los mismos.



---

**Daniel Zagoya Cano**

**M-EKA/T**



---

**Javier Ramírez Ponce**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a todas las personas que han influido en mí y me han apoyado durante mi vida: Mis padres, hermanos, maestros, compañeros, pero en especial a mi esposa Erika y a mis pequeñas Astrid, Milka e Ilana quienes son mi mayor apoyo y motivación.

Sin duda, nada de esto sería posible sin la guía, amor, esperanza y bendiciones de Dios a través de su Hijo Jesucristo.



# Índice

<b>Capítulo I Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos .....	4
1.5 Variables .....	5
1.6 Proposición.....	6
<b>Capítulo II Marco de Referencia .....</b>	<b>7</b>
2.1 Del Fordismo al Toyotismo.....	7
2.2 Descripción de la Sombrerera, método actual para producirla y sus principales áreas de oportunidad .....	13
2.3 Reseña sobre los plásticos en la industria automotriz.....	22
2.4 Características del proceso de moldeo por inyección. ....	25
2.5 Diseño de la pieza enfocado al polipropileno y al proceso de moldeo por inyección.....	29
2.6 Tipo de polipropileno utilizado para la fabricación de la sombrerera .....	36
2.7 Resultados del nuevo proceso de producción y material .....	36
<b>Capítulo III Análisis y validación de resultados .....</b>	<b>40</b>
3.1 Pruebas esenciales para validar el diseño .....	41
3.2 Impacto social .....	50
3.3 Impacto tecnológico .....	51
3.4 Impacto económico y de producción .....	53
3.5 Impacto ambiental .....	54
<b>Conclusiones.....</b>	<b>55</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>57</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>59</b>

# Capítulo I Introducción

## 1.1 Introducción

Durante los últimos años la industria automotriz en México ha crecido de manera considerable ofreciendo productos globales que cumplan con los requerimientos de calidad y precio que demandan los principales mercados destino de nuestros productos como lo son Norteamérica y Europa. Es de destacarse que cuando las empresas armadoras de vehículos se instalaron en México solo lo hicieron para producir aprovechando la mano de obra, pero hoy en día los ingenieros mexicanos participan más activamente en el desarrollo de los vehículos, esto quiere decir que la responsabilidad de decidir qué materiales y procesos de producción usar dentro de las piezas recae en ellos.

Esta no es una tarea fácil, ya que el proceso demanda conocimiento y mucha experiencia la cual su ha adquirido a través de estos años que se ha participado en proyectos al margen y de intervenir en cambios menores en el diseño de las piezas. Una observación importante que hay que resaltar es, que, al decir que se van a cambiar los materiales y procesos de una pieza no estamos hablando para nada en disminuir la calidad del producto puesto que el mayor mercado del mundo también es el más exigente en cuanto a requerimientos de calidad y seguridad, por esta razón al hacer cualquier cambio en las piezas se toman en cuenta estas premisas desde la conceptualización, proceso de manufactura y para finalizar, las pruebas de validación y aseguramiento de la calidad.

En este trabajo se presenta el análisis realizado a la pieza del vehículo llamado sombrerera dónde se ha detectado que es posible reducir los costos de producción por medio del cambio en materiales y proceso de fabricación.

Para iniciar y entender un poco todo este proceso que nos conduce a producir con calidad y de manera óptima haciendo hincapié en un cambio de la manera de organizar los métodos de producción, me parece justo hablar del método Kan-Ban que vino a revolucionar todo el concepto de producción que se tenía desde la propuesta Fordiana y Tayloriana hasta llevarnos a los alcances que hoy día tiene.

En este trabajo se dará a conocer el proceso y material utilizados actualmente, explicando sus principales puntos de debilidad que a la larga serán los puntos para fortalecer el nuevo proceso y material. También hablaremos sobre el polipropileno, el material elegido para sustituir al actual, su introducción a la industria automotriz y sus bondades en la fabricación de piezas automotrices, así como del proceso de inyección también elegido por que es rápido y eficiente.

Para continuar, abordaremos algunas consideraciones al diseñar la pieza en base a las diversas influencias a las que se enfrentará durante su uso dentro del vehículo y se expondrán las principales pruebas a las que debe someterse con el fin de asegurar la durabilidad, funcionalidad, desempeño, calidad y compatibilidad ambiental desde el proceso de manufactura, vida útil de vehículo y posterior destrucción.

Y finalmente concluiremos con un breve análisis sobre el impacto que un proyecto de esta magnitud ha concebido dentro de la industria automotriz en México que, en razón de todo el trabajo, llámese de desarrollo, investigación o comprobación ha generado ganancias económicas a la industria, pero también ha forjado una ganancia de gran magnitud en la experiencia y avance de la ingeniería mexicana y de una nueva manera de pensar.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Debido a las demandantes condiciones de productividad y competencia que se tienen actualmente en el mercado automotriz y que a final de cuentas se

traducen en dinero, se buscan alternativas para producir la misma pieza, pero más barata. Este caso de estudio es para el revestimiento de la bandeja posterior del vehículo comúnmente llamada sombrerera. Se ha detectado que los costos para producir una sombrerera son elevados por que su proceso productivo es costoso, es decir, en el proceso intervienen un elevado número de pasos como el calentado del material, termoformado, troquelado, ensamblaje de materiales adicionales como antirruidos, elementos de fijación, elementos acústicos y por último sellado de los cantos de la tela, lo cual encarece al producto.

En cuanto a los materiales involucrados en su elaboración se ha detectado también que el número de componentes de la sombrerera antes de su ensamblaje es de 80 piezas. La diversidad y el manejo de este material nos llevan a incurrir en gastos logísticos adicionales puesto que al incrementar el número de componentes se incrementan los costos de almacenamiento y mano de obra para manejarla.

Cabe reconocer que todo este problema surge desde la conceptualización de la pieza, en el desarrollo no se consideraron factores que podrían disminuir sus costos al producirla, es decir, desde el inicio no se concibió como una pieza que podría ser barata desde el punto de vista de su proceso productivo.

Sabemos que la pieza actual cumple con todos los requerimientos funcionales, de seguridad, de servicio al cliente e inclusive de apariencia, pero, no cumple con lo que la competitividad ahora reclama y que es bajar al mínimo los costos de producción. Ciertamente el costo de la pieza es el objetivo principal de esta propuesta, pero de ninguna manera se dejan a un lado todos los demás requerimientos y normativas.

El modelo actual de producción está concebido de manera tal que no pueden omitirse los desperdicios de material, es decir, el termoconformado de lienzos nos conduce a la utilización ineficiente de los mismos pues alrededor de un 10% se perderá como sobrante puesto que los lienzos deben ser más grandes que el molde de manera que puedan ser tensionados previo al formado y asegurar que

la tela de vista pueda tener un correcto acabado. Aunado a esto, el hecho de que las piezas sean un conglomerado de diferentes materiales unidos entre sí no es posible o dificulta en gran medida su reciclaje, por otra parte, el calentamiento del *Woodstock*, genera emisiones a la atmósfera.

Un proceso fácil sería tomar los modelos CAD de la pieza actual y maquinar los nuevos moldes o herramientas, pero al cambiar de materiales y proceso, todo el diseño se debe adaptar pensando en las implicaciones funcionales y productivas del nuevo material con el que se fabricará la pieza en sí pero también las implicaciones productivas dentro de la ensambladora del vehículo.

### **1.3 Justificación**

En la industria automotriz como en todas las industrias siempre se tiene la premisa de optimizar todos los pasos en los procesos productivos. Las tendencias de reducir los costos de producción obligan al productor de automóviles a diseñar y/o mejorar las piezas cuidando las características de funcionalidad, seguridad y apariencia. Por este motivo se revisará el proceso actual de producción para poder sacar a flote todos aquellos puntos en los cuales es posible optimizar y reducir los recursos involucrados.

El Kahn-Ban es uno de los conceptos tomados para el desarrollo de este trabajo, que, como veremos más adelante es el concepto base que nos lleva a optimizar recursos en todos los sentidos y por el cual la industria automotriz se ha desarrollado enormemente.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

El objetivo de este trabajo es describir el proceso de desarrollo que implicó cambiar el material y proceso de producción, desde los problemas actuales de sobrecostos de la pieza actual, las consideraciones de desarrollo y el proceso de

validación con lo cual se alcanzó la optimización de costos, sin detrimento de las características de calidad, seguridad, apariencia y mejorando sus facultades medioambientales.

### **1.4.2 Objetivos particulares**

1. Encontrar las áreas de oportunidad del proceso actual.
2. Analizar las alternativas de solución.
3. Proponer como medio de producción la inyección la pieza en polipropileno como un método rápido y eficiente.
4. Abaratar los costos de producción de la pieza para ser competitivos en el mercado automotriz.
5. Cumplir con los requerimientos de calidad, seguridad y funcionalidad.

## **1.5 Variables**

Para realizar una mejor interrelación del proceso que queremos mejorar es necesario mencionar las siguientes variables que dependen entre si para optimizar recursos y tiempos.

1. Tiempo de producción.
2. Tipo de proceso de producción.
3. Tipo de material.
4. Costos por mano de obra.
5. Logística por el manejo de piezas.
6. Impacto ambiental.

Todas estas variables interactúan entre sí para alcanzar el objetivo principal que es abaratar la pieza. Pero también existen variables que no están relacionadas con el cambio de material y proceso pero que se deben cumplir para tener un producto satisfactorio o bien que son el resultado colateral de las mejoras propuestas, dentro de estas variables independientes podemos mencionar las siguientes:

1. Reducción de peso.
2. Acabados y colores.
3. Calidad de la pieza.
4. Cumplimiento de normas.
5. Imagen de la compañía.
6. Servicio postventa.

## **1.6 Proposición**

En el campo de las partes automotrices del interior del vehículo, en las cuales la función está limitada a esfuerzos generados por el uso cotidiano del consumidor, el plástico de ingeniería polipropileno es una excelente opción para nuevos desarrollos o para cambiar en piezas ya existentes que se conceptualizaron con un material diferente desde su creación.

Los procesos de inyección de polipropileno son altamente eficientes en cuanto al tiempo de fabricación de una pieza además de ser barato, no requerir procesos adicionales antes o después de la inyección y muy apto para cuestiones ambientales pues es un material 100% reciclable.

En cuanto a las piezas adicionales para el ensamble final, también se reducen con el sistema de inyección ya que el molde puede modificarse a voluntad para obtener las diferentes formas requeridas tanto para la apariencia como para la funcionalidad de la pieza.

**Todo lo anterior se verá reflejado en la disminución del costo total del vehículo, así como en el impacto ambiental que pueda generar el vehículo durante su manufactura, uso y al fin de su vida productiva.**

## **Capítulo II Marco de Referencia**

La información contenida en la excelente obra “Pensar al revés” del Profesor de la Universidad París-XIII Benjamin Coriat me parece de vital importancia para apuntalar lo expuesto en este capítulo, pues, pone al alcance del lector de manera clara la esencia del método japonés de producción conocido como Kan-Ban creado por el ingeniero Taiichi Ohno,

El objetivo de este capítulo es analizar cómo el método de producción Japonés ha transformado a las organizaciones por medio de las mejoras implementadas a los procesos productivos y que han sido el resultado de años de mejoras a través también de lo que Ohno denomina pensar al revés con respecto a los métodos estadounidenses de producción llámese Taylorismo o Fordismo. En este capítulo se sostiene que el Ohnismo constituye un conjunto de innovaciones tan importantes como lo fueron las del Taylorismo y Fordismo en su época.

Otro de los objetivos de este capítulo es explorar y analizar las innovaciones así como las razones del nacimiento de esta nueva manera de pensar tomando en cuenta las condiciones socioeconómicas del Japón de la postguerra en los años 50.

En este capítulo ligaremos el Toyotismo con la productividad y competitividad ya que, al optimizar los recursos, las empresas tienden reducir los costos de producción, la meta principal de toda empresa, producir al menor costo posible poniendo en práctica todos los elementos tecnológicos a su disposición.

### **2.1 Del Fordismo al Toyotismo**

Desde los años 50, se han venido mejorando los métodos de producción haciéndolos cada vez más eficientes siempre con el objetivo de aminorar los



tiempos de producción, desde las áreas de recibo de materiales y hasta la línea de ensamblaje final. Desde el punto de vista de Ohno, las empresas deben cambiar su manera de pensar para romper con los métodos establecidos, los cuales tienden a la obsolescencia puesto que las necesidades del mercado cada vez son más cambiantes y los recursos deben optimizarse al máximo.

El método Toyota basa sus principios en la necesidad de producir pequeñas cantidades de muchos modelos de productos es decir se adapta perfectamente a la diversificación lo que le permite ser altamente competitivo por el contrario del sistema estadounidense el cual es muy resistente a los cambios ya que el objetivo es bajar los costos por medio de la producción constantemente creciente de una variedad restringida de modelos.

Resumiendo lo anterior, el sistema Toyota y lo que distingue a este método de su contraparte estadounidense es buscar fabricar a buen precio pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes, el cual se ajusta a las nuevas realidades de consumo y distribución generadas por los diversos patrones de los mercados regionales y mundiales instaurados en gran medida por las crisis económicas.

En esencia este es un método que impulsa la productividad aún cuando las cantidades de producción no aumentan en contraste a lo que el Fordismo propone, volviéndolo de esta manera inutilizable por que la obtención de ganancias se centra en la productividad y no en la estandarización y uniformidad del producto.

Si bien el punto importante del Toyotismo es la limitación de las existencias, Ohno fue lo bastante inteligente como para no limitarse a este concepto en sí, de hecho, lo utiliza como indicador de los problemas de funcionamiento o de sobrecostos en los cuales cualquier organización quiere modificar. Como resultado de esta nueva manera de ver las cosas Ohno llegó a descubrir los siguientes conceptos:

### **2.1.1 La fábrica mínima**

Esto quiere decir que todos los recursos se reducen al mínimo estrictamente requerido para satisfacer las demandas diaria o semanal. Al analizar las existencias podemos deducir que todo lo que está detrás de estas son los hombres empleados para el manejo de las mismas, así como los recursos para controlar y mantenerlas. Las existencias también son un indicador y localizador de los puntos dónde se pueden obtener ganancias, esto es al eliminar las existencias se reducen los costos ya que se elimina personal y recursos.

### **2.1.2 La dirección a ojo**

Tomando en cuenta que bajo el nuevo esquema que propone Ohno, los procesos productivos se deben deshacer de todo lo superfluo, esto lo lleva a concebir una organización de la producción que haga visible todo aquello que no es necesario.

Para controlar los procesos de producción se creó un tablero llamado Andón el cual informa sobre problemas que surgen eventualmente y en general el estado de la línea de producción. La manera en que funcionan los andones es que se detecta al instante si algún operador tiene algún problema que desestabilice el desarrollo normal de la línea de producción. De esta forma, los supervisores cuentan con la información precisa a cada instante para garantizar el correcto funcionamiento de la línea de producción.

### **2.1.3 Los orígenes y condiciones del sistema**

El desarrollo de este método tuvo sus orígenes en el Japón de los años 50 como resultado de un proceso de maduración que se fue formando a través de innovaciones propias o tomando conceptos que en un principio eran desconocidos por el propio Ohno, todo lo anterior se puede entender mejor si explicamos los acontecimientos importantes que determinaron su creación. Ohno

sostenía que la creación y la innovación siempre nacen de la necesidad. Algunos de los acontecimientos cronológicos se describen a continuación:

Fase 1, Adaptación de las innovaciones técnico-organizativas de la industria textil a la industria automotriz. Al final de la década de los 40's se avanza en la organización para la automatización dentro de la industria automotriz haciendo uso de los conocimientos previamente adquiridos en la rama textil de la cual Toyota tenía sus orígenes.

Fase 2, Aumentar la producción sin aumentar los efectivos. Para explicar este punto es importante recordar los tres eventos que se dieron durante los años 1949 y 1950.

La crisis financiera de 1949 que deja al borde de la quiebra a Toyota y la cual se evita con la instauración de un plan impuesto por un grupo bancario quién recomendó las siguientes disposiciones:

1. Creación de una sociedad de distribución autónoma y distinta de la sociedad de producción.
2. Reducción del personal.
3. Producir solamente el volumen vendido por la sociedad de distribución.

La huelga de gran importancia que terminó con el despido de 1600 obreros y que estallara en parte por las medidas del grupo bancario.

Una fuerte demanda de vehículos para la guerra de Corea inmediatamente después de los drásticos despidos de obreros. Esta situación guiará a soluciones creativas ya que la empresa se ve forzada a cumplir con la demanda sin tener que contratar más personal.

Fase 3, adaptación de las técnicas de gestión de los supermercados estadounidenses a la producción automotriz. Durante la década de los cincuenta y principio de los sesenta se introdujo en los supermercados estadounidenses un

nuevo sistema de administración de las existencias, el cual tiene como sustento, el pedido de partes de remplazo de acuerdo con los productos vendidos. Esto quiere decir que las ventas efectivas demandan los abastecimientos.

Fase 4, La exportación del método Kan-Ban a los subcontratistas y abastecedores. Se puede asumir que para el año 1962, el método Kan-Ban es la parte esencial de la producción en las fabricas de Toyota y a partir de este año y hasta después de 1973 se implementan con los subcontratistas y proveedores de Toyota al mismo tiempo que el sistema se iba mejorando y desarrollando internamente.

Al mencionar brevemente estas fases podemos ver que en cada una se encuentra la solución a los problemas enfrentados aportando así un avance o una innovación en materia de organización de la producción.

Otro factor determinante para el surgimiento del sistema Kan-Ban fueron las especificaciones del mercado en el Japón de los años cincuenta: pedidos pequeños y variados. Tomando en cuenta que la producción de Japón durante la década de los cincuenta era hasta cierto punto irrisoria si es que la comparamos con mercados como Estados Unidos o Alemania, estamos hablando de que en 1950 solo se produjeron 11700 automóviles para el mercado japonés. Por esta razón se comprende mejor lo que Ohno plantea de obtener ganancias aún cuando el volumen de la producción no aumenta. En estas condiciones la competencia y competitividad se determinaban por la capacidad para satisfacer rápidamente pedidos pequeños pero variados.

#### **2.1.4 Los pilares del Ohnismo**

Ohno consideró que los pilares su método a la autoactivación y la producción en el momento preciso, esto dos conceptos que se describe a continuación son en esencia los principios fundadores y organizadores.

Autonomatización y Autoactivación. La idea principal de este concepto es que al fallar una máquina durante el proceso productivo genera defectos en el producto, para evitar esto se dispone a las máquinas de un sistema de autodetección de la falla y paro automático. En general la idea consiste en dotar de una cierta autonomía a las máquinas automáticas a fin de introducir un mecanismo de autodetección en caso de funcionamiento defectuoso. Estos conceptos en un principio de la industria textil serán considerablemente reutilizados en todas las líneas de producción automotriz. El éxito o inteligencia de Ohno consiste en importar este concepto a las diferentes situaciones de trabajo y operaciones que no necesariamente dependían de una máquina llevando así a una reorganización y racionalización del trabajo. Dentro del ramo textil una de las consecuencias de la autonomatización fue permitir que un solo obrero trabajara en cuarenta tejedoras por lo que Ohno intentará aplicar a la industria automotriz este mismo método. El rasgo central fue que los obreros calificados fueron desespecializados y transformados en trabajadores multifuncionales muy distintivo en comparación con la organización Tayloriana la cual procede por la destrucción de la complejidad de los conocimientos y los reduce a movimientos elementales. En resumen, este movimiento de desespecialización para convertirlos en trabajadores multifuncionales es en sí un movimiento de racionalización del trabajo.

El Justo a tiempo. El segundo gran pilar del espíritu Toyota es el justo a tiempo. Nacido del despido masivo de trabajadores y el incremento de los pedidos por la guerra de Corea, Toyota decidió hacer frente al brutal incremento sin contratar más personal por lo que recurrió a adoptar un sistema llamado de supermercado el cual se había creado en los estados unidos por una fabrica de aviones llamada Lockheed. Para simplificar lo que Ohno realizó: el trabajador del puesto de trabajo corriente abajo (tomado aquí como el cliente) se alimenta con unidades (los productos comprados) en el puesto de trabajo corriente arriba (el estante) cuando lo necesita. En los sucesivo en el puesto corriente arriba solo se pone en marcha la fabricación para realimentar el almacén (el estante) con unidades (productos) vendidas. De esta manera surgió el principio del método

Kan-Ban que en materia de administración de producción es la innovación mayor desde la segunda mitad del siglo pasado. (Coriat, 2009, 13-46).

## **2.2 Descripción de la Sombrerera, método actual para producirla y sus principales áreas de oportunidad**

Al revestimiento localizado entre el asiento trasero y el medallón comúnmente se le conoce como sombrerera. Esta puede interactuar con diversos aditamentos tales como bocinas, anclajes para asientos de bebé, rejillas de ventilación, luz de freno, cinturones de seguridad, entre otros.



Fotografía 1. Localización de la sombrerera dentro de vehículo.



Fotografía 2. Variación de la sombrerera



Fotografía 3. Sombrerera con cinturón de seguridad y anclajes.



Fotografía 4. Sombrerera con recubrimiento textil.



Fotografía 5. Sombrerera con cortinilla plegable.

### **2.2.1 Referencia del material empleado actualmente**

Los principales materiales que componen a la sombrerera son el Woodstock como sustrato y un lienzo de tela como recubrimiento, a continuación, una referencia sobre ambos.

Para empezar, hablaremos del Woodstock, este tipo de materiales conocidos en la industria como “Compuestos Plástico-Madera” han sido conocidos prácticamente desde la primera década del siglo XX, de hecho, el primer compuesto de esta naturaleza data de 1900, un compuesto de harina de madera con un termoplástico (fenol-formaldehído) llamado Bakelita. Hablando de la industria automotriz, la primera vez que se utilizó este material en un auto, fue, en la fabricación de la manija de la palanca de cambios de un Rolls-Royce en 1916. (Clemons, 2006:1)

La materia prima utilizada en la fabricación de la pieza es una mezcla a base de polipropileno-madera, y hablando más específicamente de este compuesto no fue sino hasta 1983 que la compañía American Woodstock ahora parte del corporativo Lear en Sheboygan Wisconsin empezó a producir partes automotrices interiores utilizando tecnología Italiana para la extrusión, Se utilizó una proporción de 50% PP y 50% harina de madera en la mezcla, el resultado fue una lámina que después sería transformada en interiores automotrices de superficies y formas variadas. (Caufield, 2010:141-143)

El segundo segmento de materiales empleados en la composición de esta parte automotriz son los textiles de ingeniería, que, aunque han sido utilizados desde los principios de la industria automotriz, no fue sino hasta los años 80, un periodo particular en el cual se dio la introducción comercial de una amplia variedad de nuevos materiales, dentro de ellos los textiles técnicos, es decir, textiles con aplicaciones en la medicina, ingeniería civil y desde luego en el campo automotriz. En el campo automotriz el uso frecuente de los textiles es el uso en filtros, amortiguantes de ruido (insonorizantes), cinturones de seguridad, bolsas de aire, alfombras, aislante de baterías, aislantes de capó, refuerzos de mangueras, bandas, llantas y como componente de las piezas interiores.



Es común que en la construcción de un auto se empleen alrededor de 45 metros cuadrados de material textil en los interiores. De acuerdo con una encuesta, el porcentaje de textiles usados en la construcción de un automóvil ascienden al 2% del peso total de vehículo.

El uso de un textil para el caso concreto de la sombrerera es para proporcionar un acabado, que debido a la trama del tejido y el color que proporcionan a la pieza, no solamente es agradable a la vista sino también al tacto. Este tipo de textiles se fabrican generalmente con máquinas circulares con el objetivo de obtener tejidos con cualidades funcionales y de buen aspecto estético. La formación de la tela automotriz implica la fusión de 3 capas, es decir, la cara, la espuma y el material de soporte que en algunos casos puede ser un adhesivo de fusión caliente con el inconveniente de que se reblandecen con la temperatura alta y por lo tanto están dando paso a los adhesivos termoplásticos que son libres de solventes y que se caracterizan por ser estables a las temperaturas por encima de los 82 grados centígrados. (Narayan y Mahaveer, 2011:1-5)

### **2.2.2 Producción del Woodstock**

La manufactura de este compuesto es común realizarlo en 2 pasos. La materia prima es primero mezclada en un proceso llamado combinado. Una vez combinado puede utilizarse inmediatamente después del proceso o ser transformado en forma de *pelets* para después ser manufacturado en un producto. El compuesto puede ser transformado utilizando los siguientes procesos: la inyección, el calandrado, y el termoformado con moldes. (Clemons, 2002:13)

### **2.2.3 Proceso de fabricación de la sombrerera de Woodstock**

Una vez que tenemos en claro los antecedentes del Woodstock podemos ahora explicar el proceso de manufactura de la sombrerera. Si comparamos este compuesto con el Polipropileno (material propuesto) por sí mismo vamos a ver

que es más barato por que en su fabricación se procesa el 50% de harina de madera que es un elemento abundante, renovable, barato y que, entre otras propiedades, lo hacen más liviano. Sin embargo, al analizar el proceso completo de producción de esta pieza nos percatamos que el hacerla así, resulta en costos elevados. Como ya vimos, el material base es una lámina de Woodstock al que se deben adicionar componentes adicionales para su funcionamiento, desempeño, apariencia, montaje en línea de producción, entre otros, que en conjunto habrán de transformarse en una pieza automotriz bajo los siguientes pasos:

1. Preparación de lienzos de tela.
2. Calentamiento del sustrato (Woodstock).
3. Posicionamiento de postes de fijación en el herramental.
4. Posicionamiento y tensión de la tela de vista.
5. Termoformado con moldes a presión.
6. Troquelado de la pieza para delimitar su forma.
7. Cauterizado de fibras sobrantes.
8. Ensamble de los puntos de fijación.
9. Ensamble de antirruídos y elementos de apoyo (distanciadores).
10. Ensamble de insonorizante.
11. Ensamble de soporte y luz de stop
12. Ensamble de Marco de luz de stop
13. Ensamble marco de apertura auxiliar
14. Embalaje

Es de esperarse que con todos los pasos anteriores para producir la sombrerera se genere una línea de producción igual de extensa pues la variedad de piezas, conlleva a tener más estaciones de trabajo utilizando en ello más recursos energéticos, materiales y humanos. A todo esto, sumar los procesos adicionales como retirar los sobrantes después del troquelado y el cauterizado de los bordes dónde siempre se espera un sobrante de fibras sueltas, que, de no cauterizarse darían un mal aspecto a la pieza terminada. La línea de producción desde el termoformado hasta el embalaje de la pieza se compone de las siguientes estaciones de trabajo:

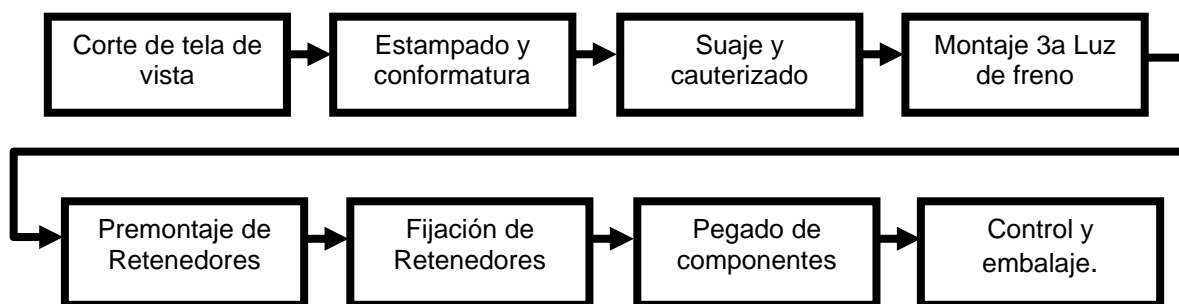


Diagrama 1. Diagrama del proceso de fabricación con Woodstock

Tabla de tiempos de operaciones y personal en la producción de la sombrerera		
Operación	Tiempo (min)	Mano de obra (personas)
Corte del revestimiento	0.47	1
Estampado de la pieza y conformatura	1.65	1
Suaje y cauterizado	1.19	1
Montaje 3a Luz de freno	0.83	1
Premontaje de retenedores y guías	0.55	1
Fijación de retenedores y guías	1.33	1
Pegado de componentes	1.54	1
Montaje de estéticos, control y embalaje de piezas terminadas	1.65	1
Total	9.21	8

Tabla1. Esquema de producción en Woodstock

En la tabla anterior se muestran los tiempos y personal necesarios para la producción de la sombrerera. El tiempo y recursos necesarios para producir una sombrerera suma desde el corte de la tela y hasta la pieza terminada en total 9.21 minutos, y 8 personas en su línea de producción.

## 2.2.4 Puntos importantes observados en el proceso actual que deben eliminarse u optimizarse.

En este caso no solamente las estaciones de trabajo demandan mano de obra sino también el manejo del número de piezas para su fabricación, incurriendo en costos por manejo logístico se suman al gran total pues el número

total de partes de la sombrerera suma 80 piezas antes de su ensamblaje final y por supuesto al elevado espacio necesario para la maquinaria, procesamiento y desecho de materiales sobrantes.

A continuación, se muestra el listado de puntos importantes que después del análisis demostraron necesitar recursos excesivos o en los cuales se pueden perfeccionar para disminuir costos y contaminantes:

1. Aumento en mano de obra, como es de esperarse entre más estaciones de trabajo y piezas, más recursos humanos son requeridos.
2. Infraestructura, se requiere de un gran espacio para almacenamiento de materiales y desperdicios, distribución de maquinaria, distribución de estaciones de trabajo, instalaciones para el personal.
3. Maquinaria adicional como los son los hornos para el calentamiento del material, la prensa de corte que genera todos los orificios de ensamble y maquinaria para comprimir los sobrantes del proceso.
4. Herramienta de ensamble y acabado dentro de las cuales están la engrapadora neumática y pistolas de adhesivo para pegado del insonorizante y distanciadores, una herramienta térmica para eliminar las fibras sobrantes de la tela, así como un dispositivo que asegure la correcta colocación de los componentes.
5. Diversidad en materiales. Los recursos para el manejo, almacenamiento y ensamble del total de piezas utilizadas para producir la sombrerera actual que asciende a 80 piezas, las cuales se enlistan a continuación: 36 Arandelas de fijación, 11 soportes de retenedores, 7 distanciadores de espuma aglomerada, 5 retenedores de grapas, 3 fieltros antirruídos, 3 guías de montaje, 2 grapas para fijar luz de freno, 2 tornillos para fijar luz de freno, 2 carcasas para cubierta de anclaje de asiento de bebé, 2 tapas

del gancho de anclaje del asiento de bebé, 1 marco de tercera luz de freno, 1 soporte para tercera luz de freno, 1 luz de freno, 1 marco para cerradura auxiliar, 1 lámina de *Woodstock*, 1 lienzo de tela de vista, 1 Guata de algodón y fibras sintéticas. Ver fotografías 6 y 7.



Fotografía 6. Sustrato de *woodstock*, insonorizante y lienzo de tela de vista.



Fotografía 7. Componentes adicionales.

6. Contratación de proveedores. Para adquirir las piezas adicionales se requiere contratar a diversos proveedores que diseñen, manufacturen y distribuyan los materiales necesitados.
7. Herramientales adicionales. Dentro de las piezas que integran la sombrerera, se requiere la construcción de 14 herramientas adicionales dentro de los cuales 4 son para los postes de montaje, 3 para guías de montaje, 3 para retenedores de grapas, 1 para el marco de luz, 1 para marco de tapa de anclaje de asiento, 1 para soporte de luz, 1 para marco de apertura auxiliar de cajuela.
8. Generación de desperdicios. Al utilizar placas independientes de *Woodstock* así como lienzos de tela de vista, los sobrantes generan desperdicios de volumen considerable. Este factor conlleva a utilizar espacios adicionales para su almacenamiento y mano de obra para su manejo.
9. Mantenimiento. Muy necesario para conservar toda la maquinaria, instalaciones y herramientas. El mantenimiento es directamente proporcional a la infraestructura requerida en la producción de la sombrerera.
10. Protección en transporte y manejo. Al ser un textil, es más susceptible al daño o ensuciamiento, requiere de más cuidados durante su transporte y manejo incrementando costos logísticos.
11. Emisión de contaminantes. Debido al calentamiento del sustrato con horno de gas propano.

Al analizar todos los factores anteriormente enlistados, podemos darnos cuenta de que el proceso de termoformado de *Woodstock* no es eficiente puesto que implica la utilización de recursos valiosos que pueden ser perfeccionados u omitidos por medio del replanteamiento del diseño, material y proceso de fabricación de la pieza.

## **2.3 Reseña sobre los plásticos en la industria automotriz**

### **2.3.1 Los plásticos en la industria automotriz**

A través de la historia de la civilización han sido buscadas las mejoras a los materiales, empezando por adicionar pasto al lodo para mejorar el desempeño y resistencia de los bloques de construcción. Por lo tanto, el deseo de materiales baratos que ofrezcan un buen desempeño no es nuevo, más aún hoy día, que las condiciones de competitividad de los diversos materiales disponibles se ha desarrollado y diversificado. (Karian, 1999: 1)

El uso de los plásticos en el automóvil ha venido creciendo desde la década de los 50 y se han convertido en el sector de mayor crecimiento dentro de la industria automotriz puesto que durante la década de los 70 el peso de los vehículos cayó un 15% en promedio, de hecho, en esta década se presentó crecimiento de los plásticos dentro del automóvil. Desde un principio muchas de las innovaciones en plásticos han surgido a través de la industria automotriz y estos materiales han venido ganando respetabilidad debido a la alta consistencia de sus formulas y por mantener especificaciones precisas de ingeniería. (Maxwell, 1994:4)

### **2.3.2 ¿Por qué los plásticos?**

Lejos de considerarlos un simple cambio de material, los plásticos son ahora empleados por sus méritos y por las diferentes propiedades que ofrecen como reducción de peso, y por supuesto la disminución de costos. (Maxwell, 1994:6).

A continuación, una lista de los principales beneficios que ofrecen los plásticos en la producción de una pieza automotriz:

- Económicos
- Reducción de peso

- Facilidad para dar forma y acabados
- Funcionalidad de las piezas
- Facilidad de producción en masa
- Mantenimiento reducido
- Resistencia a la corrosión
- Aislantes acústicos

### 2.3.3 El Polipropileno

El Polipropileno (PP) fue descubierto G. Natta y seguido por K. Ziegler por medio de la polimerización del monómero de propileno en 1954. Debido a la exhaustiva investigación 5 principales variaciones del polipropileno han emergido como lo son los homopolímeros, copolímeros de impacto, copolímeros aleatorios, mezclas de goma modificada y copolímeros especializados. En 1957 el PP fue comercialmente producido por la compañía Montecatini como Moplen. Como veremos a continuación se escogió este material por que es un material barato y por que es fácil de procesar, pero también por las propiedades que le proporciona a la nueva pieza y de las cuales se mencionan en el siguiente punto. (Tripathi, 2002: 2)

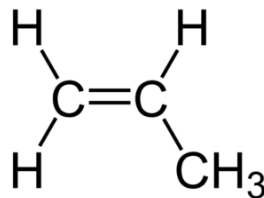


Figura1. Estructura molecular del Polipropileno

El polipropileno es una materia prima de alto volumen de ventas, muy popular pero también conocida como un plástico de ingeniería barato que es en esencia lo que se busca.

A continuación, una tabla comparativa de los precios en los principales plásticos de ingeniería, en el caso del polipropileno ofrece un precio bastante competitivo que nos va a dar una ventaja económica en la fabricación de piezas automotrices.



Comparación de precios indicativos de diferentes materias primas	
Polímero	Precio (US cents/lb)
PP homopolímero	30
PP copolímero	35
LDPE	50
HDPE	35
ABS	70
PS	45
HIPS	50
PVC	30
PA6	125
Acetal	100
PC	140
PET	100
<i>Plastics News, Marzo 11, 2002, 21</i>	

Tabla 2. Comparativo de precios entre los polímeros más comunes en la industria. (Tripathi, 2002: 8)

También ofrece una alta rigidez a baja densidad y resistencia a altas temperaturas proporcionando a la sombrerera la rigidez y estabilidad requeridas. Otra ventaja es la resistencia a la fatiga, asegurando la funcionalidad y apariencia sin sufrir daños bajo las condiciones de uso del vehículo. Alta resistencia química, a los detergentes, buena dureza y facilidad de maquinado son otras propiedades que resaltar del polipropileno. Todo lo anterior combinado con una buena procesabilidad por medio de la extrusión y el moldeo por inyección.

En la siguiente tabla se presentan algunas propiedades del polipropileno en comparación con otros polímeros comúnmente utilizados en la industria.

Comparación de Polipropileno no modificado contra otros materiales						
Propiedad	PP	LDPE	HDPE	HIPS	PVC	ABS
Módulo de flexión (GPa)	1.5	0.3	1.3	2.1	3.0	2.7

Fuerza de tensión (MPa)	33	10	32	42	51	47
Densidad específica	0.905	0.92	0.96	1.08	1.4	1.05
Módulo específico (GPa)	1.66	0.33	1.35	1.94	2.14	2.57
HDT at 0-45 MPa (°C)	105	50	75	85	70	98
Temperatura máxima de uso continuo (°C)	100	50	55	50	50	70
Dureza superficial	RR90	SD48	SD68	RM30	RR110	RR100
Costo (libras/tonelada)	660	730	660	875	905	1550
Módulo por unidad de costo (MPa/Libras)	2.27	0.41	1.97	2.4	3.31	1.74
ABS=Acrilonitrilo butadieno estireno, HIPS= Poliestireno de alto impacto, RR= Rockwell R; RM= Rockwell M; SD= Durómetro Shore						

Tabla 3. Comparativo del PP contra otros polímeros de ingeniería. (Tripathi, 2002: 2)

Como en todos los materiales, y en este, no es la excepción se tienen algunas desventajas del polipropileno comparadas con otros termoplásticos entre las más importantes podemos mencionar: encogimiento considerable en el moldeo, alto coeficiente de expansión térmica y baja resistencia al impacto particularmente a bajas temperaturas. Otras desventajas son pobre adherencia, transparencia limitada y pobre en propiedades de desgaste, sin embargo, todas estas desventajas pueden ser cubiertas completamente o hasta cierto grado por medio de la correcta selección de material, diseño adecuado y un buen proceso de producción. (Tripathi, 2002: 3)

## 2.4 Características del proceso de moldeo por inyección.

El proceso de inyección en moldes es un proceso en el cual se pueden producir desde las más simples piezas hasta los más elaborados productos de cerámica, plástico y metal. El proceso como el equipo se ha venido desarrollando para una amplia variedad de materiales dentro de los cuales resalta el plástico como el más importante. Las aplicaciones parecen no tener límites, desde discos

compactos hasta las partes más complejas usadas en aviación pasando por implantes médicos. Casi todos los productos tienen en su composición alguna parte producto del moldeo. Para el año 2000 el moldeo por inyección consumió aproximadamente el 32% de todas ventas de plásticos alrededor del mundo, solo por debajo del método de extrusión que consume el 36%.

El proceso de inyección por moldeo provee un costo bajo de producción de piezas pequeñas o grandes con tolerancias precisas. Muchas de estas piezas serían imposibles de producir en grandes volúmenes con otros métodos de producción. El moldeo por inyección puede formar piezas tan pequeñas como un milímetro cúbico (micromoldeo) hasta piezas tan grandes como contenedores de basura. (Mark, 2004:1)

#### **2.4.1 Ventajas del proceso de moldeo por inyección**

Calidad y tolerancias pueden ser alcanzadas si los principios científicos son seguidos, tolerancias de 0.025mm son difíciles de alcanzar, pero son posibles si la ingeniería concurrente es aplicada a ciertas partes. Una de las ventajas sobre otros métodos de producción es que se pueden tener acabados con forma y profundidad muy necesarias para las piezas automotrices. El moldeo por inyección es el método preferido para obtener grandes cantidades de piezas idénticas. Millones de partes son posibles con uno o dos moldes que pueden moldear desde una hasta decenas de partes al mismo tiempo. La eficiencia de este proceso ha cambiado la calidad de vida de mucha gente alrededor del mundo especialmente los de bajo ingreso.

Las propiedades de las piezas moldeo por inyección son únicas debido a los patrones de fluidez, orientación molecular, entre otros factores, las piezas moldeadas son regularmente diferentes en sus propiedades a las de la materia prima. Otra ventaja es que las piezas moldeadas pueden ser flexibles, rígidas, suaves, duras, resistentes o quebradizas, claras u opacas, resistentes a los químicos y retardantes a la flama. Las piezas también pueden ser entintadas, pintadas, recubiertas y por supuesto recicladas. (Mark, 2004:2)

## 2.4.2 Breve explicación del método de moldeo por inyección y su maquinaria.

El proceso de moldeo por inyección es el proceso dónde la materia prima es alimentada a un contenedor que a su vez provee la materia prima al barril y tornillo sinfín. El material es fundido usualmente por la presión y rozamiento del tornillo sinfín para después empujar el material fundido dentro del molde, el cual forma la pieza.

Las máquinas inyectoras han cambiado desde su invención en 1870 sobre todo en lo que respecta a los controles que a ultimas fechas se ha vuelto más computarizado y robotizado, sin embargo, algunos elementos se han conservado como parte fundamental de la maquinaria y los cuales se describen a continuación.

1. Preparación del material: Las materias primas de plástico pueden ser limpiadas, secadas, teñidas, mezcladas, calentadas, etc. Adición de aditivos incluyendo colores, partículas, agentes espumantes, fibras, aditivos de fluidez, estabilizadores, antioxidantes, agentes de desmoldeo, aglomerantes, retardantes de flama, etc.
2. El material (usualmente *pelets*) son alimentados por gravedad por medio de la tobera hacia el cilindro y tornillo sinfín, el cual no solo alimenta el plástico al molde, sino que también calienta el material hasta una temperatura aproximada de 225°C para su correcta fluidez.
3. Dentro del cilindro se mezcla el material mientras el tornillo sinfín bombea el material fundido hacia el molde. La unidad de moldeo asemeja a una jeringa lista para inyectar el fluido.
4. El llenado de la cavidad se realiza a presiones de entre 7 y 414 MPa pero ya dentro del molde la presión del fluido baja hasta 1.4 y 140 MPa, porque se pierde presión en el recorrido del fluido. Dentro de la trayectoria se

encuentra la boquilla de la máquina inyectora, el canal y la entrada a la pieza.

5. El molde o herramienta que contiene la cavidad que forma la pieza, provee calor para curar las piezas de termoplásticos o enfriamiento para fijar o congelar piezas de termoplásticos. Típicamente el molde enfría el plástico fundido a rígido o semirrígido que pueda resistir la fuerza de la eyección y retener la forma.
6. La abrazadera que mantiene las mitades del molde juntas durante el proceso de inyección.
7. Remoción de la pieza ya inyectada por medio de un mecanismo de eyección o desmoldeo manual. Esto ocurre inmediatamente después de que las mitades del molde se abren.
8. Un controlador que normalmente es una computadora que coordina los distintos pasos del proceso y componentes de la máquina.

A continuación, un esquema de la máquina de moldeo por inyección

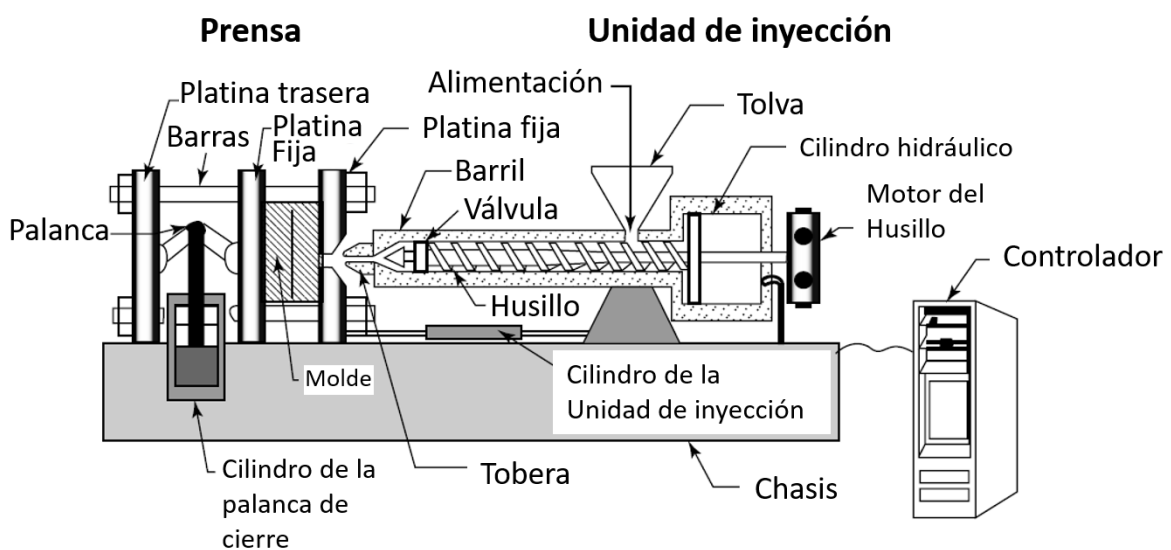


Figura 2. Esquema de una máquina de moldeo por inyección (Mark, 2004:5)

La parte dónde la pieza va a tomar forma se conoce como molde o herramental de inyección. Los moldes para inyección de plásticos son generalmente 2 bloques de acero que tienen la forma de la pieza deseada de acuerdo con las características del material que se empleará, la cavidad para la pieza normalmente está maquinada primeramente seguida por el proceso de electroerosión para alcanzar las tolerancias y detalle requeridos y finalmente, pulida y texturizada para lograr un correcto desmoldeo y los acabados deseados por las áreas de diseño estético.

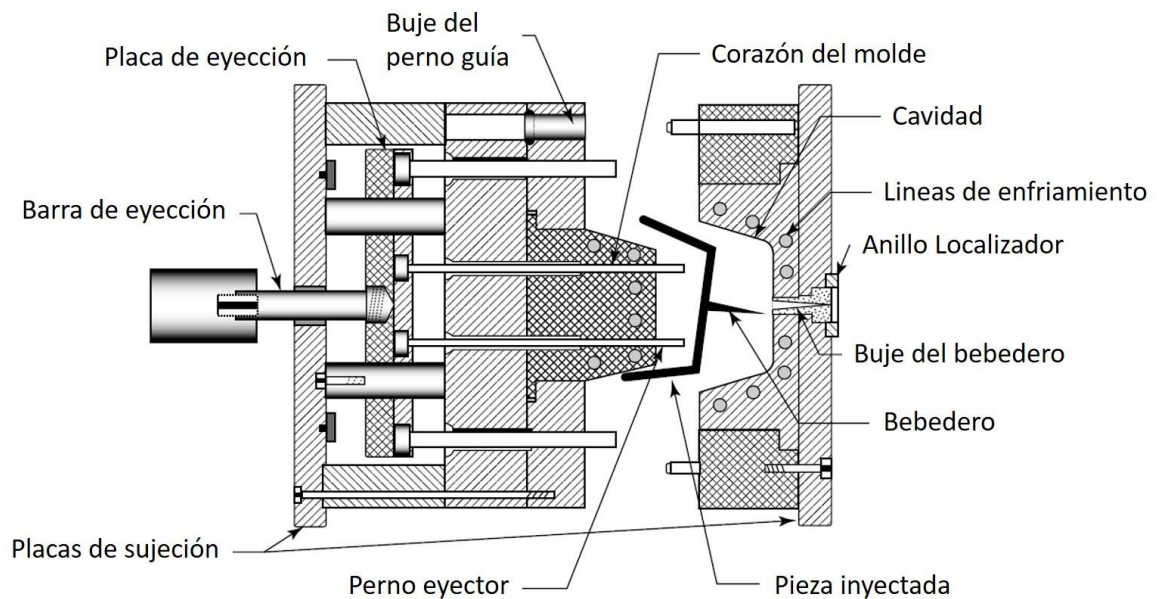


Figura 3. Diagrama de un herramental de inyección (Mark, 2004:5)

## 2.5 Diseño de la pieza enfocado al polipropileno y al proceso de moldeo por inyección.

Entender la problemática que genera el proceso actual como las debilidades que se deben atacar para reducir el costo de la pieza y a la misma vez tomar las bondades del material y proceso propuestos como las fortalezas para robustecer todo el proceso en general es lo que buscamos explicar en este punto. Entenderemos el porqué de la importancia de generar un diseño adaptado al material propuesto. Analizaremos a detalle los puntos dónde podamos sacar mayor ventaja del polipropileno y del proceso de inyección.

### **2.5.1 Consideraciones al diseñar.**

La parte más importante de la conceptualización de una pieza es tener claro cual va a ser el uso y posicionamiento dentro del auto, es decir, a que tipo de influencias se va a enfrentar la pieza durante el uso (y aún cuando no esté en uso) pudiendo ser éstas, mecánicas, climáticas, acústicas, químicas, funcionales, de confort, de apariencia etc. Para el caso de la sombrerera se tienen los siguientes factores que influyen en la toma de decisión de los materiales:

### **2.5.2 Cargas y esfuerzos**

La pieza estará sujeta a esfuerzos leves, estos estarán relacionados con la colocación ocasional de objetos de hasta cierto peso y al hecho de que por su posición dentro del auto no es una zona dónde el usuario pueda generar esfuerzos mayores que dañen la pieza por un mal uso. Para resistir estas cargas y esfuerzos es necesario diseñar el espesor correcto con nervaduras o costillas de refuerzo, distanciadores y su distribución en la pieza para evitar deformaciones, así como una carga de talco en el polipropileno que le ayudará a mejorar sus propiedades mecánicas.

### **2.5.3 Vibraciones**

La vibración va a ser el elemento al cual la pieza va a estar sujeta durante toda la vida del vehículo puesto que es generada por el motor, el camino y fuentes adicionales tales como bocinas y *subwoofers*. La manera de reducir su impacto sobre la pieza desde el diseño es previendo refuerzos estructurales en forma de nervaduras, espesor de material, agregando puntos de apoyo hacia la carrocería y agregando elementos amortiguadores de ruidos por contacto como los fieltros. Otros factores provocados por las vibraciones son la fatiga y estrés en la estructura por lo cual se deben evitar las discontinuidades geométricas que actúan como concentradores de tensiones por dónde se pueda iniciar la grieta de fatiga. La probabilidad de rotura por fatiga puede ser reducida evitando estas irregularidades estructurales, o sea, realizando modificaciones en el diseño,

eliminando cambios bruscos en el contorno que conduzcan a cantos vivos, por ejemplo, diseñando superficies redondeadas con radios de curvatura grandes.



Fotografía 8. Refuerzo estructural por medio de celdas de panal para proporcionar rigidez y resistencia.

#### **2.5.4 Requerimientos de colindancia**

La colindancia con otras partes del vehículo nos obliga a pensar en problemas de desgaste, ruidos por contacto, problemas de montaje, etc. Por lo tanto, los coeficientes de contracción de moldeo y expansión térmica son importantísimos para calcular las dimensiones de los moldes o herramentales y por ende las de la pieza ya terminada.

Otro factor a tomar en cuenta para evitar contactos contra las piezas colindantes es diseñar conforme a las tolerancias propias del proceso, esto nos va a permitir tener las distancias correctas entre piezas. Es claro que en algunos casos el contacto entre dos o más piezas es necesario por requerimientos de apariencia o de función en los cuales es necesario considerar un material auxiliar como los fieltros autoadheribles que le permiten tener contacto entre 2 piezas, pero sin tener problemas de desgastes o ruidos.



### **2.5.5 Condiciones climáticas**

Las propiedades de resistencia a la alta temperatura son fundamentales puesto que la pieza estará debajo del medallón y recibirá una fuerte carga térmica con temperaturas elevadas. Aunque son importantes las altas temperaturas como factores de diseño no debemos pasar por alto las bajas temperaturas a las que enfrentará dependiendo del mercado al que vaya destinado el auto, se debe asegurar que la pieza cumpla sus condiciones funcionales desde una temperatura de congelamiento hasta elevadas temperaturas y con alta humedad relativa en el ambiente. Para evitar deformaciones o ruptura es necesario hacer hincapié en el espesor de la pieza, el reforzamiento de la estructura y las cargas de talco mineral en el polipropileno.

La exposición solar será de los factores más importantes a considerar ya que la posición en auto es bastante crítica en este sentido y se debe asegurar que la sombrerera resistirá durante todo el ciclo de vida del automóvil las radiaciones emitidas por el sol. Para solucionar este problema se debe atacar desde la materia prima con los aditivos necesarios que reduzcan al máximo los efectos dañinos de las radiaciones solares, estos aditivos son filtros UV.

### **2.5.6 Contacto con detergentes y solventes**

Al ser una pieza visible y de fácil acceso por el usuario es obvio que la limpieza será primordial por lo tanto la sombrerera debe resistir el ataque de los productos comerciales de limpieza sin sufrir daños en su acabado y sin pérdidas en el tono de color. Regresando nuevamente a las propiedades del polipropileno sabemos que tiene una muy buena resistencia a los detergentes y a los solventes.

### **2.5.7 Ensamble de accesorios adicionales tales como tapas de servicio, luz de freno e insonorizantes**

No es posible eliminar todas las piezas adicionales ya que algunas de ellas sirven para cumplir con requerimiento de confort y seguridad tal es el caso de una

pieza textil por debajo de la sombrerera para suprimir algunos ruidos provenientes de la zona de cajuela, tomando en cuenta que el ahorro es prioridad, la pieza se debe conceptualizar con la premisa de que no se utilizará adhesivo como medio de sujeción del insonorizante hacia la sombrerera en su lugar se crearán fijaciones mecánicas (soportes) para el montaje del insonorizante.

Para el montaje de las tapas adicionales se creará dentro de la misma pieza el soporte, así como los pivotes de giro de las tapas respetando los espacios requeridos para la función del anclaje de asiento de bebé.

Otro accesorio adicional es la tercera luz de freno y para esto se requiere diseñar dentro de la misma inyección, el soporte que fijará la carcasa de la luz a la sombrerera. Ver anexo 2.

### **2.5.8 Paso de aire a través de la sombrerera**

Al ser la pieza que ocupa la última zona dentro del habitáculo del auto, es la parte dónde se aglomeran los remanentes del aire entrante de ventanas, quemacocos, accionamiento del aire acondicionado o por el simple hecho de cerrar las puertas, ésta debe contener un mecanismo que permita el paso del aire hacia el exterior del vehículo. Una rejilla se diseño dentro de la misma pieza para evitar los problemas de confort ya que reduce drásticamente la presión interna. Ver anexo 1.

### **2.5.9 Formas, acabados y colores acorde con los lineamientos de la empresa automotriz**

Los acabados son probablemente el punto más importante puesto que son las cartas de presentación de la marca y representan en cierta forma la clase o refinamiento del vehículo. Se dice que, al subirse al auto, un cliente, no percibe las características de seguridad o desempeño, sino los acabados de las piezas interiores.

El diseño no está sujeto únicamente a las diversas condiciones mencionadas con anterioridad, sino que está sujeto también a la imagen designada para esta pieza por los departamentos de diseño estético y acabados, esto quiere decir, que el diseño funcional se debe adaptar a las formas variadas respetando la geometría aprobada.

El acabado es fundamental y en este caso se requiere de un material que sea fácilmente moldeable a la apariencia deseada, cabe destacar que el polipropileno por sus propiedades de fluidez dentro de los herramientas es propicio para tener la apariencia esperada.



Fotografía 9. Acabado y color de la sombrero inyectada.

La ventaja de tener al propileno como material propuesto es que las compañías proveedoras de este material, ofrecen una amplia gama de colores y tonos dentro de sus portafolios de materiales de serie y si se tratase de un color o tono especial es relativamente fácil desarrollarlo por lo que al utilizar polipropileno

es fácil cumplir con el color deseado por la compañía constructora del vehículo disminuyendo los tiempos de desarrollo.

Un diseño exitoso de la pieza es el resultado de un correcto diseño del molde. Muchos de los problemas de acabado de las piezas son consecuencia de las deficiencias de diseño de la herramienta de moldeo. Para evitar algunos de los problemas más comunes como los hundimientos en la pieza, mejor conocidos como rechupes, marcas de flujo, marcas de soldadura, cambios de tono y debilidad estructural es prioritario seguir algunas reglas básicas, por ejemplo, en el reforzamiento de la pieza por medio de costillas, estas, no deberán exceder el 70% del espesor de la pieza, los puntos de inyección deben estar estratégicamente distribuidos de manera que el material fluya con facilidad antes manteniendo una temperatura constante evitando así las marcas de flujo, las marcas por soldadura y los cambios de tono. Adicional se deben considerar los ángulos de desmoldeo correctos para evitar marcas por arrastres, sobre todo, en la superficie texturizada que es visible para el consumidor.

### **2.5.10 Requerimientos ambientales**

Hoy día es inevitable concebir un producto sin pensar en los aspectos ambientales que va a generar desde su producción, uso y posterior desecho. En el marco de los requerimientos de reciclabilidad, es necesario que la pieza cumpla con la normativa que regula los materiales utilizados dentro de la industria automotriz. Para limitar el impacto ambiental debemos pensar en un proceso que genere la menor cantidad de desperdicios y en este caso el moldeo por inyección cumple con esta característica pues el material que se descarta del proceso puede volver a inyectarse permitiendo una escasa o nula generación de residuos.

En lo que respecta al polipropileno podemos afirmar que su uso impactará en la menor manera posible pues a pesar de que libera algunos compuestos orgánicos volátiles durante su procesamiento, es un polímero que puede inclusive usarse para utensilios de cocina. Para asegurar que la pieza tenga un alto porcentaje de reciclabilidad después de la vida del vehículo se requiere de un

proceso que nos entregue una pieza sin materiales adicionales en su estructura, esto quiere decir que, si bien es preciso tener otros materiales dentro de la misma pieza debemos asegurarnos que se evite en la medida de lo posible colocarlos con cualquier medio químico (adhesivos) o mecánico permanente (soldadura), esto para asegurarnos que cada componente va a ser reciclado en su totalidad puesto que la disgregación de componentes será fácil de realizar. Sin embargo, hay componentes que no es posible eliminar del todo estas premisas y me refiero a los fieltros antirruidos que deben ir adheridos a la sombrerera, pero se reduce el impacto al evitar colindancias desde el diseño, utilizar fibra del mismo polipropileno y reduciendo su tamaño.

## **2.6 Tipo de polipropileno utilizado para la fabricación de la sombrerera**

Una vez teniendo claros estos objetivos y la medida en la que afectarán el producto podemos concluir que el polipropileno es el material por escoger. Como ya mencionamos en las bondades del polipropileno que no obstante de ser un plástico de ingeniería barato, este, cubre a cabalidad todas las consideraciones enlistadas y podemos estar seguros de que con un buen diseño es posible superar los principales retos que se presentan al conceptualizar esta pieza y conseguir la meta que es bajar el costo sin disminuir las propiedades de calidad y desempeño. El material escogido es un polipropileno de la compañía Basell que tiene por nombre comercial Hostacom EKC330N con 16% de carga mineral, grado de impacto modificado con excelente balance en la relación rigidez/impacto, buenas propiedades de fluidez, excelente resistencia al rayado y excepcional resistencia a altas temperaturas. Para mayor referencia ver anexo 4.

## **2.7 Resultados del nuevo proceso de producción y material**

Con todas las consideraciones de diseño ya definidas e implementadas podemos concluir que el polipropileno es una buena alternativa para cambiar el

material inicialmente pensado para esta pieza, pues como analizaremos a continuación, los objetivos se cumplieron, se logró reducir el costo de la pieza en un 30%. En el siguiente esquema podemos ver la reducción de estaciones de trabajo bajo el nuevo esquema de producción y material.

Bajo el esquema de inyección podemos obtener en un solo paso el cuerpo principal, el acabado, los apoyos hacia la carrocería, retenedores de grapas, guías de montaje, rejilla de ventilación y el refuerzo estructural en forma de costillas.

Esto reduce enormemente el proceso de manufactura, el cual queda de la siguiente manera:

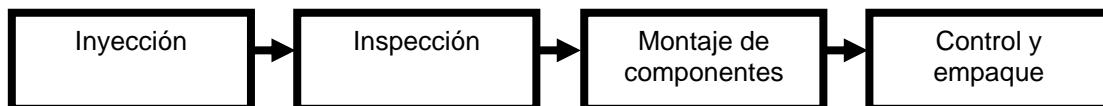


Diagrama 2. Diagrama de proceso de fabricación con polipropileno.

Con el proceso de moldeo por inyección se reduce el tiempo de producción y se optimiza el personal para las estaciones de trabajo ahora solo se tiene el personal mínimo para las operaciones de montaje de los componentes anexos. En la siguiente tabla, se presentan los tiempos de cada operación y el personal que las lleva a cabo quedando de la siguiente manera.

Tabla de tiempos de operaciones y personal en la producción de la sombrerera		
Operación	Tiempo (min)	Mano de obra
Inyección	0.9	1
Inspección	0.5	1
Montaje de componentes	2.6	1
Control y embalaje	0.8	1
Total	4.8	4

Tabla 4. Tabla de tiempos y personal bajo el esquema de producción en polipropileno.

También se consiguió disminuir el número total de componentes a 29 con lo que se reducen costos logísticos:



Fotografía 10. Componentes de la sombrerera de polipropileno

- 1 cuerpo principal
- 1 guata insonorizante
- 5 grapas
- 13 fieltros antirruidos
- 3 tapas de anclaje para asiento de bebé
- 3 grapas para fijación de luz de freno
- 2 tornillos
- 1 luz de freno

Se ahorró en los costos de desarrollo pues el número de herramientales disminuyó en un 45%, de un total de 11 herramientales previamente utilizados en el proceso de Woodstock, solamente se crearon 5 para la sombrerera de polipropileno, de esta manera, no solamente se ahorro en los herramientales sino también en los costos de desarrollo de los mismos. El número de herramientales quedó de la siguiente manera:

- 1 para el cuerpo principal
- 3 para tapas del anclaje de asiento de bebé
- 1 para el corte de la guata insonorizante

Otra ventaja adicional fue la disminución de peso, el peso total bajó alrededor de un 30% como una consecuencia colateral del cambio de material. A menor peso en el vehículo, menor cantidad de emisiones se van a generar.



## Capítulo III Análisis y validación de resultados

Después del proceso de diseño que ya hemos descrito, se procederá a construir los moldes bajo los datos CAD que resultaron de los diferentes análisis. Todas las consideraciones son plasmadas ahora en la herramienta de moldeo y que serán reflejadas en las piezas una vez moldeadas. Estas evaluaciones nos van a servir para validar que el diseño fue correctamente realizado, es decir, que todos los problemas previstos serán cubiertos realmente. En esta etapa se comprobará que con el cambio de materiales y proceso de producción no se pierden las características de calidad y desempeño puesto que la pieza se someterá a las rigurosas pruebas que la industria automotriz exige. La pieza será evaluada desde el material que la compone para verificar que el proveedor de materia prima esté controlando sus componentes y parámetros de producción. Para continuar, se evaluará el comportamiento de las piezas ya terminadas y su desempeño como parte funcional del auto, en esta etapa se probará la pieza conforme al uso y posición de la pieza dentro del auto y de acuerdo a las diversas condiciones generadas por el usuario o el medio ambiente que se generan a diario después de que un cliente adquiere el vehículo. También se determinará si hay áreas de oportunidad para la pieza dónde el diseño aún puede ser mejorado, esto normalmente sucede cuando las piezas sufren daños durante las pruebas, en este caso será necesario de un análisis para decidir cual será el cambio en el diseño que nos pueda sacar a flote del problema encontrado. En esta etapa la ingeniería será invertida pues conforme al problema encontrado se generarán propuestas a partir de las piezas por medio de prototipos para luego ser incluidos como parte del diseño.

Al final de este capítulo veremos como ha impactado los diversos aspectos tecnológicos y sociales, puesto que gran parte de la responsabilidad para este proyecto ha quedado en manos de los ingenieros mexicanos que hasta antes solo se dedicaban a verificar partes del proceso de producción, pero que con este proyecto han tomado experiencia para desarrollar piezas del interior del vehículo.

### **3.1 Pruebas esenciales para validar el diseño**

A continuación, se mencionan las principales pruebas a las que debe someterse la sombrerera. Cabe mencionar que las pruebas realizadas son propiedad intelectual de la empresa y no es posible plasmarlas a detalle en el documento de Tesina.

#### **3.1.1 Montaje en línea de producción**

El objetivo de esta prueba es asegurar que la pieza se montará sin inconvenientes en la producción del vehículo, cumpliendo con los requisitos diversos entre los cuales se puede mencionar que, en su montaje, el personal técnico, solamente utilice sus manos para ensamblarla, o sea, que no se utilicen herramientas adicionales y al mismo tiempo no represente un esfuerzo excesivo, es decir, que sea amigable al operario sin exceder el tiempo asignado para ese fin. También se debe asegurar que en el servicio postventa la pieza pueda desmontarse y volver a montar con facilidad en caso de realizar alguna actividad de reparación o servicio por lo que se requiere de estabilidad estructural de la pieza.

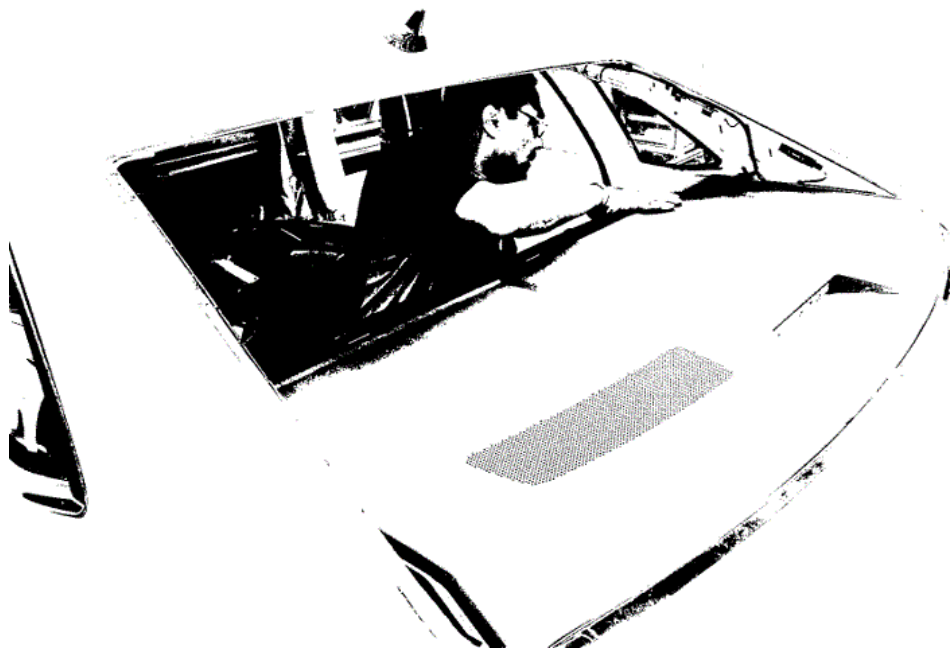


Figura 4. Proceso de ensamblaje de una sombrerera.

Una limitante en el diseño de la pieza fue el movimiento en el eje Z, esto quiere decir que el montaje se adaptó a las condiciones existentes, por una parte, el medallón nos limita el movimiento en el eje Z y por la otra, los postes laterales nos limitan el movimiento en el eje Y, con esto solo tenemos disponible el eje X para realizar el montaje. Para adaptarnos a las limitantes fue necesario adecuar el diseño por medio de la adaptación al ancho total de la carrocería y especificar los movimientos que el técnico debe realizar en el montaje para aprovechar los espacios disponibles, todo esto bajo un proceso de prueba y error.

En la revisión del diseño se observaron estos problemas y se optimizaron las geometrías de las fijaciones que complicaban el montaje, al ser limitado el movimiento estas fijaciones conducían a un montaje inseguro puesto que requerían del movimiento en el eje Z. Para entender como están distribuidos los ejes de referencia en el auto, ver anexo 4.

### **3.1.2 Recorrido del auto en diversos caminos**

Esta evaluación es para comprobar que la pieza resistirá sin contratiempos las diversas influencias a las que estará sometida durante la vida del vehículo. El auto es conducido por todos los caminos posibles simulando el recorrido que se espera tendrá con el uso diario por cualquier cliente. La influencia principal es la vibración que es transmitida por el chasis hacia las piezas interiores y las principales consecuencias de la vibración son el desgaste, fatiga, tensiones y la generación de ruidos en zonas de contacto contra lámina o piezas colindantes.

Otros aspectos para evaluar dentro de esta prueba es el funcionamiento de tapas integradas ya que se simula el uso diario de las mismas. El uso diario acumula polvo y suciedad sobre la pieza, por lo que la facilidad para limpiar la superficie es un aspecto importante a evaluar utilizando diferentes productos de limpieza. Durante y después de la prueba no se deben presentar deformaciones, rupturas. pérdida en el tono ya sea por la limpieza o por la exposición al sol, pérdida de torque en uniones atornilladas, pérdida de fuerza de extracción de las uniones engrapadas.

El principal problema durante las pruebas de recorrido en auto, fueron los ruidos detectados entre las guías de sujeción y distanciadores contra la carrocería. Para este problema se dispusieron 2 medidas, la primera implementada desde el diseño y que fue colocar fieltros en cada punto de contacto contra carrocería, con esto eliminamos cualquier ruido por contacto directo. La segunda medida fue utilizar un ajuste de apriete entre las guías de montaje y carrocería para limitar el movimiento en el eje Z. Ver anexo 5.

Este caso nos mostró que al contrario de lo que se diseña respetando las zonas de colindancia y evitando los contactos entre piezas, en esta situación tuvimos que incrementar el espesor de la guía de manera que exista un ajuste contra la cavidad de lámina dónde se aloja la guía.

### **3.1.3 Funcionalidad del producto**

Todas las piezas del vehículo deben tener algún tipo de interacción con el usuario ya sea por necesidades del propio consumidor o por que dentro de diseño se han creado para satisfacer las necesidades de piezas colindantes, tal es el caso de los anclajes para asientos de Bebé. Estos anclajes se encuentran por debajo de la sombrerera y es necesario crear un acceso hacia ellos por medio de una tapa. La tapa debe cumplir con las especificaciones de fuerza de accionamiento y además con los requerimientos de espacio disponible para el uso del anclaje.

Durante las evaluaciones se observó la importancia de las tolerancias en este tipo de tapas ya que por una parte deben cumplir con los requerimientos de fuerza de accionamiento y por otra la apariencia debido a que las holguras entre tapa y cuerpo de la sombrerera deben permanecer constantes.

Desde el diseño se debe tomar en cuenta los aspectos técnicos a la par de los estéticos para crear un diseño completo y robusto.

### **3.1.4 Simulación ambiental**

El mercado para los autos producidos en México es global y por lo tanto deben cumplir con todas las condiciones de los diferentes mercados, desde los helados mercados como los nórdicos o hasta los más cálidos y secos como los desérticos en Asia, África o América y húmedos como el de cualquier clima tropical del mundo.

Estas pruebas tienen como objetivo analizar el comportamiento del material y de la pieza terminada a los diversos efectos producidos por las condiciones climáticas diversas, la pieza debe someterse a temperaturas extremas o una alternancia de ellas, combinadas con humedad relativa, esta prueba se evalúa con un peso simulando libros u objetos pesados que el cliente pudiera colocar en la zona. El producto debe superar sin deformaciones, rupturas, desprendimiento de material y materiales anexos, cambios de tono o color, las tapas o cubiertas deben funcionar sin obstáculos y libres de ruidos.

Deformación de la zona de tercera luz de frenado a altas temperaturas fue detectada durante las pruebas, esto, debido al reblandecimiento que sufre el polipropileno a altas temperaturas. Para solucionar este problema se reforzó la zona con una costilla a lo largo de la zona afectada. Ver anexo 5 para más detalles.

Una de las lecciones aprendidas con esta prueba fue que no todo lo que nos arroja el diseño es confiable, en este caso se dedujo que la superficie tenía la suficiente rigidez como para soportar la carga térmica, pero en esta prueba se presentó el problema mostrando que el diseño necesitaba ser robustecido en esa zona.

### **3.1.5 Exposición y Simulación a la exposición solar**

Debido a su posición por debajo del medallón dentro del auto, la sombrerera queda expuesta directamente a los rayos solares y por este motivo es un requerimiento indispensable conocer el comportamiento del material y de la pieza

completa bajo las condiciones severas que provoca la exposición solar. Esta prueba nos permitirá saber con anticipación los problemas que se pueden presentar a largo plazo en condiciones normales de uso. Combinaciones de exposición solar (mediante lámparas), humedad relativa y variaciones de temperatura dentro de una cámara climática son requerimientos necesarios durante la simulación.

Otra variante de esta prueba es exponer la pieza en sus diversos colores a la radiación directa del sol en lugares desérticos dónde el auto o la pieza son orientados de manera que reciba la carga solar durante el mayor tiempo posible, esto desde luego está sujeto a las cambiantes condiciones climáticas de la zona y por el inevitable ciclo día/noche por lo que la evaluación es mucho más prolongada que la prueba de simulación.

El objetivo de ambas variantes es conocer de una manera adelantada los diversos problemas generados a largo plazo por la radiación solar tales como: Cambios de tono y color, deformaciones por el intenso calor generado, degradación del material, desprendimiento de los componentes adicionales o mal funcionamiento de las tapas o componentes.

Al igual que en las pruebas de simulación climática el principal problema fue la deformación de la zona de tercera luz, con la misma solución que la prueba antes mencionada.

### **3.1.6 Mediciones de presión interna del interior del vehículo**

El confort es un aspecto de vital relevancia para los usuarios del vehículo ya que muchos de ellos pasarán un tiempo considerable dentro del auto. La presión interna alta es un factor que afecta en gran medida el confort del vehículo puesto que afecta al oído y es una variable sujeta al aire que ingresa al interior del vehículo debido al funcionamiento del aire acondicionado y durante las diversas situaciones que se presentan en el manejo, es decir, la presión interna va a tener variaciones dependiendo de la velocidad de conducción, la apertura de ventanas,

quemacocos y el nivel de descarga del aire acondicionado, a todo esto, agregar la presión generada por la apertura y cierre de puertas. ¿Por qué recae la responsabilidad en la sombrerera para desalojar el excedente en el volumen de aire? La explicación es simple pues la sombrerera se encuentra en la parte posterior dónde todos los remanentes de aire confluyen y es ahí donde el aire debe pasar en primera instancia a la cajuela para después escapar al exterior de vehículo.

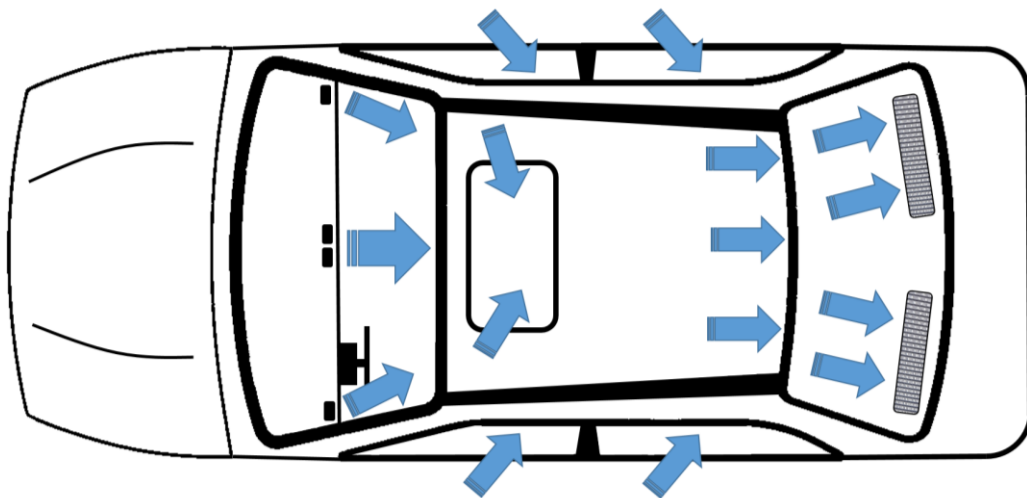


Figura 5. Influencia de las corrientes de aire en el interior de un vehículo.

Esta prueba como su nombre lo indica, es para medir los niveles de presión que se generan en el uso del auto. Una presión alta es síntoma de que el aire acumulado no está siendo desplazado de manera correcta hacia el exterior aumentando de manera considerable y con esto disminuyendo el confort. En esta prueba se verifica que el espacio que se diseñó como salida de aire por medio de las rejillas y las holguras existentes contra el medallón cumpla con los requerimientos que se verán reflejados en la presión. La prueba se realiza de manera estática para el accionamiento de puertas y aire acondicionado, y dinámica con diferentes condiciones de manejo, es decir, a diferentes velocidades del auto y diferentes velocidades del aire acondicionado.

El tamaño y forma de las salidas de aire fueron calculados desde el diseño, pero al realizar las pruebas se observó que la forma de la sombrerera en la zona

dónde pasa el aire hacia el exterior es determinante en la evacuación del mismo, no solo cuenta el espacio disponible para desalojar el volumen calculado sino la dinámica del fluido al pasar por las rejillas. Así se pudo constatar que la eficiencia para desalojar el aire va directamente relacionada con la forma, acabados y espacio disponible en las rejillas.

### 3.1.7 Aspectos de seguridad

Las regulaciones actuales a las que están sujetos los vehículos son cada vez más rigurosas, luego entonces, el factor de seguridad vehicular es una parte que no puede dejarse a un lado y es una obligación del fabricante de vehículos que todas las piezas cumplan con la normatividad de cada mercado. La pieza como componente del vehículo debe aprobar las diversas influencias que tienen como resultado las pruebas de seguridad. Esto quiere decir que la sombrerera debe resistir todos los esfuerzos generados a raíz de una simulación de accidente y permitir sin limitantes el uso de dispositivos de seguridad, es decir, los cinturones de seguridad deben tener libre acceso a través de la sombrerera por lo que la pieza no debe tener malos acabados que atoren o produzcan mal funcionamiento en el recorrido del cinturón de seguridad.

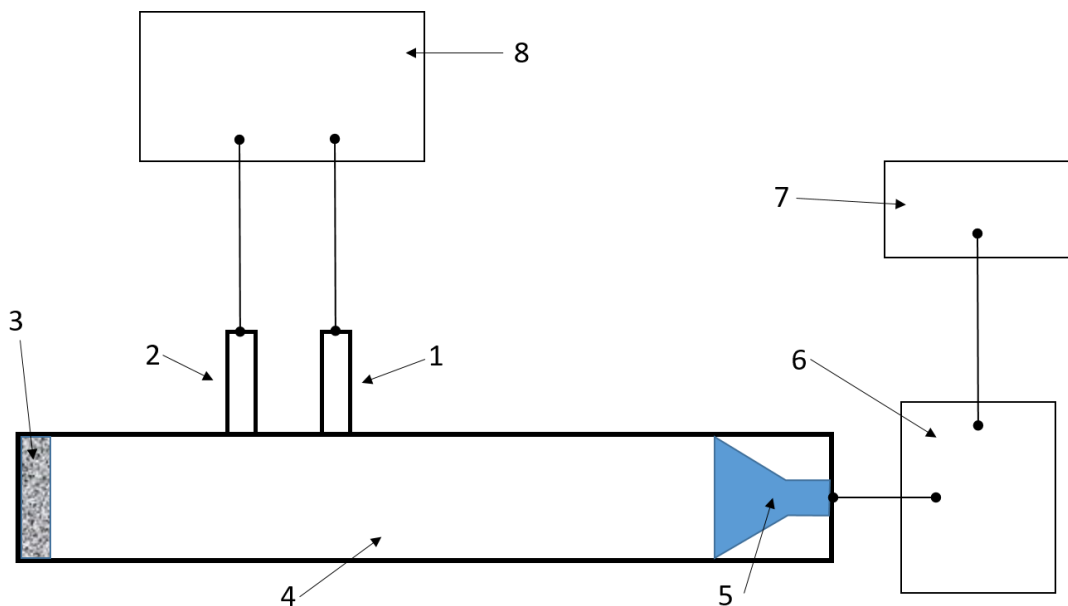


Fotografía 11. Prueba *crash* trasero según norma FMVSS301 (CarPro, 2019)



### 3.1.8 Evaluaciones acústicas

Otro factor ligado al confort del vehículo es el nivel de ruido que puede ingresar al interior del vehículo a través de las piezas, en el caso de la sombrerera contiene un textil no tejido que hace la función de amortiguador de ruido, es decir, que limita el acceso de ondas sonoras al interior del vehículo, pero, como saber si el material elegido es el correcto para utilizar como barrera acústica. Para esto se tienen 2 tipos de evaluaciones, la primera, realizando mediciones del ruido proveniente del motor, rodamiento, viento o ruido proveniente de fuentes externas. En esta evaluación el auto se coloca dentro de una cámara anecoica y se mide el nivel de ruido que llega a los oídos del ocupante y las segunda, se mide el coeficiente de absorción del material insonorizante con un tubo de impedancia, a mayor coeficiente de absorción tendrá un mejor desempeño para amortiguar las ondas sonoras. El objetivo es comprobar que el material desarrollado cumpla con los requerimientos de absorción de ruidos para elevar el nivel de confort.



- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 1. Micrófono A        | 5. Fuente de sonido          |
| 2. Micrófono B        | 6. Amplificador              |
| 3. Probeta            | 7. Generador de señal        |
| 4. Tubo de impedancia | 8. Analizador de frecuencias |

Figura 6. Esquema de un tubo de impedancia de acuerdo con la norma ISO 10534-2:1998 (International Standard, 1998:8)

El resultado de las pruebas de absorción se representará en un gráfico como se muestra en la siguiente figura.

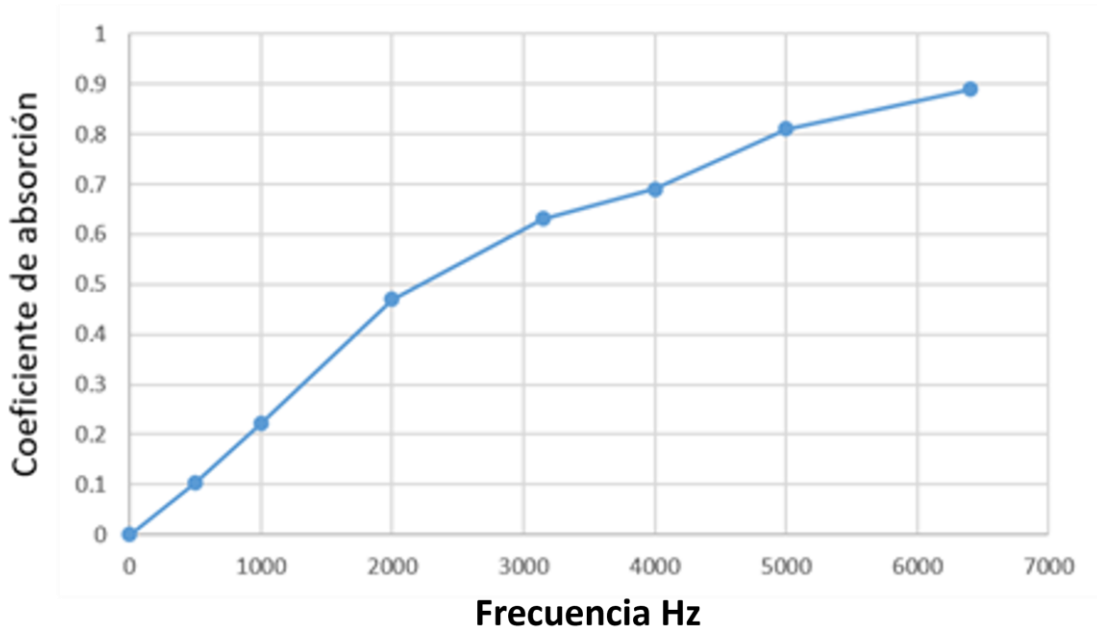


Figura 7. Gráfico característico del comportamiento acústico de un insonorizante.

### 3.1.9 Pruebas de laboratorio

El tipo de polipropileno escogido debe cumplir con todas sus propiedades para que la pieza pueda superar realmente con todas las exigencias. A la par de las pruebas antes mencionadas, es necesario comprobar que el material entregado por el proveedor de la pieza sea el correcto, en cuanto a su composición, y propiedades mecánicas y químicas. Dentro de estos parámetros a medir podemos mencionar los siguientes:

1. Evaluación de composición, para determinar el material recibido y sus diversos componentes como lo es la carga de talco, aditivos y colores.
2. Evaluación de las propiedades mecánicas. En esta prueba se determina si el material cumple con los valores de elasticidad, dureza, resistencia, etc.

3. Evaluación de desprendimiento de partículas y olores. Se usa para determinar las sustancias y cantidad que desprenden los materiales, también se evalúa el nivel de olor generados por la pieza. Todos estos valores están regulados por estrictas normas que debe cumplir el material.
4. Pruebas de estabilidad a la intemperie y luz solar. Pruebas diseñadas para comprobar que el material no pierde sus propiedades cuando se somete a los rigurosos cambios climáticos y a la exposición solar. En esta prueba se miden objetivamente valores como el cambio de tono en el pigmento del material o la pérdida de alguna propiedad mecánica.

Alcanzar una evaluación completa cumpliendo las diversas normas aplicables antes de su introducción a la producción en masa, nos permite garantizar que el producto tendrá un buen desempeño en todas las fases de vida del auto, desde su manejo y montaje dentro de la compañía armadora, pasando por el transporte, distribución del vehículo, uso del consumidor, servicio postventa y desecho del vehículo al final de su ciclo de vida.

Otra virtud que encuentro en el proceso de ejecución de las pruebas es, que, nos retroalimentará sobre los conceptos que se tomaron en consideración al desarrollar la pieza, algunas carencias resaltarán durante la ejecución de alguna prueba y por lo tanto servirá para retroalimentar al equipo desarrollador, por lo que es también un proceso de aprendizaje que se complementa y enriquece.

### **3.2 Impacto social**

En este trabajo se presentan las experiencias adquiridas en un proyecto en la industria automotriz donde la idea es transmitir todo aquello que pueda ser útil a la sociedad puesto que se ponen a disposición del lector las prácticas logradas durante en el cambio de material y proceso productivo de una pieza automotriz y se deja un precedente de que en México no solo es un lugar de producción y ensamble sino que ha pasado a ser un lugar donde se desarrollan productos

acorde con las especificaciones mundiales. Estoy seguro de que este trabajo servirá a las futuras generaciones de ingenieros de manera que cambie la percepción de la ingeniería mexicana, es decir, que estemos conscientes que, para afrontar nuevos retos, será necesario involucrarse cada vez más en temas poco explorados hasta ahora como son los plásticos de ingeniería, los métodos para procesarlos y sus aplicaciones no solamente en el campo automotriz sino en la industria en general. Al conocer en cierta manera el modo de trabajar de la industria de manufactura del automóvil espero impactar en la atención de los estudiantes de ingeniería hacia uno de los campos más interesantes y de gran crecimiento en nuestro país como lo es la industria automotriz al exponer un caso desde una perspectiva real, practica y efectiva utilizando algunas herramientas vistas en el salón de clases como el método Kan-Ban que nos proporciona las bases para fundamentar los cambios en el método productivo que nos permitirán la disminución de costos en el desarrollo de nuevos productos.

Haciendo una evaluación de todos los conocimientos adquiridos puedo afirmar que se impactará en la percepción que las industrias tienen sobre la ingeniería mexicana, al acumular más conocimiento y la manera de implementarlo, generará confianza en las empresas extranjeras y nacionales que deseen desarrollar productos utilizando ingeniería nacional.

Todos los puestos de trabajo relacionados con la ingeniería se verán fortalecidos desde el diseñador en CAD hasta los ingenieros del producto, de pruebas, de producción y de calidad por el aprendizaje continuo que genera la colaboración en proyectos de esta envergadura.

### **3.3 Impacto tecnológico**

Aunque los plásticos y el método de moldeo por inyección no son nuevos dentro de la industria automotriz, el avance tecnológico cambia de manera sustancial las propiedades de los plásticos debido a que se mejoran los procesos para su obtención y los aditivos, cargas y pigmentos cada día son optimizados

para perfeccionar sus propiedades que a su vez cambian la manera de procesarlos dependiendo del producto que se desea obtener. Todo esto nos lleva a la creación de nueva maquinaria para la transformación del plástico. Adicionando a todos los cambios antes mencionados, los problemas que representa el ahorro en materiales auxiliares, por ejemplo, al eliminar adhesivos tenemos que crear un mecanismo que soporte al insonorizante y dicho soporte tiene un ángulo diferente al desmoldeo de la pieza, esto indudablemente impactará en la tecnología de los moldes puesto que ahora el molde deja de ser una pieza simple y pasa a ser un complejo mundo de mecanismos que permiten a la misma vez crear formas intrincadas pero también permiten el desmoldeo de la pieza.

En otro aspecto dónde se impactará de manera considerable tecnológicamente hablando es, que al manejar materiales diferentes se tienen que mejorar, cambiar u homologar los métodos de prueba. La búsqueda de nuevos métodos que nos lleven a evaluar las propiedades deseadas en la pieza abrirá la puerta a nuevas tecnologías y por ende al derrame de conocimiento que estas traen consigo.

Al hablar de impacto tecnológico es de esperarse que sea de los puntos más relevantes en un proyecto de estas características pues todos los medios de diseño, producción, pruebas y ensamble están sujetos al avance tecnológico y su uso implica capacitarse en ellos, impactando también en el conocimiento adquirido por los ingenieros involucrados. Obviamente el incesante desarrollo de las tecnologías tiene como consecuencia que las mismas estén sujetas a la obsolescencia por lo que también se pretende impactar en que la capacitación y actualización de conocimientos sobre la tecnología son permanentes y constantes.

### **3.4 Impacto económico y de producción**

En este punto se observa que este proyecto va a impactar tanto económicamente, productivamente por lo que se describen por separado.

#### **3.4.1 Impacto económico**

Indudablemente el principal objetivo de las implementaciones en el proceso y nuevo material es reducir el costo de la pieza puesto que se reducirá el costo total del vehículo permitiendo a la compañía constructora de vehículos ser competitiva dentro de su mercado ofreciendo un producto más barato impactando así de manera positiva a la sociedad.

El ahorro en la mano de obra por los diversos cambios en el proceso de producción impactarán negativamente en la economía local ya que alrededor del 50% de la mano de obra involucrada directamente con la producción de la pieza dejará de ser necesaria y por ende el desempleo aumentará, esto sin duda es un tema difícil pues por una parte tendrá consecuencias negativas pero por otra es el motor de la economía de las empresas como lo describiera Ohno, “la reducción de personal es un medio para la reducción de costos que sin duda es una condición esencial para la supervivencia y crecimiento de un negocio”. (Ohno en Coriat, 2009: 23)

#### **3.4.2 Impacto de producción**

En términos de los métodos de producción actual y propuesto, el impacto va a ser de trascendencia puesto que para obtener los ahorros esperados se tuvo que optimizar la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla.

La eficiencia del moldeo por inyección dio como resultado la disminución de los tiempos de fabricación y aumentó la capacidad de producción pues al disminuir el tiempo de ciclo desde el moldeo y hasta el acabado se tiene la capacidad de reducir turnos o corridas de producción.

Insumos, tiempos y recursos son las variables que nos determinarán la productividad, al modificarlas según las ventajas que nos proporcionan cada una de ellas determinarán el grado de productividad que se ganó para la fabricación de la sombrerera. Se dice que al incrementar la producción con los mismos insumos se incrementa la productividad, pero también que, al reducir los insumos con los mismos recursos y obtener la misma producción también se incrementa la productividad. En el caso de la sombrerera inyectada en polipropileno se cumplieron ambos factores, se redujeron los insumos y se redujeron los tiempos de producción con lo cual se obtuvo un proceso mucho más eficiente.

### **3.5 Impacto ambiental**

Toda la cadena de procesos que se han optimizado significarán una carga menor en términos energéticos, a medida que se reducen los pasos, los recursos invertidos disminuyen en igual manera, el antiguo proceso conllevaba el uso de energía eléctrica para mover sus líneas de producción, prensa de termoformado, iluminación, herramienta térmica, equipo neumático, herramientas eléctricas, etc. Adicional se usará energía calorífica por medio de la combustión de gas propano para los hornos de calentamiento y para el uso de montacargas por el almacenamiento, traslado y desecho de los muy variados materiales.

Bajo el nuevo esquema de producción, el uso de electricidad y gas propano disminuye considerablemente al utilizarse para mover la máquina de inyección, automatización del desmoldeo, atornillado e iluminación, eliminando el uso de gas propano para el proceso, solo para el transporte y almacenamiento. La reducción de residuos a prácticamente cero es otra ventaja del proceso implementado. Finalmente, se puede afirmar que el uso de nuevo material y proceso representará un menor impacto al medio ambiente.

## Conclusiones

Recapitulando los puntos que se expusieron en este trabajo puedo concluir que dentro de los procesos productivos nada está escrito, siempre existe el material o proceso que se puede innovar, siempre existen mejoras o áreas de oportunidad que pueden aprovecharse para aumentar la productividad y como consecuencia abaratar el producto, como en el caso expuesto, las mejoras pueden venir de un cambio de material o proceso de producción así como la optimización del diseño por medio de soluciones creativas. Siempre es imperante apoyarse de los avances tecnológicos que marcarán la pauta de la magnitud del cambio o ahorro que queremos lograr pues se buscarán las mejores alternativas en cuanto a infraestructura, maquinaria y desarrollo de materiales.

El uso de la tecnología es indispensable, desde la conceptualización de la pieza por medio de los avanzados programas CAD y ésta se verá reflejada en el producto final porque se pueden prever problemas de ensamble y conflictos con piezas vecinas por una parte y por otra calcular importantes cuestiones de diseño de moldes como los ángulos de desmoldeo y la fabricación de carros o *sliders* dentro del herramental para el moldeo de formas y geometrías intrincadas. El cálculo de los esfuerzos, fatiga, elasticidad y resistencia también podemos obtenerlo utilizando programas de simulación que aportarán información valiosa para tomar en cuenta desde la etapa más temprana del proyecto.

El uso de la tecnología nos acercará cada día a nuevas tendencias dentro de las cadenas productivas, siempre llevando en la mira la optimización de los recursos de manera que reemplace a la mano de obra por medio de la automatización y robótica.

El proyecto tiene que estar sometido a la comprobación del diseño utilizando las diferentes normativas con la que tiene que cumplir el vehículo, llámense normas internas, normas nacionales, requerimientos del mercado, normas



internacionales de seguridad, requerimientos de confort, durabilidad, servicio y postventa. Cumpliendo con las diferentes normas aseguraremos un producto confiable para los fines que fue creado, así como los estándares de calidad.

## Bibliografía

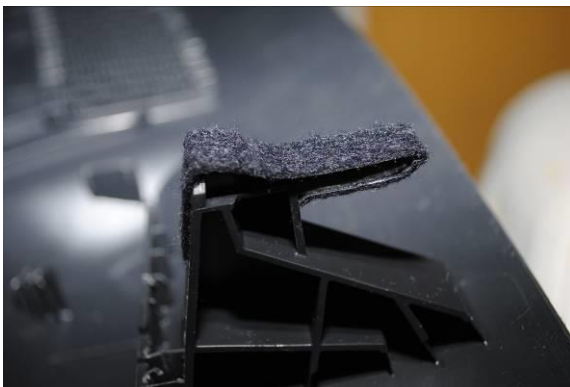
- Autoware Documentation, *Vehicle axes and Base\_link*, 2024, en: <https://autowarefoundation.github.io/autoware-documentation/galactic/design/autoware-interfaces/components/vehicle-dimensions/>.
- Borealis, *Polypropylene provides an economic aid to automotive industry recovery and advance*, 2011, en: <http://www.borealisgroup.com/industry-solutions/mobility/125340/>.
- Bunty LLC *The Ultimate Guide to Car Production Lines 2023*, en <https://buntyllc.com/car-production-lines/>
- Caufeld, Daniel, Craig Clemons y Roger Rowell, *Wood thermoplastics composites*, 2010, en: [http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2010/fpl\\_2010\\_caulfield001.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2010/fpl_2010_caulfield001.pdf).
- Clemons, Craig, *Wood-Plastics composites in the United States*, 2006, en: [http://www.cfquesnel.com/userfiles/file/%7B7AFF4342-1756-4E50-A7A2-B834C88EE10D%7D\\_FPJ%20Wood%20Plastic%20Comp%20in%20the%20US.pdf](http://www.cfquesnel.com/userfiles/file/%7B7AFF4342-1756-4E50-A7A2-B834C88EE10D%7D_FPJ%20Wood%20Plastic%20Comp%20in%20the%20US.pdf)
- Coriat, Benjamin. *Pensar al revés. Trabajo y organización de la empresa japonesa*. México: Siglo XXI, 2009.
- Doshi, Gaurab, *Textiles Applications in Automotive Industry*, 2011, en: <http://ezinearticles.com/?Textiles-Applications-in-Automotive-Industry&id=368487>.
- Herman, F. Mark. *Encyclopedia of polymer science and technology*. Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc, 2004.
- Hernández, Oliver. *Como optimizar la calidad en los procesos de inyección*, *Ambiente Plástico*, año 1, no. 5, Febrero-Marzo 2004, p. 70.
- Karian, Harutun G. *Handbook of polypropylene and polypropylene composites*. Suiza: Marcel Dekker AG, 1999.
- Maza, José Gabriel. *Manual del diplomado en interiores del vehículo. Ingeniería en plásticos*. México: UDLA Consultores, 2003.
- Narayan, Dubas y Bhansali Mahaveer. *Automotive Textile*, 2011, en: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/25/2474/automotive-textile1.asp>.

- Saavedra, Manuel. *Técnicas de investigación social para la elaboración del documento recepcional*. Siglo nuevo editores SA. México: 1980.
- Schut, Jan, *Wood is good for compounding, sheet & profile*, 1999, en: <http://www.ptonline.com/articles/wood-is-good-for-compounding-sheet-profile>.
- Tecla, Alberto y Garza Alberto. *Teoría Métodos y técnicas en la investigación social*. México: Ediciones de cultura popular 1977.
- Tripathi, Devesh. *Practical guide to polypropylene*. Reino Unido: Rapra Technology Limited, 2002.
- Pinal, Karla Magdalena. *Apuntes de Metodología y redacción. Guía para la elaboración de un proyecto de tesis*. México: Publicaciones Cruz O., S.A, 2006.
- Potiyaraj, Pranut. *Use of polypropylene in automotive industry*. 2006, en: [http://www.hmcpolymers.com/data/eNewsletter/1012/Techno\\_Connect\\_6.pdf](http://www.hmcpolymers.com/data/eNewsletter/1012/Techno_Connect_6.pdf).
- Quora *Cuál es la diferencia entre entre polipropileno y polietileno* 2023, en <https://es.quora.com/Cual-es-la-diferencia-entre-polipropileno-y-polietileno>.
- Wikipedia, *Fatiga de Materiales*, 2011, en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Fatiga\\_de\\_materiales](http://es.wikipedia.org/wiki/Fatiga_de_materiales).
- YouTube *2017-2021 Honda Civic Sedan FMVSS 301 Rear Crash Test (50 Mph)* 2023 en <https://www.youtube.com/watch?v=PagkUrz1PXE>

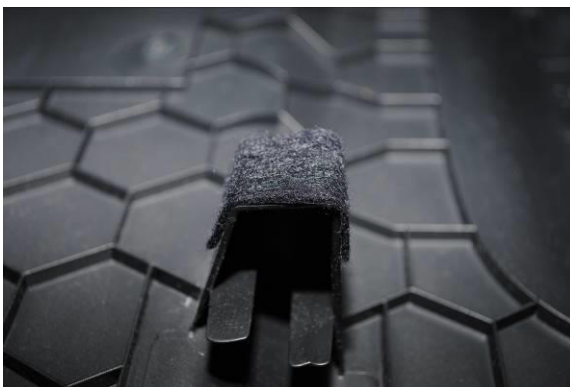
## Anexos

### Anexo1.

Componentes inyectados dentro del mismo cuerpo de la sombrerera.



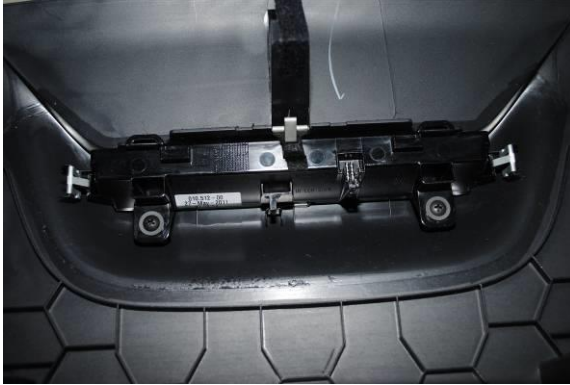
Guías de montaje, retenedores de grapas y centradores son parte del cuerpo principal.



Apoyos hacia la carrocería y rejillas de ventilación forman un solo cuerpo

## Anexo 2.

### Consideraciones para el montaje de componentes adicionales



Creación de geometrías que alojen grapas y tornillos en el montaje de la luz de frenado.



Soportes para el montaje de la guata insonorizante, inyectados en los retenedores y apoyos.



Creación de geometrías para el montaje de las tapas de anclaje sin la necesidad de utilizar piezas adicionales.

## Anexo 3

### Hoja técnica del polipropileno utilizado



## DATASHEET

### *Hostacom EKC 330N*

**Basell Polyolefins Company – Polypropylene Copolymer**

#### Product Description

“Hostacom” EKC 330N is a 16% mineral filled, impact modified grade for interior applications with excellent stiffness/impact balance, good flowability properties and excellent scratch resistance. It has an outstanding blooming resistance at elevated temperatures. The grade is available in color-matched, pellet form.

#### Product Characteristics

Material Status	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commercial: Restricted</li> </ul>
Filler/Reinforcement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mineral filler</li> </ul>
Appearance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colors available</li> </ul>
Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stiffness, good</li> <li>Scratch Resistant</li> </ul>
Uses	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automotive Interior Trim</li> </ul>
Processing Method	<ul style="list-style-type: none"> <li>Injection Molding</li> </ul>
Forms	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pellets</li> </ul>
Availability	<ul style="list-style-type: none"> <li>Europe</li> </ul>
Test Standards Available	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO</li> </ul>

#### Properties <sup>1</sup>

Physical	Nominal Values (SI)	Test Method
Density	1.02 g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183
Melt Mass-Flow Rate (230°C/2.16 kg)	19 g/10 min.	ISO 1133
Mechanical	Nominal Values (SI)	Test Method
Flexural Modulus (Secant.)	1850 MPa	ISO 178/A
Tensile Stress at Yield (50 mm/min.)	21 MPa	ISO 527-1, -2
Impact	Nominal Values (SI)	Test Method
Charpy Notched Impact Strength (23 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	45 kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA
(-30 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	5 kJ/m <sup>2</sup>	
Thermal	Nominal Values (SI)	Test Method
Vicat Softening Temperature A50 (50°/h, 10 N)	132 °C	ISO 306
Heat Deflection Temperature A (1.80 MPa)	56 °C	ISO 306

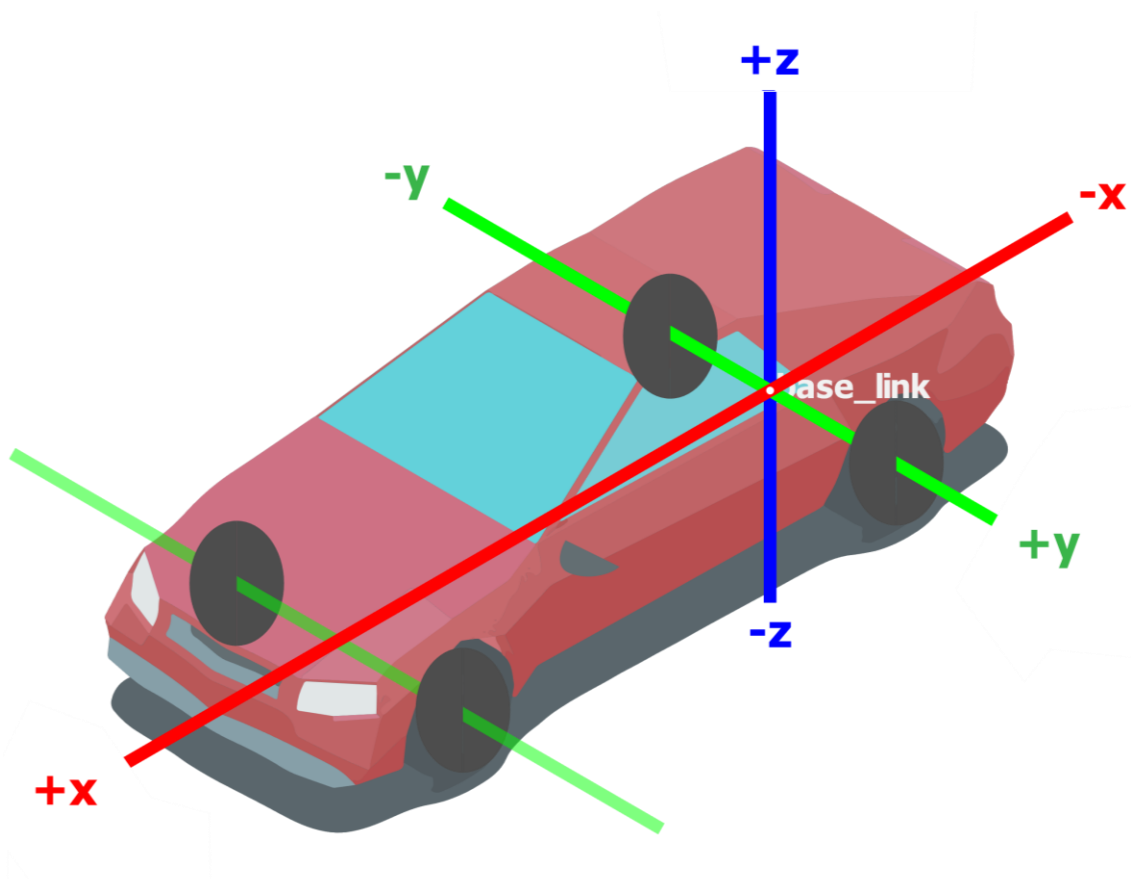
#### Notes

<sup>1</sup> Typical properties; not to be construed as specifications

Before using a Basell product, customers and other users should make their own independent determination that the product is suitable for the intended use. They should also ensure that they can use the Basell product safely and legally. This document does not constitute a warranty, express or implied, including a warranty of merchantability or fitness for a particular purpose. No one is authorized to make such warranties or assume any liabilities on behalf of Basell except in writing signed by an authorized Basell employee. Unless otherwise agreed in writing, the exclusive remedy for all claims is replacement of the product or refund of the purchase price at Basell's opinion, and in no event shall Basell be liable for special, consequential, punitive, or exemplary damages. Unless specifically indicated, the grades mentioned are not suitable for applications in the pharmaceutical/medical sector

#### Anexo 4.

Ejes de referencia en el auto.

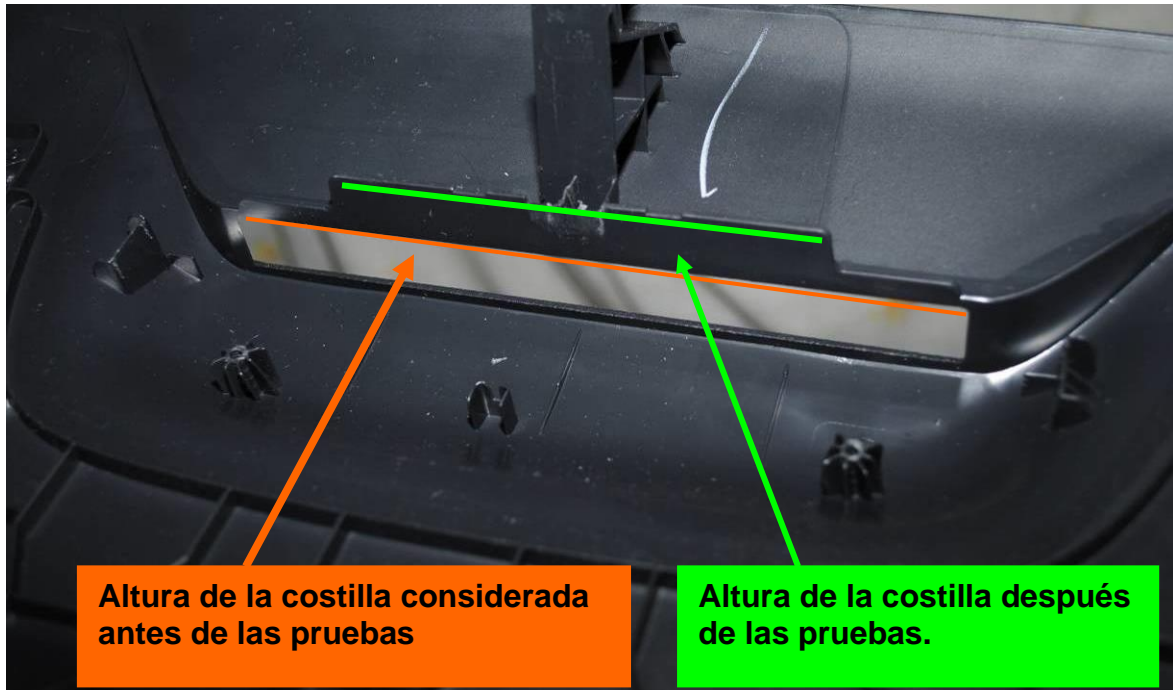


Fuente: Vehicle axes and base\_link (Autoware Foundation, 2024)

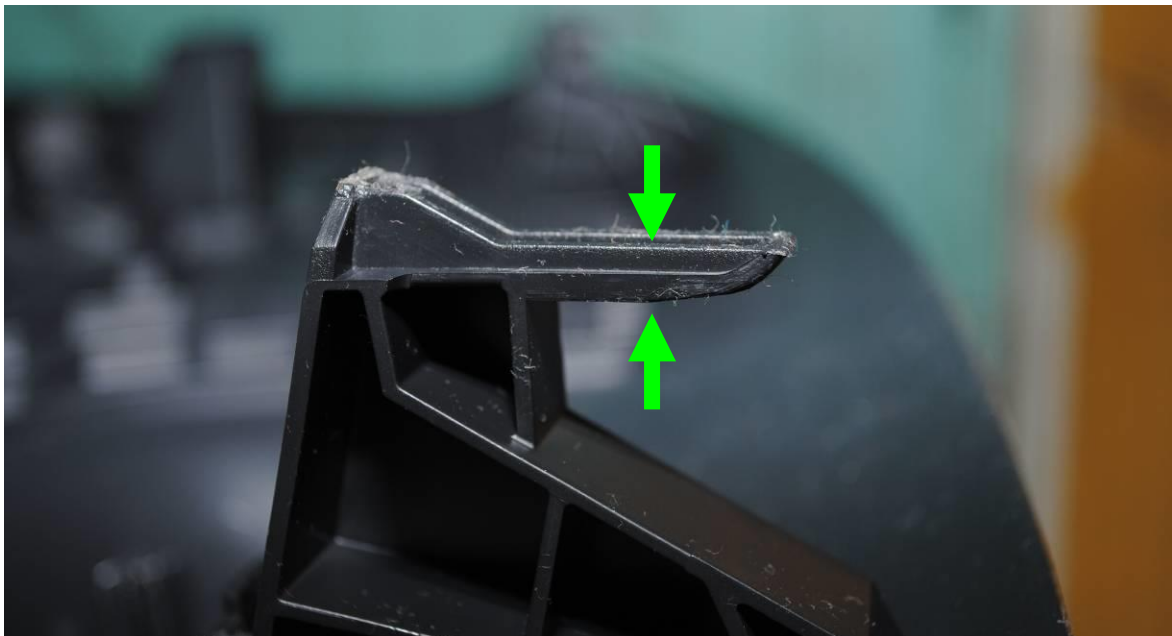
## Anexo 5

Medidas implementadas por problemas encontrados en las pruebas.

### Pruebas de simulación climática



### Pruebas de recorrido en auto (ruidos por vibraciones)



Crear un ajuste de apriete contra el alojamiento de lámina por medio del incremento de espesor de la guía de montaje.