



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE QUÍMICA

**BENCHMARK ANÁLISIS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE
VALOR EN COMPONENTES DE UN AUTOMÓVIL**

TESIS:

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

SANDRA CARRILLO RODRÍGUEZ

ASESOR ACADÉMICO:

DR. EN C. JULIÁN CRUZ OLIVARES

TOLUCA, MÉXICO

ENERO 2018

"I could either watch it happen or be part of it"
-Elon Musk

RESUMEN:

El Benchmarking es una conocida estrategia que sirve para comparar los procesos entre distintas áreas, en este trabajo de investigación se realizó el Benchmarking a una empresa automotriz, de la cual se seleccionaron tres de sus modelos más vendidos, y a través de un Estudio de Mercado, se determinó cuáles eran sus principales competidores y se seleccionaron dos para cada modelo estudiado.

Con la finalidad de crear una propuesta de reducción de costos, y seleccionar el material más eficiente, se escogieron algunos de los componentes del sistema de escape de los vehículos, a través de la selección de distintas pruebas se analizó la composición de los materiales de los modelos competidores, los resultados se compararon con lo que dicta la asociación de aluminio y los estándares internos de la empresa, encontrando así que los competidores usaban distintos materiales. Se encontró que los competidores usaban series de Aluminio similares a los usados por la compañía para la cual se realizó el estudio, entre los materiales encontrados se encontró Aluminio de las series 1XXX, 3XXX, 5XXX y acero aluminizado. Este último material encontrado fue el seleccionado como propuesta de nuevo material para suplantar el actual.

Los beneficios que ofrece este material son: la competitividad en su precio, el mejoramiento de las propiedades mecánicas, y que su ciclo total de vida representa menor cantidad de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera que las emitidas por el aluminio. Aunque la implementación de este material conlleva dos importantes desventajas, la reducción de conductividad térmica y el incremento de peso en el vehículo. Para contrarrestar el problema de aumento de peso al vehículo, la propuesta de cambio de material también va acompañada de la reducción de espesor de las piezas, lo que además de ayudar a reducir el peso de las partes, también ayuda a simplificar el proceso de producción, ya actualmente la empresa usa distintas aleaciones de aluminio y distintos espesores.

La disminución de conductividad térmica, se puede contrarrestar con la implementación de acero aluminizado que contenga la mayor cantidad posible de aluminio en capa externa.

Los regímenes ambientales son cada vez más estrictos, la consumación de esta propuesta estaría añadiendo valor al producto al utilizar un material más amigable con el Medio Ambiente.

AGRADECIMIENTOS:

No recuerdo como empezó este camino, ni todas las personas que caminaron junto conmigo en él, no puedo mencionar a todas, pero quiero agradecerles a todas y cada una de esas personas que me apoyaron en algún momento.

Todavía recuerdo el primer día en la primaria, era una mañana lluviosa de Agosto, no sabía toda la historia académica que se estaba por escribir. Hoy 17 años después, estoy terminando mi carrera de Ingeniero Químico y esto no habría sido posible sin el apoyo incondicional de mi madre, Alicia Rodríguez Hernández, gracias a ella soy una persona íntegra y una estudiante dedicada, a mi padre Ernesto Carrillo Ramírez, que me formó con parte de su carácter y responsabilidad, mi hermana Carolina Yareli Carrillo que me ha apoyado siendo mi cómplice y con ese amor que sólo entre dos hermanas se puede dar, a mi hermano Ernesto Carrillo, que gracias a él conocí lo increíble que es el mundo de la Química. A mi abuela Apolonia, a mi abuelo Ernesto que gracias a su apoyo esto fue posible, nunca olvidaré sus consejos y los atesoraré toda la vida.

Mi mejor amiga de la secundaria Karen García (Mele) que siempre me tuvo demasiada paciencia a lo largo de la carrera y que los años sólo han servido para fortalecer nuestra amistad. A María Fernanda Monroy a quién conocí en el CBTis y es otra de las personas que siempre ha estado ahí para aconsejarme. A Roberto Rojas a quién tuve la fortuna de conocer a mitad de carrera y con quien pase incontables aventuras y que definitivamente hicieron más ligero este viaje. A Jessica Gutiérrez, Gisela Castañeda y a Eduardo Becerril quienes al final de esta travesía aparecieron para cerrar con broche de oro con su excelente amistad.

A todos los maestros que ayudaron a formar la profesionista que hoy soy, en especial al Dr. Julián Cruz quién me ayudó a concretar este trabajo de tesis así como a mis asesores Francisco Ramírez y Gonzalo Martínez.

A las personas con las que lleve a cabo este proyecto y que me hicieron sentir parte de su equipo el DV14, que me ayudaron y enseñaron cosas que seguramente utilizaré y practicaré en la vida, especialmente al Metal Team, especialmente a Brenda H.

Y a todas esas personas que se han ido, a los que ya no están, a todos los mencionados anteriormente, por todas las aventuras, vivencias, sonrisas, experiencias y recuerdos y por todo lo que vendrá: ¡iiiGracias Totales!!!

Con mucho cariño y con todo el amor, Sandra.

ABREVIATURAS

AA	Asociación de Aluminio
AAE	Acuerdo de Asociación Económica (México-Japón)
EL	Elongación
GATT	Acuerdo General Sobre Aranceles, Aduaneros y Comercio (General Agreement on Tariffs and Trade)
GE	General Electric
HB	Dureza Brinell (Hardness Brinell)
Hv	Dureza Vickers (Hardness Vickers)
I&D	Investigación y Desarrollo
JIT	Justo a tiempo (Just in time)
MDD	Millones de Dólares
OEM	Fabricante de equipamiento en general (Original Equipment Manufacturer)
OMC	Organización Mundial del Comercio
PIB	Producto Interno Bruto
TLC	Tratado de Libre Comercio
TLCUEM	Tratado de Libre Comercio entre México y la Unión Europea
TM	Toneladas Métricas
TS	Resistencia a la tracción (Tensile Strength)
YP	Límite de elasticidad (Yield Point)

Índice

1. Introducción	9
1.1 Trabajos anteriores y sus contribuciones	10
1.2 Enfoque de la investigación	13
2. El marketing y su importancia en las organizaciones	15
2.1 El equipo de trabajo	16
2.2 Herramientas del marketing	18
3. Benchmark, la poderosa herramienta del marketing	20
3.1 Definición de Benchmarking	21
3.2 Tipos de Benchmark	21
3.3 Ventajas y desventajas del Benchmarking	22
4. La industria automotriz en México y en el mundo	24
4.1 La industria automotriz en el mundo	25
4.2 La industria automotriz en México	26
4.3 Oportunidades me Mercado	28
5. Estudio de los componentes de un automóvil en busca de su optimización	30
5.1 Panorama actual de la empresa	31
5.2 Cómo seleccionar a los competidores correctos	31
6. Selección de los componentes a estudiar	35
6.1 Características necesarias del componente	36
6.2 Propiedades generales del Aluminio	36
6.3 Proceso de fabricación del Aluminio	36
6.4 Propiedades generales del Hierro	40
6.5 Proceso de fabricación de Acero	40
6.6 Números verdes para los procesos de fabricación de Aluminio y del Acero	47
6.7 Análisis del ciclo de vida del Aluminio y del Acero	47

7. Definición y Planeación de la matriz de pruebas	53
7.1 Medición de espesor	54
7.2 Pesado de partes	54
7.3 Determinación de dureza	54
7.4 Composición química	56
7.5 Determinación del corte transversal.....	57
8. Materiales encontrados en el estudio	59
8.1 Componentes encontrados	60
8.2 Espesor de las piezas.....	60
8.3 Peso de las piezas	61
8.4 Dureza de las piezas.....	62
8.5 Composición química de las piezas	64
8.6 Corte transversal de las piezas.....	66
8.7 Formabilidad de las piezas.....	67
8.8 Aleaciones encontradas.....	68
8.9 Resultados del análisis de la propuesta	69
9. Conclusiones	74
10. Anexos	78
11. Referencias	82

Índice de Tablas y Figuras

Figura 1.1 Diagrama de flujo para la selección de los competidores.....	14
Figura 3.1 Diagrama de flujo realizar Benchmarking.....	23
Figura 4.1 Principales países productores mundiales de vehículos en el año 2015	26
Figura 4.2 Instalación de Industrias Automotrices en México y tratados comerciales	27
Figura 4.3 Industrias Automotrices actuales en México	28
Figura 4.4 Oportunidades de Mercado en el sistema automotriz	29
Figura 5.1 Flujo de actividades realizadas	31
Figura 5.2 Razones de compra por segmento	32
Tabla 5.1 Razones de compra específicas por modelo	33
Tabla 5.2 Insignias designadas para identificar los modelos estudiados.....	33
Tabla 6.1 Propiedades generales del Aluminio	36
Figura 6.1 Proceso de fabricación de un rollo de aluminio.....	38
Tabla 6.2 Aleaciones de aluminio.....	39
Tabla 6.3 Propiedades generales del hierro	40
Tabla 6.4 Elementos básicos del acero	42
Figura 6.2 Proceso de fabricación de un rollo de acero aluminizado	43
Figura 6.3 Análisis de ciclo de vida de los componentes de un vehículo.....	48
Figura 6.4 Emisiones de CO ₂ durante la Manufactura	49
Figura 6.5 Emisiones de CO ₂ mediante el Uso	50
Figura 6.6 Emisiones de CO ₂ mediante el Reciclado	51
Figura 6.7 Total de emisiones de CO ₂ durante el ciclo de vida	52
Tabla 7.1 Planeación de las pruebas.....	54
Tabla 8.1 Existencia de los componentes en los modelos analizados	60
Tabla 8.2 Espesor de las piezas	61
Tabla 8.3 Peso de las piezas	61
Tabla 8.4.1 Dureza Vickers de las piezas	62
Tabla 8.4.2 Dureza Brinell de las piezas	63
Tabla 8.5 Composición química de las piezas.....	65
Figura 8.1 Ejemplo de análisis de corte transversal de acero aluminizado.....	67

Tabla 8.6 Espesor de la capa de aluminio de las piezas analizadas	67
Tabla 8.7.1 Criterio de evaluación de la formabilidad de las piezas	68
Tabla 8.7.2 Formabilidad de las piezas	68
Tabla 8.8 Aleaciones encontradas en las piezas analizadas.....	69
Tabla 8.9 Ventajas y desventajas de la propuesta realizada	70
Tabla 8.10 Especificaciones de las propiedades de los materiales	70
Tabla 8.11 Comparación de los materiales actuales vs el propuesto	71
Tabla 8.12 Estudio de la viabilidad económica del cambio propuesto	73

1. INTRODUCCIÓN

Eficientizar un proceso es uno de los más grandes retos a los que se expone un ingeniero a lo largo de su carrera, es por ello que se necesita una amplia experiencia y aplicación de conocimiento para lograr esto.

La formación del Ingeniero Químico debe ser lo suficientemente amplia como para enfrentarse a cualquier tipo de dificultades y resolverlas.

Es por ello que los ámbitos de desempeño profesional de un Ingeniero Químico son muy amplios, entre ellos se encuentran: Producción, Calidad, Proyectos, Ambiental, Económico-Administrativa, dentro de la cual se encuentra ventas, compras, mercadotecnia y más; en este estudio se engloba la aplicación de distintas áreas para llevar a cabo el Benchmark la cuál es una herramienta de la Mercadotecnia y está puede aplicarse en sistemas de calidad.

El Benchmark es un proceso continuo y sistemático para evaluar los productos, servicios o procesos de otras empresas que se reconocen por ser exitosas lo que las convierte en un excelente punto de referencia.

Se dice que es un proceso continuo porque es algo que se está realizando constantemente, ya que el Benchmark al aplicarse como instrumento de la calidad busca mejores prácticas y es algo en lo que se trabaja constantemente.

Benchmark es una excelente oportunidad para la optimización del valor de un producto, proceso o servicio.

En distintas corporaciones a nivel mundial utilizan el Benchmark como una herramienta para mejorar un proceso, producto o servicio, o bien como un instrumento para la calidad.

Al decir que es sistemático se refiere a que ya existe una metodología para seguirlo, como es el caso de grandes corporaciones que cuentan con su propio proceso de Benchmark, entre los cuales destacan: El proceso de 10 pasos de Xeror, los seis pasos de ALCOA, los 12 pasos de AT&T, el de cinco fases-catorce pasos de IBM, y el de cuatro fases de DEC. (Callocondo E. et al, 2010)

Cada una con un enfoque distinto, de acuerdo al giro de su organización y al propósito del estudio. Por ejemplo el sistema de AT&T está enfocado a los clientes, el de Xeror por su parte está enfocado a los procesos.

1.1 Trabajos anteriores y sus contribuciones

El objetivo de este apartado es explicar el potencial de Benchmark para el beneficio de quiénes lo han aplicado en sus corporaciones. Por lo que las principales preguntas a responder son:

- ¿Cómo inició el Benchmark?
- ¿En qué áreas de una organización se puede aplicar el Benchmark?
- ¿Cuáles son algunos de los beneficios de aplicar el Benchmark?

Xeror

Cuando se habla de Benchmark el mayor y principal referente es Xeror al que se puede llamar su creador, ya que fue la primera empresa en mencionar el término e incluso la primera en publicar un libro acerca del Benchmark, Xeror, una firma de copiadoras que inició este negocio a finales de los 50's y para principios de los 70's ya contaba con una participación en el mercado del 95%, fue hasta mediados de esta época cuando se vio forzada a perder su protección de patente y dar licencia a sus competidores, fue desde entonces y hasta principios de los 80's donde la empresa se fue a declive y paso de tener el dominio del 80% de las instalaciones en Estados Unidos a quedarse con sólo el 13%; ya que se veía amenazada por sus competidores japoneses como Canon, Minolta, Ricoh y Sharp, y fue hasta entonces que Xeror, en un esfuerzo por recuperar terreno con ayuda de su filial Fuji-Xeror empresa cuya sede se encuentra instalada en Japón, pudo adentrarse en los procesos de sus principales competidores y así copiar sus procesos para eficientizar los propios.

Fue en estos años de declive y con el mayor de sus esfuerzos para imitar a sus mejores competidores que Xeror realizando Benchmark obtuvo significativos logros como:

- La tasa de rechazo en la línea de partes entregadas por proveedor se redujo de 10,000 a 450 partes defectuosas por millón (-95.5%), y fijó un nuevo punto de referencia de 125.

- Los defectos de calidad por cada 100 máquinas bajaron de 91 a 12 veces, y se fijó un nuevo punto de Benchmark de 4.
- El costo de materias primas se redujo en un 50% y la compañía fijó la meta de reducir otro 50% como nuevo punto de referencia.
- El tiempo de entrega de fabricación bajó de 9 a 5 meses.
- El inventario se redujo de 99 a 33 días, (Lefcovich, 2005).

Con la experiencia de la compañía en el campo del Benchmark, Xerox publica un libro para que sus empleados de cada departamento pudieran determinar que comparar y como beneficiar a la compañía, ese mismo año Xerox ganó el premio Baldrige, su empresa instalada en Canadá ganó el premio Canadiense de la Calidad. A partir de esta publicación y sus premios obtenidos se consiguió el interés de otras grandes empresas hacia el proceso de Benchmark.

General Electric

Otro ejemplo de la aplicación de Benchmark en sistemas de calidad es el que aplicó General Electric (GE) en el año 1993 tuvo baja productividad y a causa de ello estuvo a punto de cerrar su planta de Saginaw, Michigan; algunos de los problemas a los que se enfrentaba es que sus se quejaban del carácter tedioso y repetitivo de sus tareas, fue cuando entonces, GE con base a lo que ya hacían sus competidores decidió implementar la ya conocida filosofía Justo a tiempo (JIT por sus siglas en inglés). Después de aplicar el concepto en sus instalaciones los resultados obtenidos fueron asombrosos principalmente para los trabajadores quienes fueron los principales aportadores de los nuevos métodos de trabajo, y para el año 1995 ya habían aumentado la productividad un 14% y la proporción de piezas defectuosas se redujo un 58%, además de que gracias a ello la empresa ganó un contrato con Toyota para abastecer la producción de la planta de esta última ubicada en Georgetown, Kentucky.

Estos dos ejemplos mencionados tanto Xerox como General Electric aplican el Benchmark funcional para mejorar la calidad en sus procesos, con base a lo que hacen sus competidores en ciertas áreas, pero y sí sólo se tiene un único punto de referencia, o sea un único competidor, ese fue el caso de Pepsi en sus inicios, cuyo principal, y en ese entonces único competidor de la empresa refresquera, Coca Cola.

Pepsi

Pepsi, es un buen y claro ejemplo de Marketing aplicado en una organización para ganar participación en el mercado de bebidas gasificadas, su historia de aplicación de Benchmark comienza en los años 50's cuando en un acto desesperado de Pepsi, éste contrata al ex-Vicepresidente de su principal competidor "Coca-Cola" y lo coloca como Presidente de la compañía, el cual entre algunas de sus modificaciones fortaleció la imagen de la empresa e impulsó

estrategias de Marketing para competir con su rival, una de sus herramientas implementadas fue el Benchmark, con base en estos estudios Pepsi podía anticipar movimientos frente a Coca-Cola, con lo cual consiguió en sus inicios, introducir su bebida al mercado, esto lo hizo aplicando a su producto un precio menor que su competidor, Pepsi logró implementar un costo más bajo gracias al empleo de botellas de cerveza recicladas para los envases; para los 90's Pepsi (ahora llamada PepsiCo) se volvía a adelantar a Coca-Cola y se vuelve en la primera compañía de bebidas en ofertar un refresco sin gas, el cual proyectaba una imagen saludable, más tarde Coca-Cola lanza su producto sin gas el cual únicamente alcanzó una participación en el mercado del 18% y el restante 82% era de PepsiCo. Es bien sabido que quien domina el mercado de las bebidas es Coca-Cola, pero eso no demerita los esfuerzos de Pepsi para posicionarse en el mercado y haber abarcado tanto terreno al paso de los años con diferentes estrategias, entre ellas el Benchmark.

Una mirada rápida al Benchmark

A continuación se encuentran enlistadas diferentes empresas internacionales las cuales aplicaron el Benchmark en sus procesos, o bien se dedican a asesorar de cómo realizar un Benchmark.

- USSA, compañía de seguros, implementó el Benchmarking en procesos de servicio al cliente para aumentar la satisfacción de éstos.
- A.G. Edwards & Sons, compañía de Correduría, menciona haber logrado estabilidad financiera y crecimiento gracias a este proceso.
- Florida Power and Light, implementó el Benchmarking en el control estadístico de procesos.
- Walt Disney usó el Benchmarking para mejorar procesos de capacitación y motivación del personal.
- American Express aplicó la herramienta a los procesos de estados de cuenta, y con esto logró precisión en cuentas y resoluciones.
- Marriot Corporation al implementar el Benchmark al análisis a sus clientes, consiguió una rápida respuesta y resolución inmediata.
- Lasist, una empresa española especializada en sistemas de información, cuenta con una base de datos que alberga información de alrededor de 180 hospitales y 2 millones de altas; su forma de trabajar es muy sencilla: un centro decide participar en una estrategia de Benchmarking, facilita sus datos a la empresa, y esta se encarga después de compararlos con los de otro de similares características.
- Leadership 21 una empresa de consultoría internacional en dirección empresarial conocida mundialmente, entre cuyos servicios se encuentran asesorías de Benchmarking.

- Benchmarking PLUS, es una compañía australiana de consultoría especializada en Benchmarking e implementación de sistemas de medición de empresas. (Callocondo E. et al, 2010).

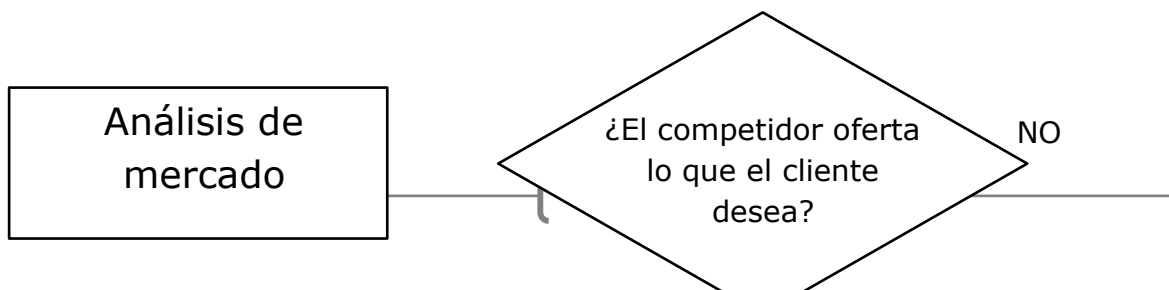
Como podemos notar en la anterior lista el Benchmark es una herramienta que puede ser aplicada en distintos procesos o departamentos de distintos giros de compañías y no está limitada sólo a unos cuantos.

1.2 Enfoque de la investigación

Este estudio de Benchmark se aplica a una empresa automovilística para comparar los distintos materiales que se usan en algunas de las partes del sistema de escape de un automóvil, con la finalidad de encontrar ideas de optimización de valor. Este estudio comprende los modelos del año 2015, y el estudio se realiza en el año 2016, la compañía en la que se realiza el estudio la llamaremos "Marca S" de la cual 3 de sus modelos más vendidos fueron elegidos para realizar el Benchmark, por cada modelo estudiado se eligieron a 2 de sus respectivos competidores. Los puntos a considerar para llevar a cabo el Benchmark fueron los siguientes:

- **Análisis del mercado:** Es el primer paso para evaluar las exigencias de los clientes y para estos mismos, quiénes de los competidores son destacados como puntos de referencia con base a lo que el cliente desea.
- **Análisis de los materiales usados en el automóvil:** Este es el segundo paso para determinar las partes a escoger para este Benchmark, el departamento dónde se realizó a cabo este Benchmark es responsable de aquellos materiales cuya composición sea de naturaleza inorgánica, o bien de los metales.
- **Análisis necesarios para la identificación de materiales:** Una de las características del Benchmark es que la información requerida para poder llevarlo a cabo es, en la mayoría de los casos, de carácter confidencial, es por ello que, es necesaria la realización de distintas pruebas, para con ello saber o estimar que están usando los competidores, en este caso específicamente, para saber los materiales que están usando los competidores.

La Figura 1.1 nos muestra el diagrama de cómo se eligieron los competidores, respondiendo distintas preguntas, entre las cuales destacan lo que opinan los clientes.



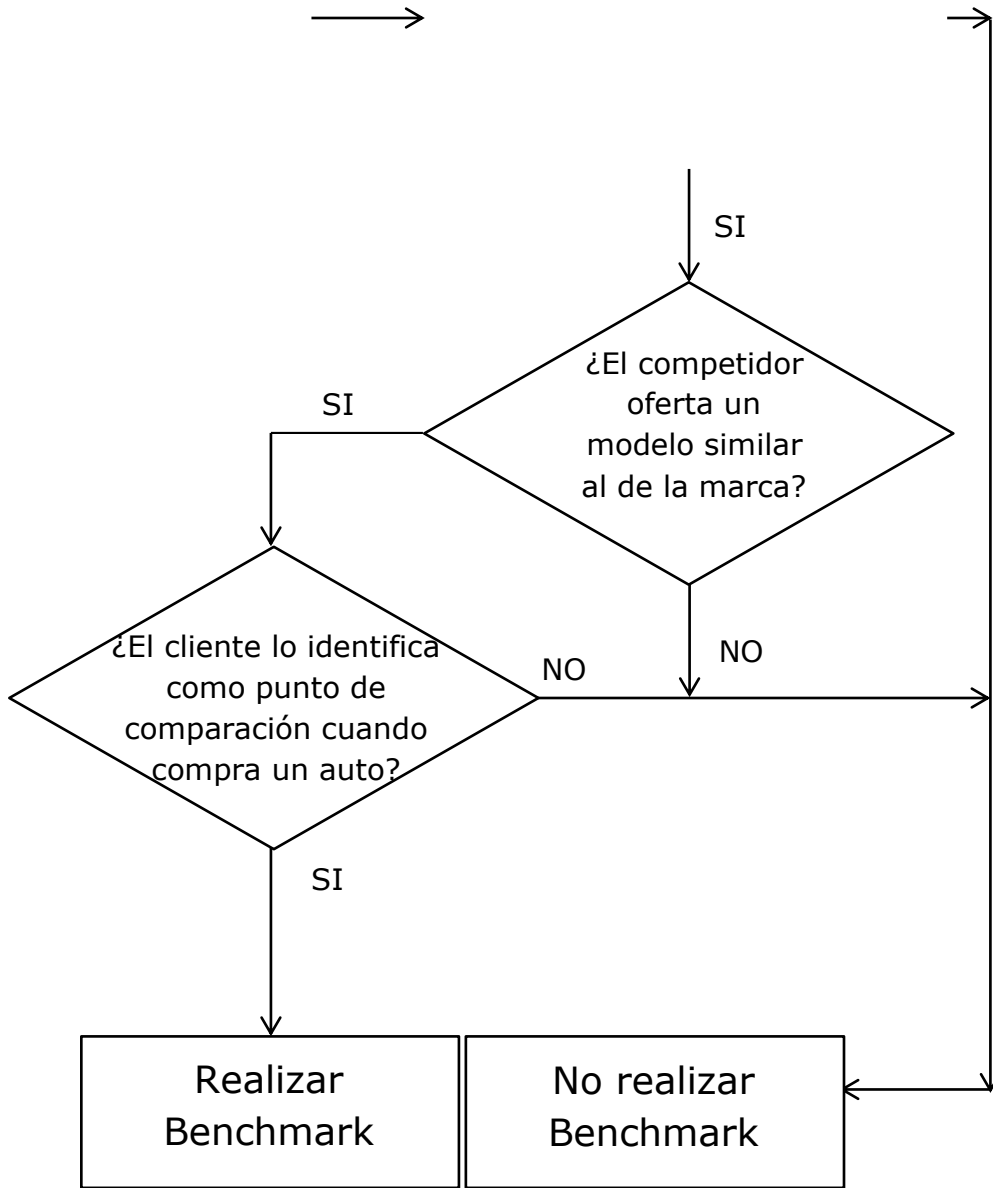


Figura 1.1 Diagrama de flujo para la selección de los competidores.

2. EL MARKETING Y SU IMPORTANCIA EN LAS ORGANIZACIONES

El marketing por definición, es una disciplina dedicada al análisis del comportamiento de los mercados y de los consumidores. El marketing analiza la gestión comercial de las empresas con el objetivo de captar, retener y fidelizar a los clientes a través de la satisfacción de sus necesidades. (Pérez J. & Gardey A., 2008)

Se caracteriza por centrar sus esfuerzos en las llamadas "Cuatro P" que significan:

- Producto
- Precio
- Plaza (Distribución) y
- Publicidad

Este trabajo de investigación se enfoca en la primera de estas que es el Producto de la compañía que se estudia.

El marketing es una de las disciplinas que está en constante movimiento, ya que debe adaptarse constantemente a los requerimientos de cada generación y los nuevos procesos, Ya que estos continuamente están cambiando; por lo que resulta una de las disciplinas más desafiantes.

Hoy en día existen organizaciones que se dedican exclusivamente a brindar servicios de Marketing a otras compañías y han tomado mucha relevancia en el mundo moderno gracias a exitosas experiencias como la que se expone a continuación.

El marketing es una de las disciplinas más importantes en el mundo moderno, pero en su paso por el tiempo, le costó trabajo tomar la importancia que ahora tiene.

En este capítulo abordaremos el ejemplo del caso de General Electric, en donde el Marketing pasó de ser una función de soporte, a ser una de las más importantes de su organización.

Fue a principios del milenio (2000's) cuando General Electric (GE), y en general muchas otras empresas, se encontraban en el desarrollo de lo que ahora llamamos "La era tecnológica", era tanto el auge tecnológico, que cualquier innovación era considerada todo una hazaña, motivo por el cuál GE se encontraba muy confiado de sus nuevos productos y que estos se venderían por si solos.

Poco a poco se fue dando cuenta de que esto no fue así, podía alguien hacer la mejor invención del momento, y no abarcar otros mercados, sí no había quién se interesara en ellas, y como parte de todo proceso la compañía se vio obligada a abrirse paso a los verdaderos requerimientos del mundo moderno, pero aun sabiendo las exigencias del mercado, no sabían cómo traducirlo a una idea; y no había documentos o información previa de como el Marketing servía, o los resultados que transmitía y la interpretación de los mismos.

El equipo de Marketing se convirtió en un estandarte dentro de la organización, ya que tenía la encomienda de dirigirlo al mercado correcto y crear valor en los productos para los clientes.

2.1 El equipo de trabajo

Fue entonces que decidieron darle al equipo de marketing la oportunidad de hacer algo por la empresa, pero en ninguna de las etapas de la implementación del marketing, éste fue un trabajo sencillo, en primera instancia se enfrentaron a cómo crear un equipo de trabajo competitivo, y esto represento diferentes retos; primeramente afrontaron el reto de descifrar las habilidades necesarias para el mundo moderno y posteriormente elegir correctamente a las personas que las tuviesen. Después de eso el siguiente desafío fue definir como, una vez obtenidos, cómo iban a ser medidos los resultados; y como última estancia, se enfrentaron a cómo identificar y desarrollar el liderazgo de su equipo.

En su proceso de implementación de su equipo de trabajo descubrieron los elementos para crear una estructura de trabajo para toda la compañía y encontraron 3 elementos:

- Principios: Crear un lenguaje común para toda la organización, y sus estándares.
- Personas: Tener las personas correctas, en el lugar correcto
- Proceso: Incluir medidas muy específicas de como es el rendimiento.

Esta estructura de trabajo tuvo un excelente desempeño en cuanto a transmitir los principios del marketing, pero no lo transformaban en acciones. Así que encontraron que un buen equipo de marketing necesitaba de 4 partícipes en su equipo de trabajo, y que cada uno de ellos es absolutamente crucial para GE:

- El influenciador

- El innovador
- El integrador
- El implementador

Los elementos clave

El influenciador es aquel que desafía el status quo y busca, nuevas y mejores maneras de hacer las cosas. En GE encontraron que la compañía “desarrollaba productos, porque podían hacerlo y no porque estos fueran necesarios”, y se dieron cuenta ese enfoque no era sostenible. Con este descubrimiento se abrieron paso a investigar más sobre las tendencias del mercado, y con ese nuevo enfoque el departamento de salud encontró que, su sistema de cuidado de la salud en los años de 2005 no era capaz de cumplir la demanda para la población veterana quiénes buscaban un sistema independiente, fuera de los hospitales y añadiendo la población de paciente de cuidado crónico esto representaba una oportunidad de mercado de alrededor de \$10 billones de dólares, y en esos momentos GE no tenía ningún producto que ofreciera esto, una vez atendido esto pusieron en marcha estudios para el desarrollo de estos productos y a pesar de que fue una tarea difícil, lograron posicionarlos en el mercado.

El innovador es el que convierte las ideas del mercado en productos, servicios o soluciones que no han sido probadas anteriormente. El equipo de Aviación de GE, encontró una oportunidad en el desarrollo de un nuevo producto, el cual consistía en una especie de aplicación para sus clientes que tuviesen problemas con sus productos, la cual les informaría en forma real que era lo que estaba mal, cuanto tiempo iba a tomar repararlo, cuál iba a ser el costo, etc., y esta podía ser enviada directamente a sus teléfonos o tabletas. La respuesta de sus clientes fue mejor de la esperada y para el año de su lanzamiento 2010, La aerolínea LAN de Chile ocupó el producto para toda su flota la cual constaba de al menos 100 aviones. Los innovadores se enfrentan constantemente a muchos retos dentro de sus mismas organizaciones, dado que sugieren productos completamente nuevos, que desafían el estado actual en el que se encuentra la empresa, así que a menudo no sólo tiene que persuadir para llevar a cabo estas iniciativas, sino que también tener la persistencia y las habilidades políticas para superar a los opositores (Beth Comstock et al., 2010).

El integrador, aquel que construye puentes, silos y funciones, entre la empresa y el mercado. Es aquel que actúa como una especie de traductor dentro de la empresa haciendo que aquello que sea importante para los clientes, tenga relevancia y significado para aquellos que están en la organización (Beth Comstock et al., 2010). Estos traductores cayeron en cuenta que lo que le interesa al equipo de Investigación y Desarrollo (I&D) no tenía la misma prioridad para el equipo de ventas, así que para cuando quisieran persuadir al

equipo de I&D tenían que utilizar un lenguaje más técnico y dándole relevancia al producto, en cambio, cuando quisieran dirigirse al equipo de ventas tenían que darle prioridad a hablar de los consumidores; este importante descubrimiento ayudó a la organización a trabajar en conjunto en un mismo proyecto, aun existiendo diferentes objetivos en las diferentes áreas.

Y finalmente tenemos a *“el implementador”*, aquel que ejecuta las ideas. Dado a que el equipo de marketing no tenía relevancia, los líderes necesitaban de esta fuerte habilidad de implementación, ya que no eran muy influyentes en la organización, y ya que no podían valerse de esta carencia de autoridad, ellos más bien tenían que construir coaliciones, persuadir a otros; el equipo de marketing era visto a menudo como aquellos que proponían ideas, pero que no se quedaban ahí para verlas realizadas, así que si ellos querían credibilidad, tenían que liberar resultados. Los líderes de GE estaban consientes de que la inteligencia competitiva provenía principalmente de artículos cuyo contenido es la información de los competidores.

Desde su creación del equipo de marketing en GE, fueron claros los beneficios que realizó en la organización como los ya mencionados anteriormente y otros más por ejemplo:

- El equipo de trabajo en 2003 contaba con 2,500 empleados, para 2010 ya eran 5,000.
- Se crearon más de 90 nuevos productos con lo que obtuvieron ingresos de \$70 billones de dólares en los primeros 5 años.

2.2 Herramientas del Marketing

En otros estudios se ha encontrado que el marketing se vale de distintas herramientas para lograr sus objetivos, tales como:

- Innovación
- Comunicación Corporativa
- La marca
- Plataformas digitales
- Investigación y Desarrollo
- Análisis de valor
- Finanzas
- Perfil del consumidor
- Estudio de proveedores
- Investigación de mercados
- Benchmark

El Marketing es una poderosa herramienta para crear o añadir valor a una compañía en sus procesos, productos o servicios y dirigirlos hacia el mercado

correcto. Para que esto se cumpla la organización debe tener claros sus objetivos contar con un equipo competente y que este en constante capacitación y que se le dé la importancia que merece dentro de la organización.

En este trabajo de investigación se aborda el estudio del producto, una de las "4 P's" del marketing. Y también se utilizarán distintas herramientas del Marketing, principalmente el Benchmark del cual se hablará en el siguiente capítulo, y otras más que serán mencionadas en capítulos subsecuentes.

3. BENCHMARK, LA PODEROSA HERRAMIENTA DEL MARKETING

Al escribir la palabra Benchmarking en el portal de LinkedIn, -la red social profesional más popular en el Mundo- e ir a la sección de empresas aparecen más de 6 mil resultados al instante, empresas cuyos servicios y especialidades es el ofrecer un Benchmarking profesional.

Incluso hay empresas que es su único servicio, y está dedicado únicamente a ciertos sectores como "A2Mac1" que se dedica al sector automovilístico, "Benchmarking Center Europe" (BMC) que se enfoca al desarrollo y comercio profesional, "The Benchmarking Company" que ofrece sus servicios al sector de cosméticos, "Juran Benchmarking" que es una Consultoría de estrategia y operaciones, "Chemical Industry Benchmarking" que se dedica al estudio de los productos químicos; o incluso existen empresas como "Benchmarking - Data & Research" cuyo propósito es la investigación y desarrollo de mejores técnicas de Benchmark.

Así como estos, hay cientos de ejemplos de empresas que se dedican a brindar este servicio, con lo que se puede deducir la importancia que ha cobrado desde su implementación hasta nuestros días.

Al escribir la palabra "Benchmarking" en LinkedIn en la sección de empleos aparecen más de 6,000 resultados.

En este capítulo se explicará qué es el Benchmarking y algunos ejemplos de los beneficios de su ejecución.

3.1 Definición de Benchmarking

La forma en que David T. Kearns, Director General de Xerox Corporation define esta herramienta es la siguiente: "El Benchmarking es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones reconocidas como las mejores en la práctica, aquellos competidores más duros".

Se dice que es un proceso continuo porque es algo que se está realizando constantemente, ya que el Benchmark al aplicarse como instrumento de la calidad busca mejores prácticas y la calidad es algo en lo que se trabaja constantemente, al decir que es sistemático se refiere a que ya existe una metodología para seguirlo.

El Benchmarking es un proceso investigativo que produce información que le agrega valor a la calidad de la toma de decisiones, en otras palabras, es una herramienta que ayuda a aprender acerca de uno mismo y de los demás.

3.2 Tipos de Benchmark

El Benchmark puede ser aplicado de distintas maneras como se enlistan y definen a continuación:

Benchmarking interno:

Hace referencia a la acción de implementar este proceso dentro de una organización, éste puede aplicarse de un departamento a otro, o bien desde un país a otro, el benchmarking no tiene fronteras, el objetivo es comparar dentro de la organización los procedimientos que tienen diferentes y mejores prácticas, y que estas pueden ser diferentes por el hecho de estar en otra región, cómo el país de origen; los empleados, o el proceso por sí mismo.

Benchmarking competitivo:

Se refiere a comparar los productos, procesos o servicios que están haciendo los competidores, y buscar la manera de igualarlos o perfeccionarlos. Este es uno de los más difíciles ya que la mayoría de las veces se trata de información confidencial, pero que es imprescindible ya que al momento de estar en el mercado son los competidores el mayor punto de referencia a la hora de la venta.

Benchmarking funcional:

Es aquel que tiene como propósito comparar sólo ciertas áreas de otras empresas en las cuales es bien sabido que son destacadas, como por ejemplo su cadena de suministro, el área de Recursos Humanos, Manufactura, es por eso

que recibe el nombre de funcional, como en el caso de General Electric que aplicó el Benchmark a la metodología de Justo a Tiempo, que ya se implementaba en otras empresas y eran reconocidas mundialmente por sus beneficios.

Benchmarking Genérico:

Es aplicado a otras empresas que no importa si son sus competidores o no, es decir, que no ofrezcan el mismo producto o servicio, pero que tengan áreas similares, como servicio al cliente, el área de ventas, el área de logística, la cual es un área muy común entre las empresas.

3.3 Ventajas y desventajas del Benchmarking

Ventajas

Entre algunos de los beneficios que se han encontrado al aplicar este proceso se encuentran:

La recopilación de Información: Al ser un proceso en el cual se están comparando los procedimientos, se recopila gran cantidad de información, para así identificar dónde se encuentran las principales diferencias.

Motivación: Al compararse con mejores competidores, las compañías son motivadas a implantar mejores prácticas de cómo hacer las cosas y así obtener mejores resultados y que éstos sean medidos a largo plazo.

La innovación: Al tratarse de la aplicación de nuevos métodos para la organización, se generan nuevas ideas para la mejora continua de los procedimientos.

Definición de los requisitos del cliente: Está fundamentada en buscar la realidad del mercado, haciendo una evaluación objetiva, con un enfoque de afuera hacia adentro.

Desventajas

Altos costos: Inversión en personal capacitado y en la recopilación de la información.

Proceso largo: Ya que cómo se mencionó antes, este es un proceso continuo.

Emitir resultados concretos: Deben elegirse aquellos proyectos que tengan un beneficio e importancia vital para la organización.

Transferencia de prácticas: Dificultad para trasladar prácticas de un medio a otro.

A continuación se muestra un diagrama de flujo general, propuesto para llevar a cabo un Benchmarking:

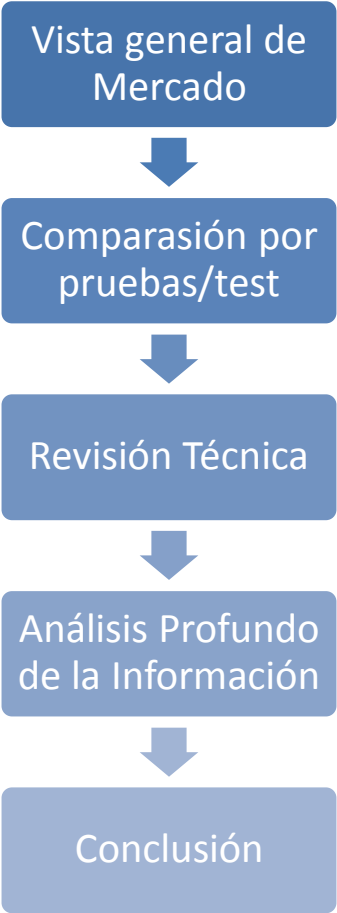


Figura 3.1 Diagrama de flujo para realizar Benchmarking

El Benchmarking o Benchmark es un proceso que ha cobrado importancia en los últimos años que ha ayudado tanto a las organizaciones como a la sociedad, como en la eficientización de procesos, y la creación de empleos, ya que como en el caso mencionado de GE duplicó su nómina en ese departamento y cada vez surgen más empresas dedicando sus servicios de Benchmarking a sectores exclusivos del Mercado, como es el ejemplo de A2Mac1, cuyo sector especializado es el automotriz, y cuenta con una inmensa base de datos que ayudan a otras empresas e incluso agencias gubernamentales, para la regulación y monitoreo de los automóviles.

4. LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO Y EN EL MUNDO

Quizá la cantidad de autos que existen en el mundo es difícil de estimar, pero si hay información más precisa de cuantos están circulando en las calles, la última estimación, hecha en 2015, menciona que hay más de 1.2 billones de automóviles; en el año 2004 sólo se tenían contabilizados 700 millones, lo que significa un aumento del 70.5% en tan sólo 13 años. Este es un problema no sólo por el tráfico que se genera en las calles de las principales ciudades del mundo, sino que también la contaminación que emiten estos medios de transporte.

Se calcula que los automóviles emiten alrededor de 1,730,000,000 toneladas métricas de dióxido de carbono, y al igual que la producción de automóviles, esta cifra va en aumento. El constante crecimiento de la industria automotriz y de la humanidad torna a hacerse un problema, es por ello que resulta de bastante importancia hacer un estudio de cómo podemos mejorar las emisiones que producen los vehículos, desde su fabricación hasta su disposición final.

Organizaciones públicas y privadas están tomando ciertas medidas para la regulación de automóviles, tal como la IHS Automotive que advierte que para el año 2035 se pretende reducir el número de vehículos de motor a 250 millones a nivel mundial.

Sin duda este es un sector en el que hay que poner mucho empeño para lograr reducir los índices de contaminación.

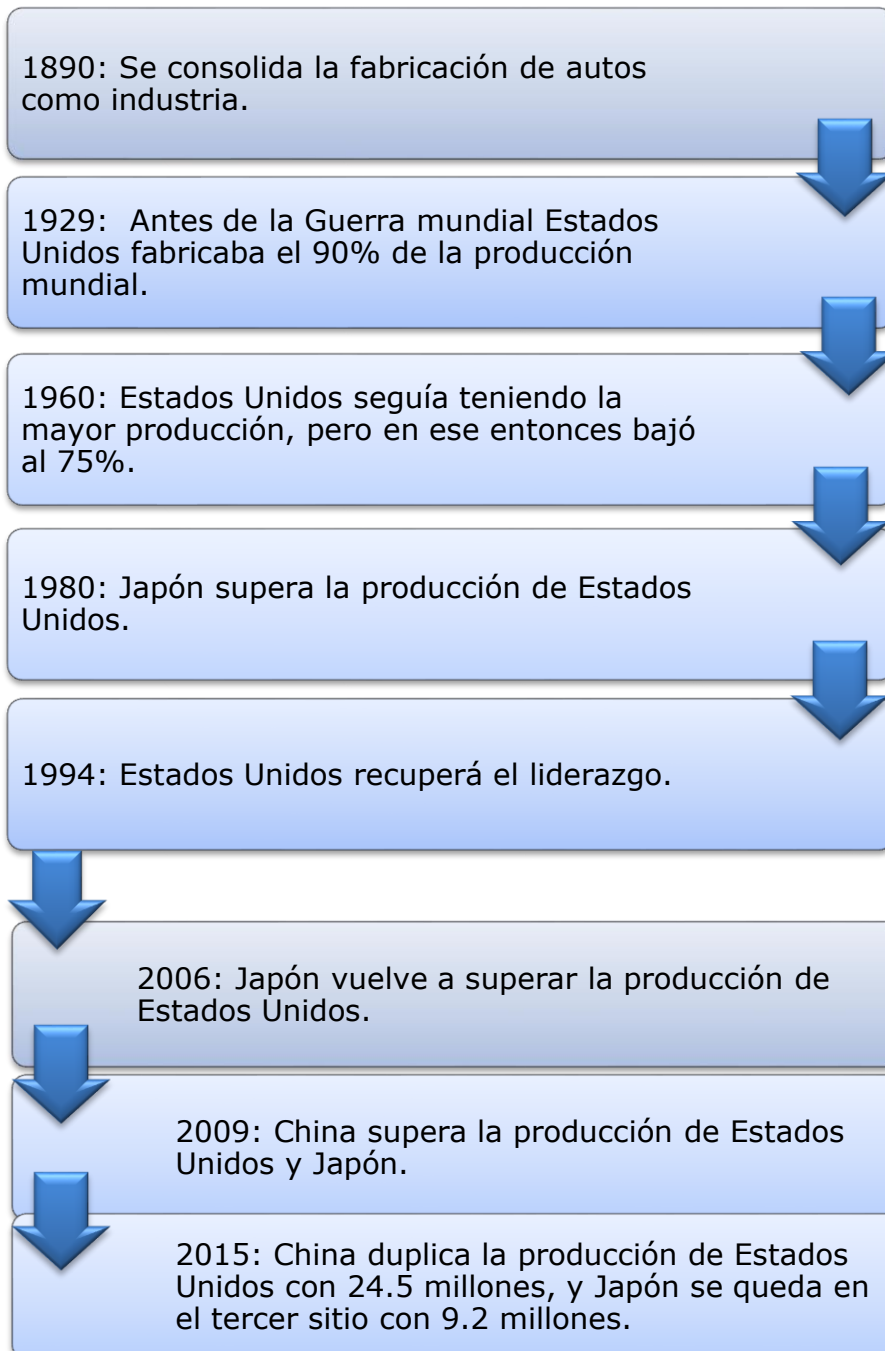
Se calcula que en el mundo circulan alrededor de 1.2 billones de automóviles, los cuales producen un estimado de 1.73 billones de toneladas de CO₂ en tan sólo un año.

En este capítulo se expondrá cual es la tendencia de la industria automotriz en el mundo, y cuál es la participación de México en este sector.

4.1 La industria automotriz en el mundo

La industria automotriz tiene sus inicios en 1890, cuando logra consolidarse como tal, a continuación se expone un poco de su paso por la historia a nivel mundial.

Desarrollo de la Industria Automotriz en el mundo



En el 2015 se fabricaron alrededor del mundo un total de 90.7 millones de vehículos, que como se mencionó antes el mercado lo lidera China seguido de Estados Unidos y Japón, dejando a México en séptimo lugar con una producción de más de 3.5 millones; qué en 2013 se encontraba en décimo lugar con 1.8 millones de vehículos producidos, es decir, en tan sólo dos años México logró doblar su producción, lo que significa un gran avance en este sector. Los principales productores de vehículos se muestran a continuación en la Figura 4.1.

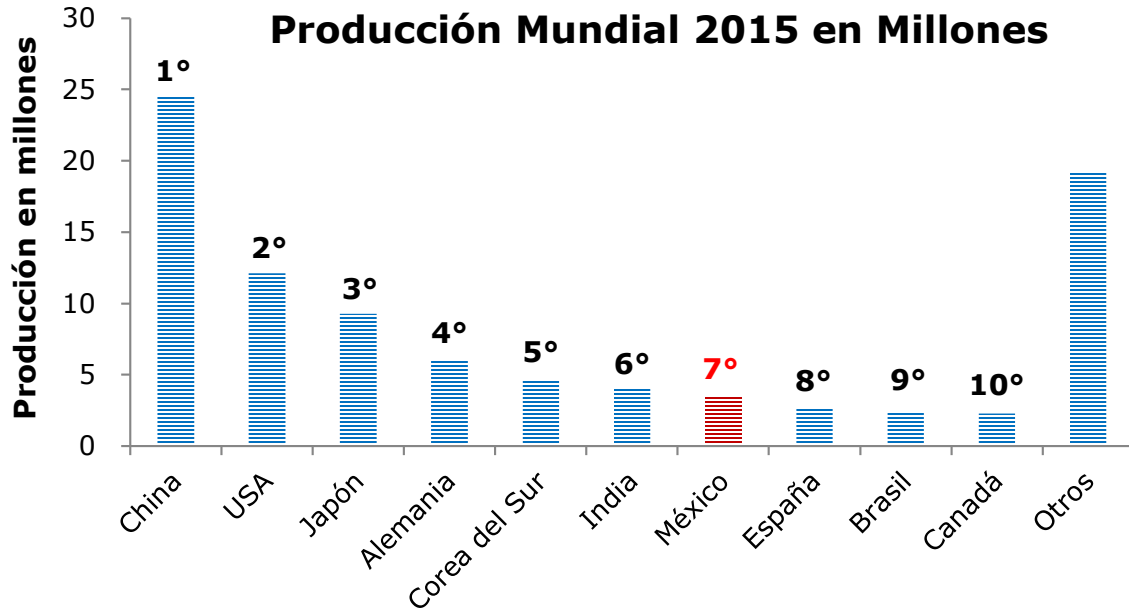


Figura 4.1 Principales productores mundiales de vehículos en el año 2015.

4.2 La industria automotriz en México

La historia de la industria automotriz en México empezó hace 90 años con la instalación de la primera fábrica de vehículos, y desde entonces se han instalado en México diversas empresas del ramo. Hoy en día México se encuentra en su mejor época en el sector automotriz, teniendo crecimiento año con año y se espera que siga así hasta al menos 2020. En el año 2013 México ocupaba el décimo lugar en los productores de vehículos a nivel mundial, para el año 2015 escaló tres niveles, dejando atrás a países como Brasil y España. En México el sector automotriz representa el 6% del PIB nacional y el 18% de la producción de manufactura, y las cifras van en aumento año con año. En el año 2011, la industria automotriz obtuvo el 6% del total de la inversión extranjera directa en el país, teniendo como principales fuentes de ingresos de compañías como Chrysler, Daimler, Ford, Volkswagen, General Motors, Nissan y Mazda, sumando un total de 18,800 MDD.

Desarrollo de la Industria Automotriz en México

A continuación se muestra un esquema de la historia de la instalación de industrias automotrices en México y algunas de las fechas de los principales tratados comerciales que han impulsado el comercio del país.

Inauguración de Plantas antes de la entrada del GATT

Volkswagen Puebla	1965
GM Estado de México	1965
Nissan Morelos	1966
FCA Estado de México	1968
Ford Estado de México	1970
GM Ramos Arizpe	1981
FCA Coahuila	1981
Nissan Aguascalientes	1982
Ford Chihuahua Diesel	1983

Ford Hermosillo	1986	GATT
Honda Jalisco	1994	TLC: Canadá, EUA
GM Silao BMW Estado de México FCA Coahuila	1995	Entrada en Vigor OMC
	2000	TLCUEM: Unión Europea TLC Israel
Toyota Baja California	2004	TLC Uruguay
GM Silao	2005 2008	AAE: Japón
Ford Chihuahua	2009	
Mazda Guanajuato VW Guanajuato	2011	
Honda Guanajuato	2012 2014	TLC Perú
	2015	Alianza del Pacífico: Chile, Colombia y Perú
Audi Puebla KIA Nuevo León	2016	
Mercedez Benz e Infiniti Aguascalientes	2017- 2018	
Toyota Guanajuato	2019	

Figura 4.3 Instalación de Industrias Automotrices en México y tratados comerciales (Fuente: ProMexico)

4.3 Oportunidades de Mercado

Las empresas automotrices que se han instalado en México, han traído consigo la instalación de sus proveedores de primer nivel, que ayudan a su cadena de suministro, y así mismo atrayendo a más armadoras automotrices a instalarse en el territorio mexicano, en la Figura 4.2 se muestran la localización de las distintas OEMs, ubicadas principalmente en la zona norte y centro del país.

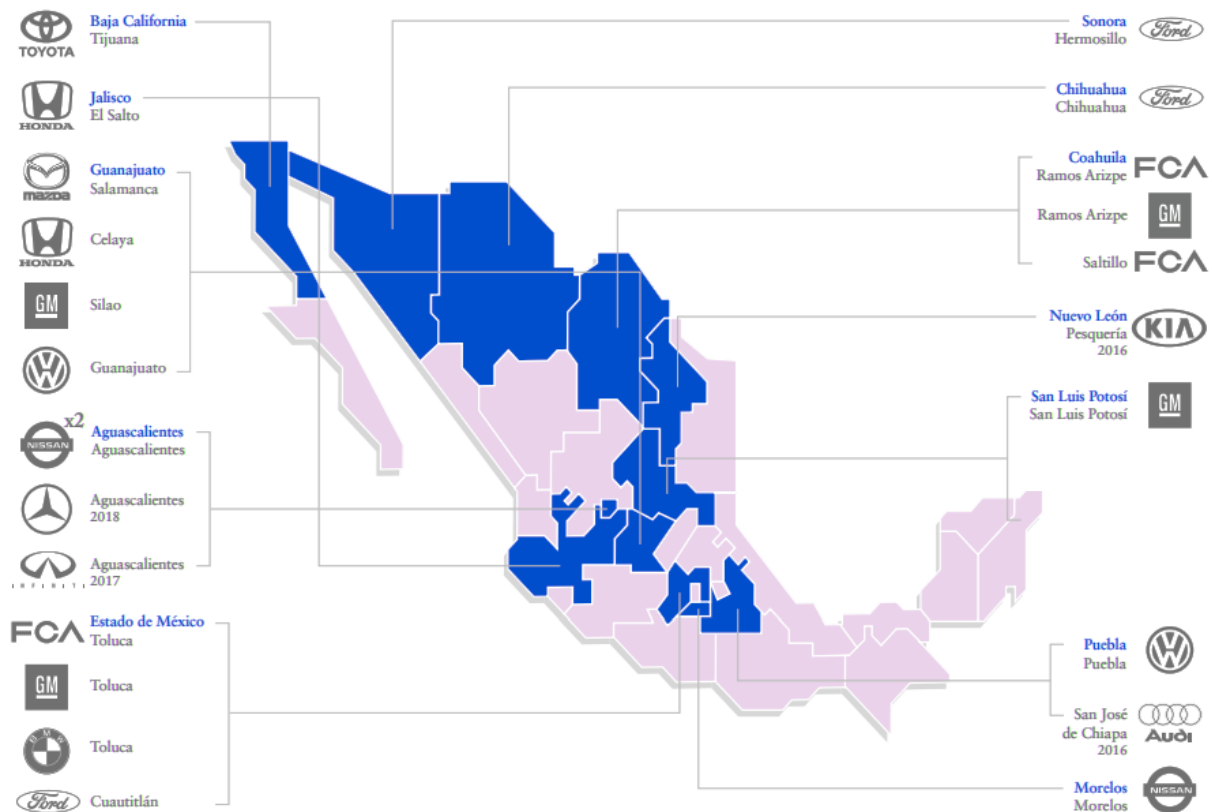


Figura 4.4 Industrias Automotrices actuales en México. (Fuente: ProMexico)

Las armadoras automotrices y sus proveedores de primer nivel, se encuentran instalados a lo largo del país es por ello que México representa una amplia oportunidad de negocio, el Gobierno por su parte ha impulsado programas para incentivar el desarrollo de industrias locales y extranjeras, o los tratados comerciales mencionados en la Figura 4.2 que hacen de México un destino atractivo de inversión para la instalación o incremento de capacidad, al igual que desarrollar a proveedores de segundo y tercer nivel, dedicados a procesamientos de materiales.

A continuación se muestra un esquema de las oportunidades en el mercado de componentes y sistemas automotrices en la Figura 4.4

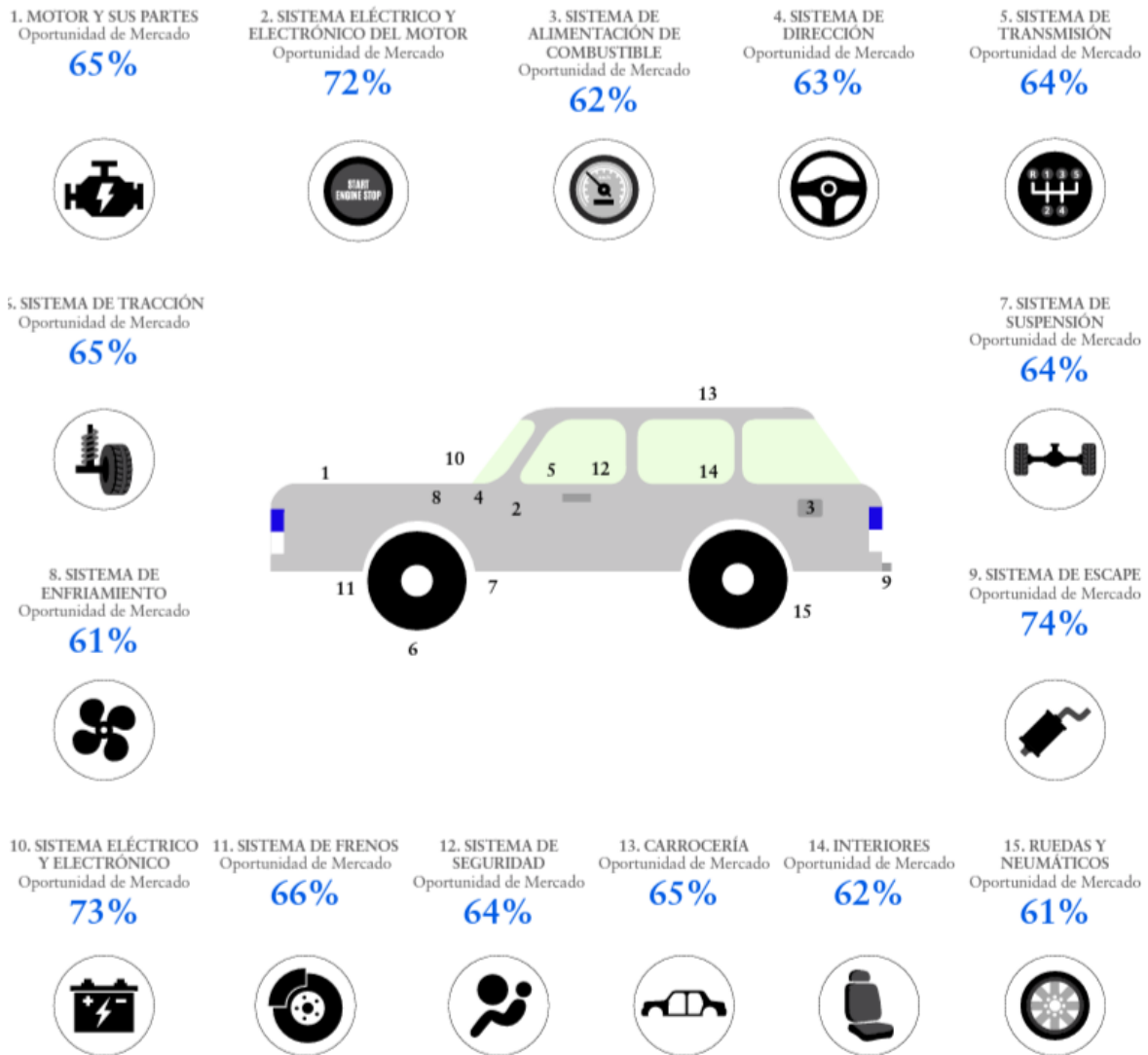


Figura 4.3 Oportunidades de Mercado en el sistema automotriz. (Fuente: ProMéxico)

Como se puede apreciar las oportunidades en el sector automotriz y sus componentes en México son muy grandes, es una industria que está en constante crecimiento que cuenta con numerosas inversiones tanto nacionales como internacionales, y para el avance del sector y toda su cadena de suministro, en este trabajo de investigación, se estudian oportunidades en el sistema de escape, el cuál como muestra la figura 4.4, tiene el 74% de oportunidades de mercado, el mayor porcentaje de todo el sistema, oportunidades que se analizan más adelante.

5. ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE UN AUTOMÓVIL, EN BUSCA DE SU OPTIMIZACIÓN

En este trabajo se analizan los componentes de un automóvil, los cuales van integrados en el sistema de escape, se analizan tres modelos diferentes de la que denominamos la "Empresa S", de cada modelo analizado se adquirieron dos de sus respectivos competidores, más adelante se explica cómo se decidieron estos competidores de acuerdo a un estudio de Mercado realizado anteriormente.

El objetivo es encontrar alguna propuesta de un nuevo material que pueda mejorar el valor de los actuales componentes ya sea en términos de:

- Mejorar las propiedades del material actual
- Mejorar el proceso de fabricación y/o ensamblaje de los componentes
- Relacionar la idea propuesta con reducción de costos.

Para esto es necesario comparar los componentes actuales con sus principales competidores escogiendo como herramienta de Marketing el Benchmark, más adelante se explicaran los métodos específicos usados para comparar los materiales de los competidores, ya que cómo se mencionó anteriormente, esta información de los competidores es confidencial y es necesario hacer ciertos tipos de pruebas que nos ayuden a estimar los materiales usados en nuestros competidores.

Agregar valor a un procedimiento, es uno de los retos a los que se enfrenta día con día un ingeniero.

En el caso de un estudio de Benchmark competitivo, saber que están usando nuestros competidores es todo un reto, es por ello que es necesaria la aplicación de los conocimientos adquiridos, para desarrollar estrategias y proponer experimentos para la caracterización de los materiales, éstos se expondrán en capítulos subsecuentes.

5.1 Panorama actual de la Empresa

Actualmente la Industria S participa en la lista de los 10 autos más vendidos en México del año 2016 con tres modelos distintos, es por ello que su estudio para la optimización de estos automóviles es de suma importancia, en el caso de este estudio se analizaron algunas de las partes que componen el sistema de escape, que como se mencionó en el capítulo anterior este sistema tiene una oportunidad de mercado del 74%, en la figura 5.1 se muestra un esquema general de la actividad y más adelante se explica con detalle cada uno de los pasos mencionados en el procedimiento.

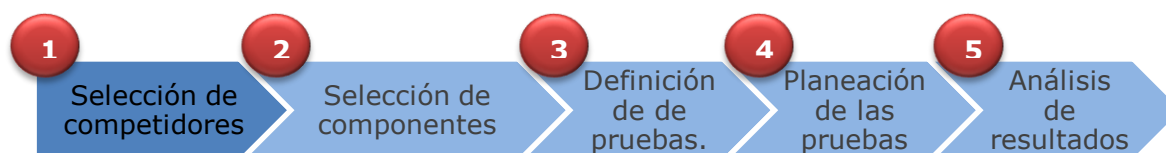


Figura 5.1. Flujo de las actividades realizadas.

5.1 Cómo seleccionar a los competidores correctos.

Un previo estudio de mercado fue realizado por la Empresa S con la finalidad de conocer los principales competidores. Es importante realizar un estudio previo con la finalidad de analizar el Mercado, las exigencias del Mercado, qué es lo que la empresa ofrece actualmente, y lo más importante conocer a sus clientes y cumple sus expectativas.

El método que se eligió para el pre estudio fue la realización de entrevistas por computadora, e interceptación en las calles; para este último se eligieron puntos de alta circulación como centros de auto lavado, parques, centros comerciales, etc., para las entrevistas también se eligieron distintos puntos del país de la zona norte, centro y sur.

El objetivo era entrevistar a propietarios de automóviles, que compraran la marca estudiada y también quienes compraran otras marcas de carros, ya que representan los mayores segmentos en modelos en términos de volumen de ventas.

Se realizaron un total de 11,424 entrevistas de marzo a junio del 2016, las cuales comprendían las ventas realizadas de Enero a Diciembre de 2015, estas entrevistas arrojaron los siguientes datos:

Características de los clientes actuales

- 5/10 Son Millenials*
- 4/10 Son mayores de 30 años
- 5/10 Tienen Carrera Universitaria
- 6/10 Sólo tienen 1 carro
- 8/10 Trabajan
- 7/10 Están casados
- 6/10 Son hombres
- La edad promedio son 34 años

*Nacidos entre 1989 y 1999

En el año 2014 sólo el 30% de las mujeres era poseedora de un automóvil y sólo el 40% eran Millenials, lo que significa que son segmentos en crecimiento.

Qué es lo que los clientes buscan

Las entrevistas también se enfocan en porqué los consumidores eligen un automóvil, y los resultados fueron los siguientes, se dividen en segmentos, dos de los modelos estudiados pertenecen a la gama de sedanes y el otro al de camionetas pick up, el segmento para los modelos 1 y 2, es el sedán y para el 3 es el segmento de las pick up, en la Figura 5.1 se mencionan las razones de compra para cada segmento

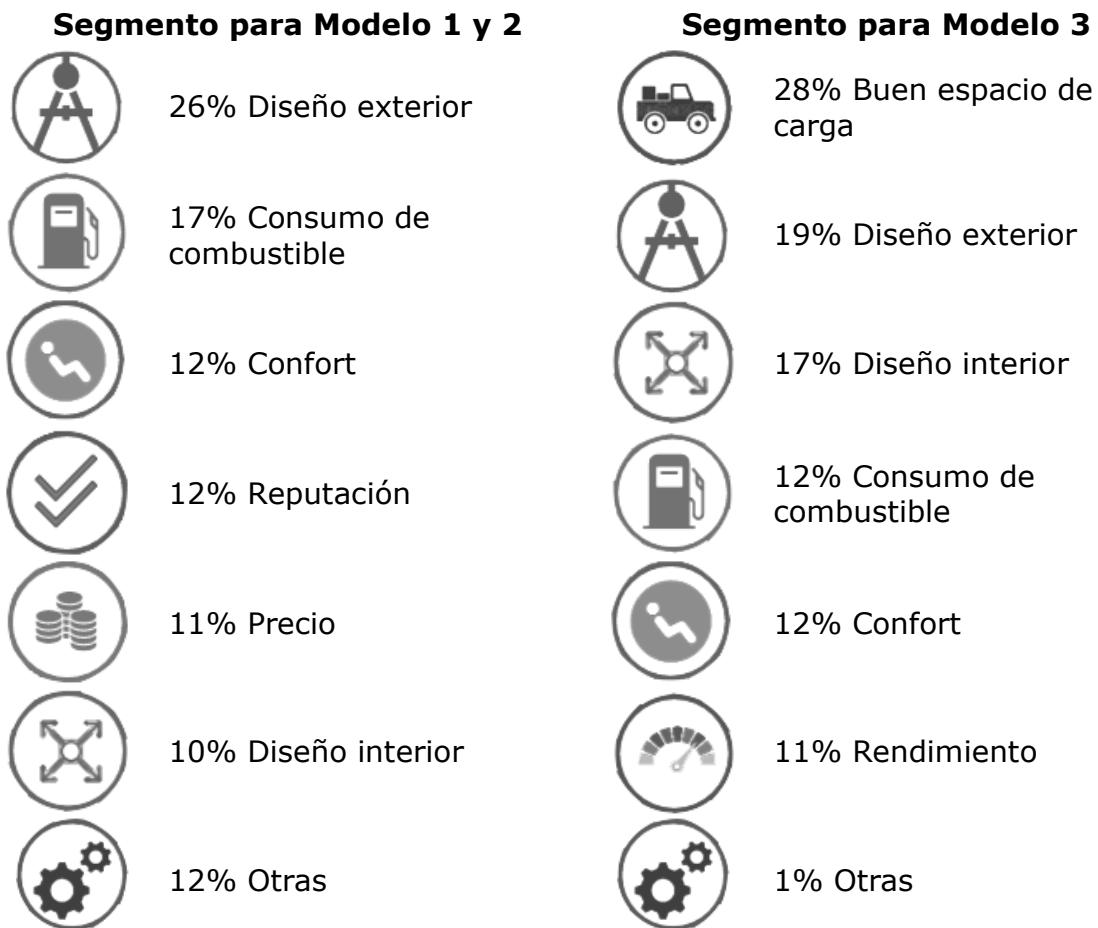


Figura 5.1 Razones de compra por segmento

Para el segmento 1 y dos lo más importante a la hora de adquirir un vehículo es el diseño exterior, mientras que para el modelo 3 lo más importante es la capacidad de carga; este tipo de modelos son frecuentemente utilizados por comerciantes, y los primeros dos para transporte personal o familiar, lo que indica que cada segmento tiene distintas exigencias y es importante hacer este tipo de encuestas para saber que se puede ofrecer.

Qué es lo que la Empresa S ofrece actualmente

En la tabla 5.1 se explican las razones de compra específicas por modelo, que varían dependiendo el modelo, ya que los clientes buscan distintos requerimientos.

Tabla 5.1 Razones de compra específicas por modelo

Modelo 1	%	Modelo 2	%	Modelo 3	%
Buena reputación	22	Diseño exterior	26	Capacidad de compra	31
Consumo de combustible	17	Consumo de combustible	16	Diseño exterior	20
Diseño exterior	17	El coche en general	16	Espacioso	19
El coche en general	14	Confort	14	Consumo de combustible	16
Confort	13	Precio	12	Confort	13
Otras	17	Otras	16	Otras	1

Con este estudio nos podemos dar una idea de quiénes son los principales competidores al relacionar que es lo que buscan los clientes, que perfil tienen los clientes de la Empresa S y que otros modelos en el mercado ofrecen estas características y atraen al perfil de los clientes actuales y así hacer una correcta elección de los competidores para nuestro estudio.

Después de realizar el estudio se seleccionaron dos competidores distintos para cada modelo, las insignias designadas para llamar a cada modelo se explican en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Insignias designadas para identificar a los modelos estudiados.

11	Modelo 1, Marca S	21	Modelo 2, Marca S	31	Modelo 3, Marca S
12	Modelo 1, Competidor 1	22	Modelo 2, Competidor 1	32	Modelo 3, Competidor 1
13	Modelo 1, Competidor 2	23	Modelo 2, Competidor 2	33	Modelo 3, Competidor 2

Con estos modelos como puntos de referencia, se realizará el Benchmarking competitivo correspondiente, a las partes seleccionadas del sistema de escape, con finalidad de encontrar alguna característica en sus componentes, que se pueda replicar en los de la Empresa "S" que añada valor al producto o a algún proceso de la compañía, en el siguiente capítulo se exponen cuáles de esos componentes fueron elegidos y algunas de sus características que son cruciales para la determinación de su aplicación en las partes estudiadas.

6. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES A ESTUDIAR

Los materiales de los cuales se compone un automóvil son muy distintos y han venido cambiando a través de los años, en la actualidad el mayor componente de los vehículos es el acero con un 65% del total del vehículo¹ por ejemplo el que se utiliza en la carrocería, seguido de los materiales termoplásticos como los parachoques, con un 11%¹; las aleaciones de aluminio ocupan el tercer lugar con un 7%¹, también participan materiales como el caucho y elastómeros cubriendo un 4%¹, que es utilizado en las llantas; en el resto de los componentes participan materiales como vidrios, textiles, algodón, madera, cartón, piel, cobre, poliuretanos, pintura entre otros.

En este estudio se seleccionaron partes fabricadas de aleaciones de aluminio, esta selección se hizo debido a que un Benchmarking interno realizado anteriormente, detectó que había áreas de oportunidad en este componente, y se detectó que esto podía ser replicable a un Benchmark competitivo. Un análisis físico realizado rápidamente a los componentes de la Empresa "S" y sus competidores, demostró que existen diferencias significativas entre los componentes que se usan en las distintas OEMs, demostrando con ello la posibilidad de que esta era un área de oportunidad, la cual se confirmó después del estudio.

Las aleaciones de aluminio representan en promedio el 7% de la composición de un vehículo.

En este capítulo se expondrán las diferentes aleaciones de aluminio, sus características, sus principales propiedades, así como sus procesos de fabricación.

¹ Composición de un vehículo promedio. (Fuente: FEDIT).

6.1 Características necesarias del componente

Como se mencionó anteriormente las partes a analizar se encuentran en el sistema de escape, lugar en donde se alcanzan temperaturas que superan los 800°C en algunas de las zonas, es por ello que es necesario un material con alto rendimiento en la transferencia de calor, el material actualmente ocupado por la Empresa S en estas partes son distintas aleaciones de Aluminio.

Así mismo la Empresa "S" ha tenido inconvenientes con estos componentes al momento de ensamblarlos al resto del vehículo, ya que una de las características del aluminio es que es ligero, por lo tanto, estas partes se doblan o se quiebran en su totalidad en las zonas de ensamblaje, es por ello que se busca una aleación la cuál sea lo suficientemente rígida para soportar el proceso de ensamblaje, sin que los incidentes sean tan recurrentes.

Alternamente, en algunos de los modelos de la empresa, en esta parte del vehículo se usa una aleación de acero y aluminio, la cual está compuesta en su mayoría de Acero, es por ello que también se explicaran las propiedades, características y el proceso de fabricación de esta aleación, cuyo elemento más abundante es el hierro.

6.2 Propiedades generales del Aluminio

El aluminio es un metal de color plateado, es ligero, no magnético y dúctil, su porcentaje en la corteza terrestre alcanza el 8%, el cual se obtiene principalmente del mineral bauxita (Al_2O_3), sus diferentes aleaciones usadas se explican a continuación, así como sus principales propiedades y sus procesos de fabricación.

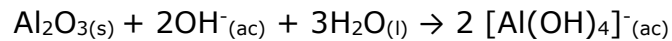
Tabla 6.1 Propiedades generales del Aluminio

Propiedades Químicas	Propiedades físicas
Símbolo químico Al	Punto de fusión 661.32 °C
No Atómico 13	Conductividad térmica 237 W/K m
Masa Atómica 26.9815 u	Densidad 2698.4 Kg/m ³

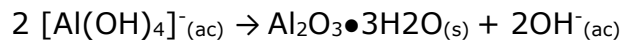
6.3 Proceso de fabricación del Aluminio.

Paso 1. Purificación de la bauxita. El proceso de fabricación de aluminio comienza con la extracción del mineral Bauxita el cual está compuesto

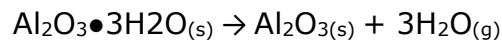
principalmente por óxido de aluminio hidratado impuro, seguidamente se lleva a cabo la purificación de la bauxita, la cual se consigue mediante la digestión (calentamiento y reacción) del mineral triturado con solución de hidróxido de sodio caliente, para dar el ion aluminato soluble, cómo se muestra en la siguiente reacción:



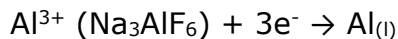
Al ser una solución acuosa los materiales insolubles pueden eliminarse por filtración, como los óxidos de hierro (III), cuando la solución se enfría ocurre la siguiente reacción:



Paso 2. Deshidratación del óxido de aluminio. El hidrato se calienta en un horno rotatorio para obtener óxido de aluminio anhidro, resultando la siguiente reacción:



Paso 3. Electrólisis, obtención del aluminio metálico. El óxido de aluminio tiene un alto punto de fusión (2040°C), por lo que para electrolizarlo sin la necesidad de usar tanta energía es necesario usar un compuesto de aluminio con un punto de fusión más bajo, este compuesto es el llamado comúnmente criolita, cuyo compuesto principal es el hexafluoroaluminato de sodio, Na_3AlF_6 . La criolita actúa como electrolito el cuál ayuda a que el óxido de aluminio se disuelva a 950°C, el aluminio fundido se produce en el cátodo de carbono, y el oxígeno que se forma en el ánodo oxida el carbono a monóxido de carbono y un poco de dióxido de carbono:



En este paso del proceso ya se ha obtenido el aluminio metálico en forma líquida, listo para el siguiente paso del proceso.

Paso 4. Formado del material. Después de la obtención del aluminio líquido este se hace pasar por la colada continua, la cual le da la forma final que se busca del material, en este caso sale en forma de planchón, que a continuación pasa por el llamado rolado en caliente. El rolado caliente en que el planchón pase a través de rodillos los cuales se encuentran entre los 455°C y 540°C, estos rodillos le darán cierto espesor a la barra de aluminio, en este paso el planchón entra con espesores de hasta 45 cm y llegan a reducirlo hasta 5 cm.

Paso 5. Mejoramiento de la superficie. Después del rolado en caliente, se procede a realizar el rolado en frío, el cual se lleva a cabo a temperatura ambiente en el cuál se mejora las propiedades mecánicas del metal y se consiguen espesores de hasta 0.35mm, finalmente se enrolla y está listo para ser transportado la planta de estampado. En la Figura 6.1 se muestra un esquema general del proceso de fabricación del aluminio.

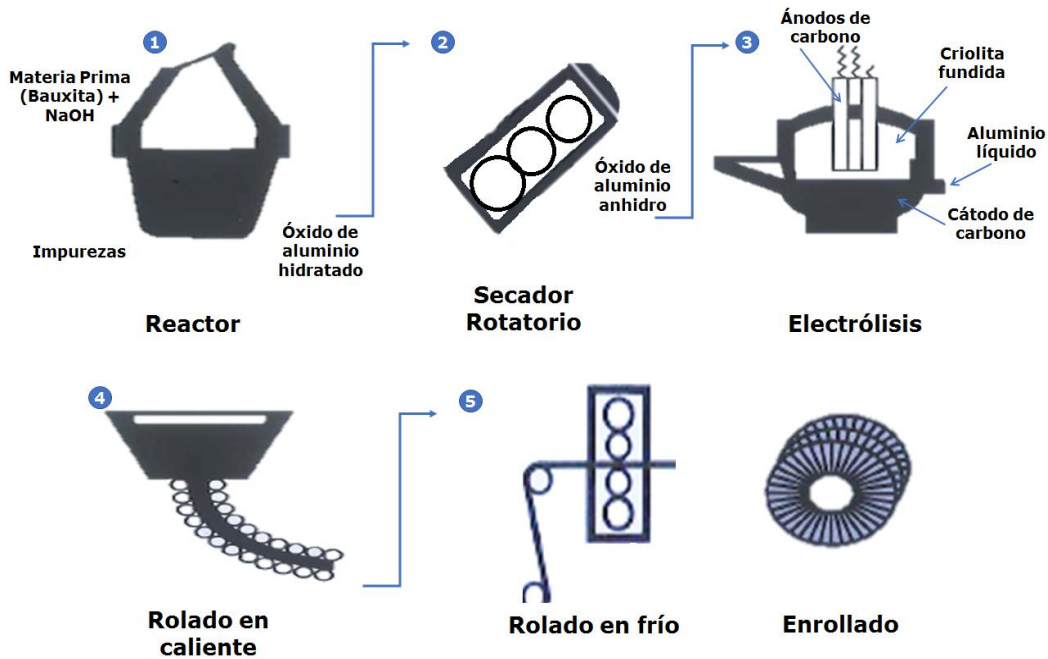


Figura 6.1. Proceso de fabricación de un rollo de aluminio

Elementos comunes añadidos al Aluminio

Como tratamiento adicional pequeñas cantidades de elementos son añadidos intencionalmente al aluminio con distintos propósitos, ya sea para mejorar las propiedades mecánicas del materia, su resistencia a la corrosión, etc., además de que estos elementos son característicos en las distintas aleaciones de aluminio, confiriéndole sus distintas su clasificación en las distintas aleaciones comunes en la industria del Aluminio, las series se explican a continuación, en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Aleaciones de aluminio

Serie	Elemento	Características
1XXX	Aluminio	Aluminio con una pureza del 99% o mayor, estas series se caracterizan por tener una excelente resistencia a la corrosión, alta conductividad eléctrica y térmica, pobres propiedades mecánicas, pero muy manipulable, para aumentar la resistencia, suele utilizarse endurecimiento por deformación.
2XXX	Cobre	Tiene propiedades mecánicas similares a las del acero común, pero por su alto contenido de cobre su resistencia a la corrosión es baja, a comparación de otras aleaciones.
3XXX	Manganeso	Incrementa su resistencia sin reducir la resistencia a la corrosión del aluminio puro, y sigue siendo muy manipulable, ayuda al endurecimiento del material.
4XXX	Silicio	Reduce el coeficiente de expansión térmica y mejora la resistencia al desgaste, su temperatura de fundición es menor que la de otras aleaciones.
5XXX	Magnesio	El resultado de añadir este elemento, es que la resistencia aumenta de moderada a alta, es considerado mejor endurecedor que el manganeso, y posee buena resistencia a la corrosión.
6XXX	Silicio y Magnesio	Es menos duro que las aleaciones 2XXX y 7XXX, posee buena formabilidad y buena resistencia a la corrosión y una resistencia media.
7XXX	Zinc	Este grupo de aleaciones posee un muy alta resistencia, la mayor de todas las aleaciones mencionadas. Aunque está propenso a sufrir corrosión por estrés si no obtiene el tratamiento térmico adecuado durante su manufactura.

Nota: Estas series son comúnmente llamadas miles, dos miles, tres miles, etc., según corresponda las "X" son suplantadas por números que si bien no tienen un significado específico, sirven para diferenciar las distintas aleaciones que existen. Para los componentes que se estudian en este trabajo, aleaciones más utilizadas son las series más utilizadas son las 1XXX, 3XXX y 5XXX.

Existe un proceso alterno para la fabricación de aluminio, el cual consiste en la utilización de chatarra como materia prima. La chatarra se funde a temperaturas de aproximadamente de 700 a 1000°C, de ahí los pasos 4 y 5 se repiten, por lo que se reduce el gasto energético de la fabricación de aluminio primario hasta un 95%, ya que no están involucrados los pasos del 1 al 3, que son los que representan un mayor consumo de energía.

Además de que el Aluminio es 100% reciclable y con el proceso de reciclado no hay merma de sus propiedades por lo que puede ser tratado un sin número de veces sin deteriorar su calidad.

Mundialmente se producen 30 millones de toneladas de aluminio en el mundo al año de las cuales el 24% son destinadas para la industria del transporte, lo que engloba además de automóviles, barcos y aviones.

6.4 Propiedades generales del Hierro

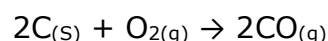
El hierro es un metal de tono grisáceo, con aspecto brillante, maleable, tenaz y magnético, es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre cubriendo un 5%, los tres minerales de los que se obtiene en su mayoría son la hematita (Fe₂O₃), la magnetita (Fe₃O₄) y la limonita (Fe₂O₃•1 1/2 H₂O). Sus propiedades físicas y químicas se presentan a continuación en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 Propiedades generales del hierro

Propiedades Químicas	Propiedades físicas
Símbolo químico Fe	Punto de fusión 1535 °C
No Atómico 26	Conductividad térmica 80.2 W/Km
Masa Atómica 55.845 u	Densidad 7574 Kg/m ³

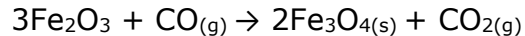
6.5 Proceso de fabricación del acero.

Paso 1. Obtención de Hierro metálico. La obtención del hierro metálico comienza con la adquisición de la materia prima, los minerales más usados para extraer este proceso son la hematita, la magnetita y la limonita. Este paso se lleva a cabo en un alto horno cuya altura puede llegar desde los 25m hasta los 60m y contar con diámetros de hasta 14m. Como materias primas son agregadas la piedra caliza (carbonato de calcio CaCO₃), el coque (carbono), y la chatarra (material reciclado), que ayudan a la obtención del hierro metálico. En la parte inferior del horno es inyectado aire precalentado a 600°C, este aire sube a medida de que las materias primas van cayendo, se empieza a generar calor por la reacción del dióxígeno del aire con el carbono (coque):

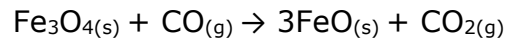


El monóxido de carbono caliente (2000°C) actúa como agente reductor de los minerales de hierro. En la parte alta del horno se alcanzan temperaturas de entre

200 y 700°C, la cual es suficiente para reducir el óxido de hierro (II) a óxido de hierro (III), como se muestra en la siguiente ecuación química:



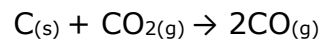
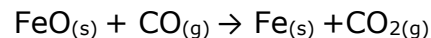
A medida de que desciende la altura, la temperatura aumenta logrando los 850°C, temperatura a la cual el óxido de hierro (III) se reduce a óxido de hierro, mediante la siguiente reacción:



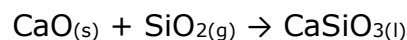
A esta temperatura también se descompone el carbonato de calcio a óxido de calcio y dióxido de carbono:



Mientras más descienden y la temperatura aumenta hasta los 1200°C el óxido de hierro se termina de reducir a hierro metálico y el dióxido de carbono se convierte nuevamente a monóxido de carbono por acción del coque:



En la parte más baja del horno a 1500°C, el hierro se funde y el óxido de calcio hace su labor, reaccionando con las impurezas de dióxido de silicio que se encuentra en los minerales, para dar silicato de calcio, la cuál es la escoria:



Al fondo del horno se encuentran dos agujeros, esto con la finalidad de que el producto final, el hierro, sea separado de la escoria, un agujero se encuentra más arriba del otro, y por diferencia de densidades son separados, yéndose el hierro al fondo ya que es más denso y la escoria a la parte superior, que es menos densa.

Paso 2. Obtención del acero. El hierro caliente (1200°C) es transportado en estado líquido al horno de descarburación, el cual tiene objetivo retirar las impurezas que quedaron, estas impurezas son elementos como el silicio, azufre, fósforo, carbono y oxígeno, estos elementos son típicos en el acero ya que no pueden retirarse en su totalidad, y sí se controlan las cantidades de estos pueden conferírle al hierro las propiedades necesarias para su disposición final, una forma de controlar estas impurezas es por la adición de oxígeno con la finalidad de formar óxidos de los elementos recién mencionados. Este oxígeno es diluido con dióxido de carbono y argón, se hace pasar a través de un tubo y al reaccionar con las impurezas alcanza temperaturas de 1900°C, el dióxido de carbono

diluyente evita que la temperatura se siga elevando, además en este paso del proceso se vuelve a añadir chatarra metálica fría para controlar la temperatura del proceso.

El oxígeno reacciona con el carbono para dar monóxido de carbono, este arde en la parte alta del convertidor y se convierte en dióxido de carbono, el silicio restante se oxida a óxido de silicio, que luego reacciona con los óxidos de otros elementos para formar una escoria, el horno está forrado de carbonato de calcio, el cual reacciona con impurezas ácidas que contienen fósforo, el proceso finaliza cuando la flama de la parte alta del horno desciende, lo que indica que se ha quemado todo el carbono, la escoria se decanta y se añaden las cantidades controladas de otros elementos para obtener las propiedades deseadas.

El acero convencional requiere de entre el 0.1 y 1.5% de carbono, ya que la ductilidad del hierro se reduce y su dureza se incrementa con la presencia de este elemento. Entre los elementos que siempre se encuentran en el acero se describen en la Tabla 6.1.

Tabla 6.3 Elementos básicos del acero.

Elemento	Función
Carbón (C)	Es el principal elemento de fortalecimiento en el acero.
Manganeso (Mn)	Incrementa la resistencia al calor.
Fósforo (P)	Protege la superficie del metal de la corrosión.
Silicio (Si)	Actúa oxidando impurezas en la producción del acero.
Azufre (S)	Causa que el acero sea poroso y propenso a agrietarse.

Con la combinación de estos elementos y otros más, actualmente existen más de 5,000 aleaciones diferentes de acero, que se usan en diferentes ámbitos, cómo la industria del transporte, la construcción, para uso doméstico, etc.

Paso 3. Formado del material. El acero producido es pasado a través de lo que se llama la colado continua, en donde se solidifica a la forma y el peso que va a requerir el producto final, es este paso el acero se encuentra a unos 1600°C y se hace pasar por rodillos, de ahí el nombre “rolado en caliente”, esto con la finalidad de darle forma al producto, en donde se alcanzan espesores que van desde los 1.2mm hasta los 25 mm, después un chorro de agua a fría a presión es añadido para enfriar la barra producida y el choque térmico le ofrece cierto endurecimiento al material, el vapor producido en este paso, se deja condensar y el agua es reutilizada para la misma finalidad.

Paso 4. Mejoramiento de la superficie. Una vez enfriado el material este se hace pasar por una tina de ácido, por lo regular se usa ácido clorhídrico HCl o sulfúrico H₂SO₄, el cual reacciona con las impurezas restantes del acero y mejora la superficie del material quitándole rugosidad, después de esto se hace pasar por rodillos con los cuales se logran espesores desde 0.14mm hasta 3.2mm, este proceso también ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del material, ya que homogenizan la estructura interna del metal.

Paso 5. Aluminizado del acero. Por último el acero se introduce a una tina con aluminio caliente, el cual se encuentra fundido y se adhiere metalúrgicamente al sustrato de acero de bajo carbono, puede ser por uno o por ambos lados, dependiendo de las especificaciones del cliente y finalmente se enrolla y está listo para ser transportado a la planta de estampado.

En la Figura 6.2 se muestra un diagrama general del proceso de fabricación del acero.

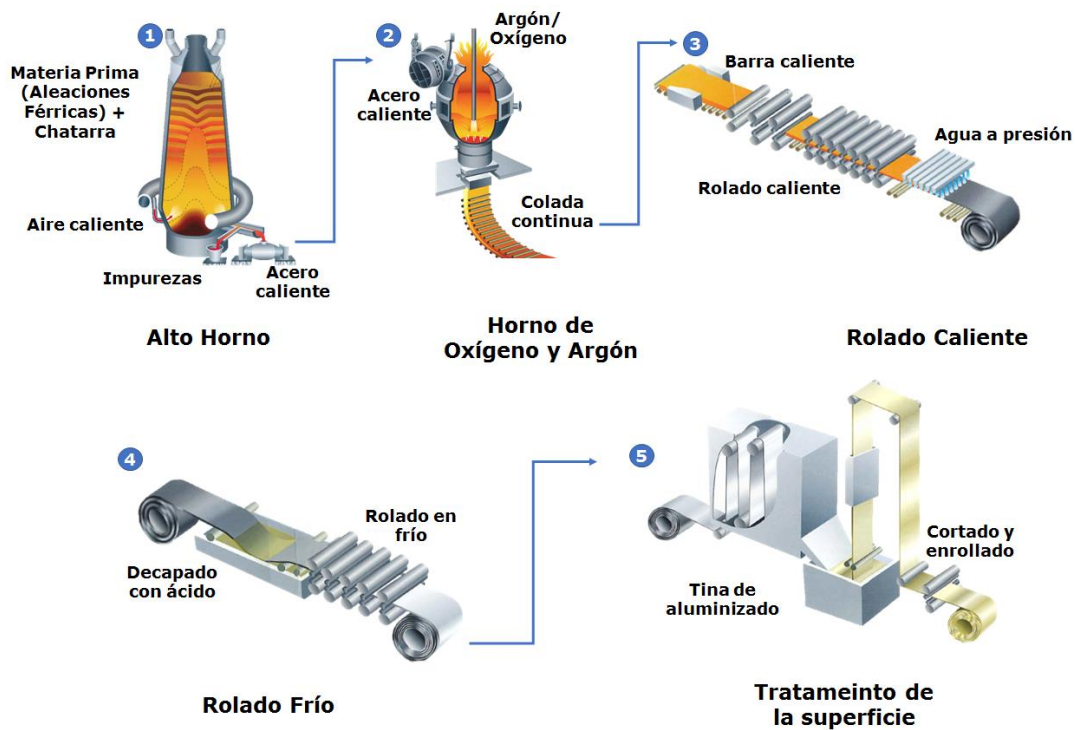


Figura 6.2 Proceso de fabricación de un rollo de acero aluminizado

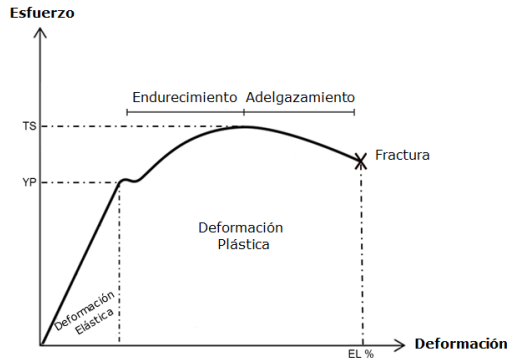
En el mercado existen distintos tipos de aleaciones que se utilizan para distintos fines en los distintos sectores, es la proporción de los elementos químicos y el tipo de procesamiento el que le confieren al acero sus distintas propiedades, al igual que al aluminio.

El acero también es un material ampliamente reciclable en el proceso de reciclaje se usa un horno eléctrico de arco, suplantando los pasos 1 y 2; volviéndose a repetir los pasos 3, 4 y 5, en el proceso de reciclado se ahorra aproximadamente el 80% de energía de la fabricación del acero primario a partir de minerales. Es por ello que el reciclaje del acero es una actividad que se realiza ya desde hace mucho tiempo y está en constante crecimiento, incluso por demandas gubernamentales mundiales que exigen el reciclado de este material, actualmente se sigue reciclando y reutilizando acero fabricado hace más de 150 años.

En el mundo se producen aproximadamente 130 millones toneladas de acero al año, los cuales el 17% es destinado para la industria del transporte el cual engloba barcos y aviones.

Nota: Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas son aquellas que determinan el comportamiento de un material, ante la aplicación de una fuerza externa. A continuación se muestra una típica gráfica, resultado de realizar un test de tensión, e cual consiste en aplicar una fuerza uniaxial al material, y de ahí se obtienen los siguientes resultados:

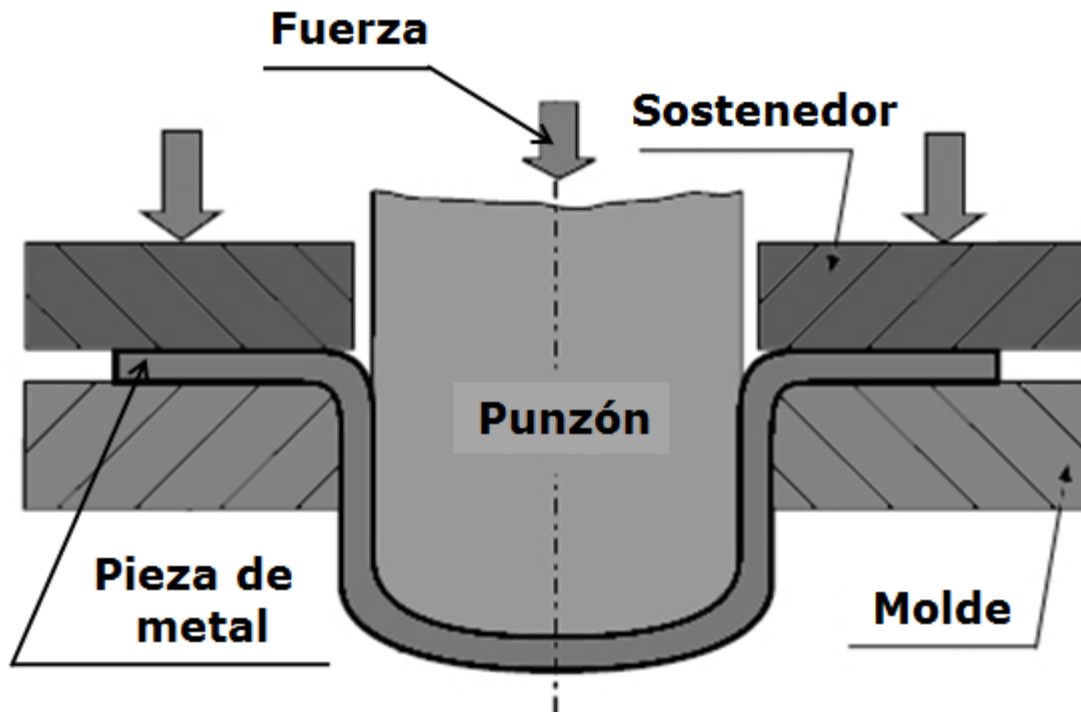


Esfuerzo	Es la cantidad de fuerza aplicada al material, durante cierto periodo de tiempo, y se va aumentando gradualmente.
Elongación	Es el porcentaje de alargamiento que sufre un material durante el test de tensión y es calculada mediante la siguiente fórmula: $\frac{\text{longitud final} - \text{longitud inicial}}{\text{longitud inicial}} * 100$ La longitud final puede ser contabilizada en distintos puntos de fuerza aplicada, durante la aplicación del test.
Deformación elástica	Es el punto en donde, después de una fuerza aplicada, el material puede regresar a su forma original, sin sufrir ninguna deformación a este punto se le llama límite de elasticidad o YP o YS, (por sus siglas en inglés Yield Point o Yield Strength).
Deformación Plástica	Es el punto de inflexión donde el material ya no puede regresar a su forma original y empieza a sufrir deformaciones.
Endurecimiento	Después de la de deformación elástica, a medida de que se aplica más fuerza, el material empieza a sufrir alteraciones, la primera de está es el endurecimiento del material, y llega a su punto máximo de endurecimiento, a este punto se le conoce como resistencia a la tracción o TS, (por sus siglas en inglés Tensile Strength).
Adelgazamiento	Después del endurecimiento, la siguiente deformación que sufre el material es el adelgazamiento, y es cuando el material comienza a perder grosor.
Fractura	Por último, después del adelgazamiento el material ya no puede soportar más fuerza y termina por romperse, es cuando ocurre la fractura, y este punto se conoce como última elongación.

Nota: Proceso de fabricación de los componentes

Tanto para las piezas de aluminio y acero, el proceso de fabricación de las piezas es muy similar.

Una vez fabricado el rollo este es transportado al centro de estampado, en donde el rollo es cortado en secciones quedando en forma rectangular, después de esto, la pieza de metal, (ya sea acero o aluminio), es colocada en un molde en donde con ayuda de los sostenedores y con la aplicación de fuerza a través de un punzón el material sufre una deformación plástica con el objetivo de darle la forma final deseada a la pieza, el mecanismo general de fabricación se muestra en la siguiente figura:



El aluminio al ser más ligero que el acero, usualmente recibe un tratamiento previo llamado embosado, el cual consiste en estampar patrones sobre la hoja de aluminio, esto hace que el aluminio se fortalezca, ya que hay endurecimiento por deformación, como se menciona en las propiedades mecánicas, después de aplicar cierta fuerza el material comienza a endurecerse, lo que además ayuda al aluminio a aumentar su área de contacto y así también tener un mejoramiento en la transferencia de calor, que es necesaria para esta pieza.

Es por el tipo de proceso que el material debe gozar de una buena formabilidad, el aluminio al ser más maleable, tiene una mejor formabilidad que la del acero, pero al ser más ligero tiende a quebrarse y el proceso de estampado es más delicado, adicionando el hecho de que si el aluminio anteriormente sufrió un proceso de embosado, se tiene que tener un mayor cuidado para no deformar la pieza de los patrones que se han estampado.

6.4 Números verdes para los procesos de fabricación del Aluminio y del Acero

Tanto el acero como el aluminio tienen un ciclo de vida interminable, ya que ambos materiales son 100% reciclables, ya que sus propiedades no se merman en el proceso de reciclaje, a continuación algunos datos del mejoramiento de los procesos de acero y aluminio, así como su reciclaje y sus beneficios.

A partir de 1990 se han reducido un 50% las emisiones de CO₂ para la producción de aluminio, y un 75% para la producción de acero.

En los últimos 20 años se han reducido un 10% para el proceso de aluminio y un 20% para el acero.

La industria del transporte recicla el 90% del aluminio utilizado.

En México se recicla el 58% del aluminio recolectado y el resto se exporta principalmente a Estados Unidos.

En México el 30% del acero producido es de chatarra lo cual reduce un 58% las emisiones de CO₂.

En el mundo se reciclan más de 500 millones de toneladas de acero al año.

En el reciclaje del aluminio se ahorra el 95% de la energía utilizada en la producción de aluminio primario, mientras que para el acero se ahorra un 80% aproximadamente.

6.5 Análisis del ciclo de vida del Aluminio y del Acero

Actualmente como se mencionó en el capítulo 4, los automóviles son una gran fuente de contaminación, es por ello que los Gobiernos han incluido regulaciones a la industria automotriz para disminuir las emisiones contaminantes, una de estas regulaciones aplicadas a los productos es la huella de carbono, la cual es el recuento de cuantas emisiones se produce un producto durante todo su ciclo de vida, es por ello que es importante monitorear todo este período a los productos para así saber cuál es mejor para el Ambiente.

Este análisis de ciclo de vida empieza desde la extracción de las materias primas para fabricar los componentes, en este caso las materias primas para fabricar acero y aluminio, éstas están involucradas en la manufactura la cual usa energía y crea emisiones. Después de ello viene la fabricación de las partes que necesita el automóvil y finalmente su producción total, cuando el vehículo está totalmente fabricado comienza su etapa de uso, y entonces, empieza a contabilizarse las

emisiones que se producen mientras este es manejado, cuando el vehículo no se sigue usando finalmente llega la etapa del reciclado.

En la Figura 6.3 se muestra un diagrama de lo que representa el ciclo de vida de un vehículo, en este capítulo se comparan el ciclo de vida del acero vs el aluminio, ya que son los materiales que se están analizando y a continuación se explican más a detalle las tres etapas del ciclo de vida de cada uno, y cuál de ellos representa más emisiones para el ambiente.

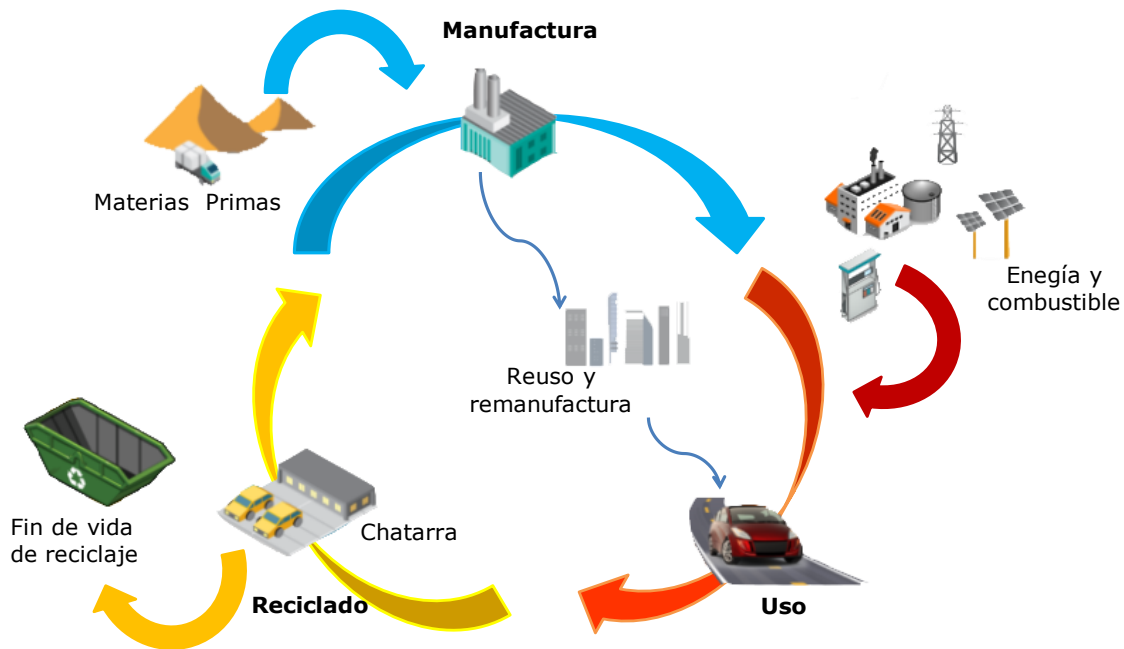


Figura 6.3 Análisis de ciclo de vida de un vehículo

A continuación se muestran los resultados obtenidos por un estudio realizado en el 2015 por WorldAutoSteel, quienes analizaron 200 vehículos de su base de datos, se analizaron el ciclo de vida del aluminio, el acero normal, y acero eficiente (el acero eficiente se refiere a aceros de alta resistencia y/o baja densidad) y los resultados en emisiones de CO₂ se muestran a continuación:

Manufactura

La manufactura implica desde el proceso de fabricación del material, ya sea acero o aluminio, hasta el ensamblaje total del vehículo, la producción de acero puede representar hasta 7 veces menos emisiones de CO₂ que el aluminio, ya que éste último se caracteriza por tener una carga intensiva de energía utilizada para la producción primaria, en la Figura 6.4, se muestra la cantidad de CO₂ emitido en la producción de cada uno.

Manufactura

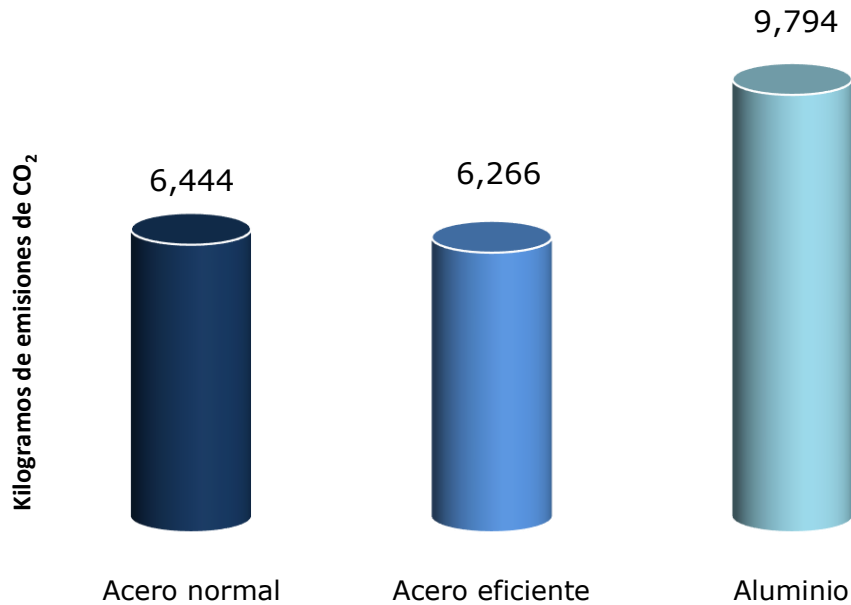


Figura 6.4 Emisiones de CO₂ durante la Manufactura

Uso

Esta etapa tiene involucradas las emisiones de CO₂ que se efectúan cuando el material es reutilizado para la fabricación de las piezas y el ensamble del vehículo, así como las emisiones de cuando el vehículo está en uso, por lo que incluye las emisiones de combustibles fósiles.

Como estadística una reducción de masa del 10% se traduce a una reducción de 6 a 8% del consumo del combustible, el material más ligero analizado fue el aluminio, que es hasta casi tres veces más ligero que el acero convencional, sin embargo en el estudio realizado sólo se mostró el ahorro del 1% del combustible comparado con el acero eficiente, y del 2% comparado con el acero normal.

Un estudio realizado por WorldAutoSteel, utilizando la base de datos de A2Mac1 de 250 vehículos reveló que la reducción de peso logrado por las piezas de aluminio, no era la misma proporción de reducción cuando se analizaba todo el sistema, por ejemplo en una puerta analizada de diferentes modelos del mismo tamaño pero de diferentes materiales, mostraron sólo una diferencia del 2% de masa de acero eficiente vs aluminio. Estas partes analizadas que no mostraban significativa diferencia de peso eran las partes que se conectaban directamente con la parte interior del vehículo ya que requerían una mitigación adicional de ruido, aspereza y vibración, lo que hacía que se añadieran partes adicionales al vehículo, tales como refuerzos de bisagra, refuerzos que cuando se utiliza acero

no son necesarios ya que al ser más rígido no produce estos ruidos o vibraciones. En la Figura 6.5 se muestran los resultados de las emisiones encontradas en esta etapa.

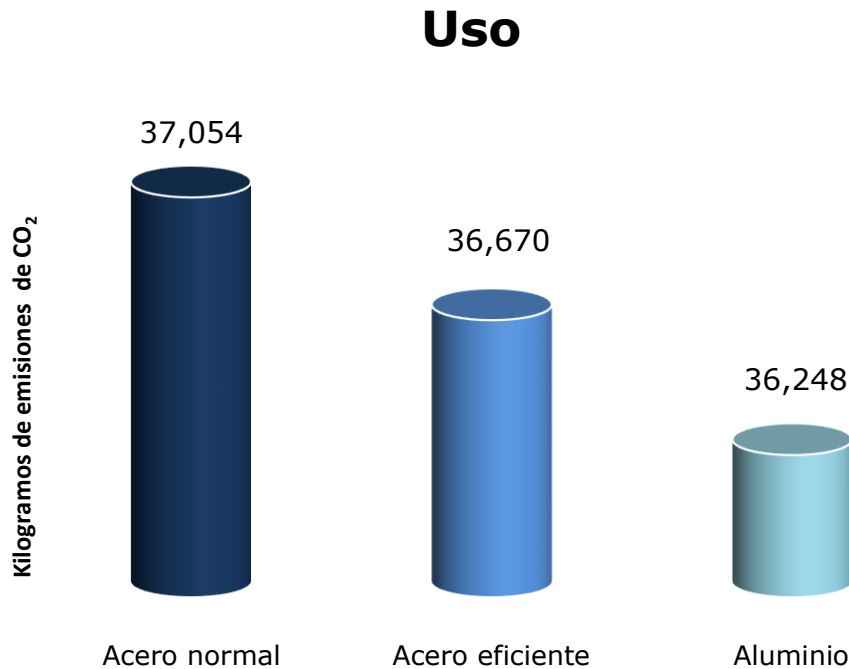


Figura 6.5 Emisiones de CO₂ mediante el Uso.

Reciclado

Finalmente llega la etapa del reciclado, en esta etapa se incluyen factores como la cantidad de material que puede ser reciclado, como se mencionó anteriormente en el capítulo en la producción de aluminio reciclado se utiliza hasta el 95% de energía de la que se usa para fabricar el aluminio primario, lo que se transmite a menos emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes, lo mismo para el acero que se ahorra hasta el 80% de energía en el reciclado, lo que resulta en el ahorro de significantes cantidades de emisiones de CO₂ a la atmósfera, las cuales se muestran a continuación e la Figura 6.6.

Este ahorro de energía hace que el Aluminio sea quién más ahorra emisiones de CO₂ mediante el reciclado, en seguida el acero normal, y por último el acero eficiente, ya que estos en el proceso de reciclado necesitan de procesos adicionales para obtener acero con las características solicitadas para volver a ser de grado normal o de grado eficiente.

Reciclado

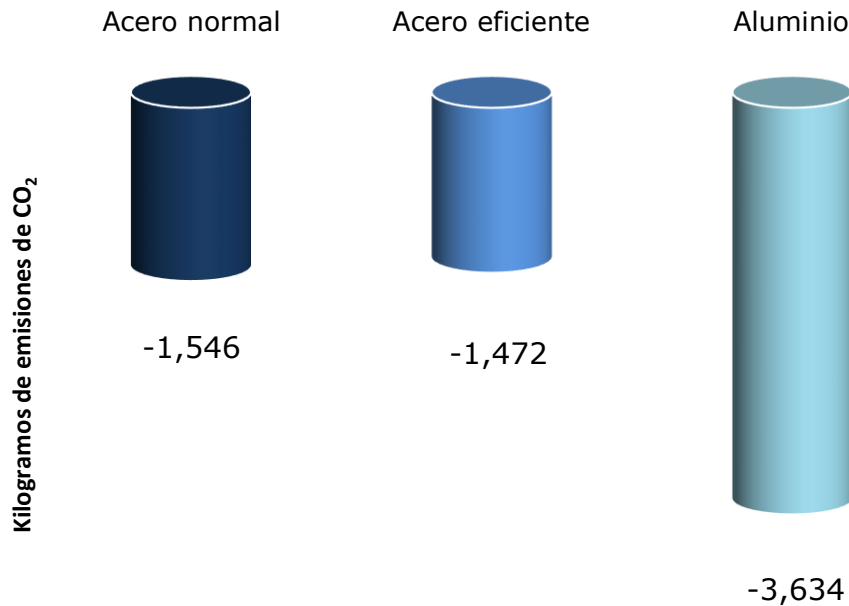


Figura 6.6 Emisiones de CO₂ mediante el reciclado

Total de emisiones

Por último se contabilizan las emisiones totales de estos tres pasos, y se suman, en el caso de las emisiones en la etapa del reciclado, estas se restan ya que están disminuyendo la carga de emisiones a la atmósfera, la suma total de estas emisiones se muestran en la Figura 6.7.

Los resultados finales, muestran que, comparando el ciclo de vida del acero normal, vs el aluminio, y poniendo como punto de referencia el acero eficiente, que es el material que emite menos contaminantes en su ciclo total de vida, hay una diferencia del 1% respecto a la cantidad de CO₂ que emiten.

Quizá este resultado +1% Kg/CO₂ por sí mismo no dice nada, pero si se plantea de modo que si globalmente 6 millones de los automóviles estudiados se convirtieran en aluminio las emisiones de CO₂ aumentarían a 2.7 TM, requiriendo 2.4 billones de árboles para filtrar este aumento, o sea un bosque más del doble de tamaño que Tokio.

Total de emisiones

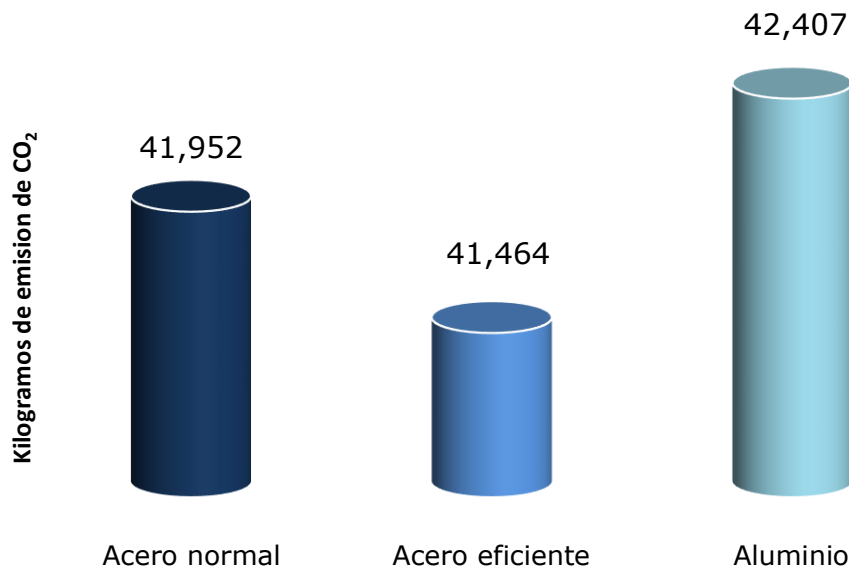


Figura 6.7 Total de emisiones de CO₂ del ciclo de vida.

Cómo se explicó anteriormente, el uso de materiales más ligeros suele relacionarse con la disminución de peso en el vehículo, lo que se traduce en ahorro de combustible, lo que significa menos contaminantes a la atmósfera, pero cuando se utilizan estos materiales más ligeros también se necesitan otros componentes, que vuelven a añadir peso al vehículo, lo que aumenta la quema de combustibles. Aunque en efecto, en la etapa del Uso, el Aluminio fue el que representó menor emisión de gases contaminantes e incluso en la etapa del reciclado, cuando se analiza todo el ciclo de vida, el acero eficiente representa menor emisión de contaminantes, ya que al ser un material rígido, no necesita la adición de componentes.

El desarrollo de nuevos materiales más eficientes para los vehículos, es trascendental para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

7. DEFINICIÓN Y PLANEACIÓN DE LA MATRIZ DE PRUEBAS

Como se mencionó anteriormente las partes a analizar, son metálicas en las cuales se usa tanto aluminio como acero aluminizado, ya que una de las características del aluminio es que es buen conductor de calor. Pero al ser este un estudio de Benchmarking competitivo, no sabemos con exactitud las aleaciones y especificaciones de los competidores, es por ello que se necesitan de distintas pruebas para su caracterización, en este estudio se seleccionaron 3 distintas pruebas, 2 de ellas se realizaron en el lugar dónde se lleva a cabo este estudio y la restante, en el laboratorio de un proveedor. Las pruebas que se seleccionaron fueron:

- Dureza
- Composición química
- Sección transversal

Estas pruebas darán un estimado de las especificaciones de los materiales que están usando los competidores, para así compararlas con las que se usan actualmente en los componentes de la Empresa "S".

Adicionalmente se compararon los pesos de las partes y sus respectivos espesores, ya que estos influyen en el comportamiento de los componentes tanto en el vehículo como en su fabricación (complejidad y precio), así como en el peso total del vehículo. Además cabe resaltar que también muestran disimilitudes físicas, ya que algunos componentes cuentan con el acabado de embosado y otros tienen sus superficies lisas.

Se realizó la medición de pesos y espesores, los cuales influyen en el comportamiento de la parte, adicionalmente se realizó una prueba mecánica como la dureza, una física, la sección transversal, y una prueba química para determinar la composición del material, y así determinar los materiales que usan los competidores.

A continuación se explican las distintas pruebas y mediciones que se realizaron para estimar la especificación de los materiales que usan los competidores. El orden de la realización de las pruebas fue el siguiente:

Tabla 7.1 Planeación de las pruebas.

Prueba	Planeación
Medición de espesor y pesado de las partes	Estos dos análisis se realizaron de forma preliminar a los restantes, ya que no se realiza ninguna alteración física o química a los componentes.
Dureza	Esta prueba debe ser realizada después de saber el espesor de la parte, ya que está directamente relacionado con la dureza que presenta el material.
Composición química	Al ser una prueba destructiva para la parte, debe realizarse después de la medición de espesor y el pesado.
Sección transversal	Al ser una prueba destructiva para la parte, debe realizarse después de la medición de espesor y el pesado.

7.1 Medición de espesor

Está directamente relacionado al rendimiento de la parte, ya que a mayor espesor, mayor conducción de calor, el espesor también depende del diseño de la parte, actualmente los componentes de la Empresa "S" cuentan con distintos espesores, esto presenta complejidad a la hora de fabricación, lo que se traduce a un aumento en el costo. Para la medición del espesor, se utilizó un vernier electrónico.

7.2 Pesado de las partes

Este análisis se realizó, ya que era estimable que algunas partes usadas por los competidores eran más pesadas que las usadas por la Empresa "S", esto se traduce a que las partes eran más duras o rígidas, y también solían tener mayor espesor, pero también añaden más peso al vehículo.

7.3 Determinación de dureza

La dureza está directamente relacionada a las propiedades mecánicas del material, ya que la dureza de un material es la resistencia que opone a la penetración de un cuerpo más duro, en el método Vickers se emplea como cuerpo de penetración una pirámide cuadrangular de diamante, por el efecto que produce cierta fuerza aplicada durante un determinado tiempo, al cuerpo a

ensayar, y el indicador de la dureza es la deformación permanente (plástica) que queda en el objeto de estudio; el método de dureza Vickers es apropiado para placas delgadas de acero o metales no férreos, que coinciden con los objetos de este estudio.

Procedimiento:

1. *Preparación de la muestra.* Se escoge la parte más plana de la parte a analizar, ya que se deben definir claramente los extremos de las diagonales y puedan medirse, Se realiza el pulido de la muestra para eliminar cualquier impureza de la superficie a analizar, teniendo cuidado de no endurecer la pieza por trabajo mecánico durante el pulido.
2. *Preparación del penetrador.* El penetrador debe estar muy bien pulido y con las aristas bien definidas, la base de la pirámide debe ser cuadrada y sus caras opuestas deben formar un ángulo de 136°.
3. *Preparación del microscopio de medición.* Las divisiones de la escala micrométrica del microscopio, deberán ser tal que pueda medirse la longitud de las diagonales de una huella con una aproximación del 5%, este generalmente viene instalado en la máquina de medición de dureza.
4. *Preparación de las mordazas.* Las mordazas deben acondicionarse, de tal modo que aseguren un buen soporte a la pieza a analizar, para que estas no se muevan durante la prueba.
5. *Aplicación de la fuerza.* La pieza se monta sobre la máquina y se ajustan las mordazas, después se hace la aplicación de la fuerza al objeto, el tiempo de penetración varía de los 10 a los 15 segundos.
6. *Cálculo de la dureza.* Las máquinas modernas realizan la medición de la dureza automáticamente bajo el siguiente principio:

La dureza Vickers (Hv), se calcula a partir de la fuerza aplicada y de la diagonal en mm² de la huella que ha dejado la pirámide, a partir de la siguiente fórmula:

$$Hv = 1.8544 * \frac{F}{d^2}$$

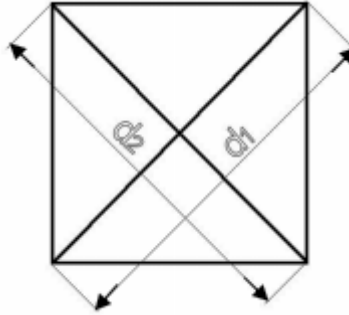
Dónde:

F: fuerza aplicada en N

d: diagonal media de la huella en mm, lo cual significa que:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

En la figura 7.1 se explica gráficamente que es considerado d₁ y d₂



7.

Figura 7.1. Huellas de la pirámide cuadrangular en método Vickers.

Nota: El valor 1.8544, en la fórmula para calcular la dureza Vickers, es una constante resultado de la simplificación de:

$$2 * \operatorname{sen} \frac{136^\circ}{2}$$

Dónde 136° representa el valor de los ángulos formados por las caras del penetrador.

Se repite el procedimiento 5 veces, y al final se obtiene un promedio de estos valores.

7.4 Composición química

La determinación de los componentes químicos y su cantidad en los materiales son identificados a través de un espectrómetro de masas.

La espectroscopia de masas difiere de la espectrometría clásica, ya que en la segunda sólo se hacen modificaciones físicas a la muestra y en la primera se hace una modificación química, lo que lleva, como se mencionó anteriormente a la destrucción de la muestra, aunque para este tipo de análisis el tamaño de muestra requerido es muy pequeño.

La espectrometría de masas se basa en la obtención de iones; una vez obtenidos estos iones se separan de acuerdo a su masa y su carga, y finalmente se detectan a través de una señal electrónica. De forma que un espectrómetro de masas da información bidimensional que representa un parámetro relacionado con la abundancia de los diferentes tipos de iones en función de la relación masa/carga de cada uno de ellos.

Procedimiento:

1. *Preparación de la muestra.* Para este estudio se requiere de una muestra de tamaño pequeño

2. *Identificación de elementos.* Colocar la muestra en el espectrómetro de masas, en éste se desempeñan las siguientes funciones:
 - a. Debe ser capaz de vaporizar sustancias de volatilidades diferentes.
 - b. Una vez volatilizada la muestra, el espectrómetro debe ser capaz de originar iones a partir de las moléculas neutras en la fase gaseosa.
 - c. Una vez generados los iones, el espectrómetro debe ser capaz de separarlos de acuerdo a su masa/carga.
 - d. Y finalmente cuando los iones se encuentran separados, el espectrómetro detecta los iones formados y manda la señal electrónica.

Para tener la capacidad de estas funciones, el espectrometro de masas debe tener las siguientes partes, las cuales pueden ser independientes o no:

- I. Sistema de introducción de muestras
- II. Fuente de iones
- III. Analizador, para la separación de iones
- IV. Sistema detector y registrador

3. *Obtención de resultados.* Finalmente se hace la lectura y captura de los resultados obtenidos por la máquina.

7.5 Determinación del corte transversal

La sección transversal es un procedimiento que se realiza para saber y cuantificar, si la muestra tiene algún tipo de recubrimiento en su superficie, para así estimar de qué tipo de especificación de material se trata.

Procedimiento

1. *Preparación de la muestra.* Se realiza un corte transversal a la muestra, se coloca en un molde de resina, y posteriormente se pule. Para obtener un mejor revelado de las capas se puede añadir nital al 3% a la muestra (3mL de ácido nítrico, con 97 mL de etanol), por 5 segundos, después se limpia la superficie con agua, y finalmente con alcohol.
2. *Identificación de capas.* Se hace el análisis en un microscopio óptico a distintas magnificaciones que pueden ir desde 100X hasta 500X con la finalidad de obtener una imagen clara de las capas.

3. *Medición de las capas.* Con el mismo equipo se realiza la medición del espesor de cada una de las capas visibles.

Cada una de las pruebas explicadas se realizaron en este estudio de Benchmarking, para la determinación de los materiales que usan los competidores. En el siguiente capítulo se muestran los principales hallazgos de estos test, así como las conclusiones a las que se llegaron después de hacer un análisis profundo de los resultados.

8. MATERIALES ENCONTRADOS EN EL ESTUDIO

Después de la realización de las pruebas, se encontró que algunos de los competidores usaban materiales similares en algunos de sus componentes, y otros más usaban materiales totalmente distintos.

Entre los materiales encontrados se encuentran:

- Al series 1XXX
- Al series 3XXX
- Al series 5XXX
- Acero aluminizado

También se encontraron distintos pesos, espesores, formas y tamaños. En este capítulo se analizarán los estudios realizados a cada una de las partes, y con base en los resultados encontrados se creará una propuesta con respecto al material y a la reducción de costos que es el principal propósito de la realización del estudio de benchmarking, después de crear la propuesta se analizará su viabilidad técnica y económica.

Los resultados serán analizados respecto a lo que dicta la Asociación de Aluminio, y el manual de estándares de las medidas y especificaciones que deben contar las distintas aleaciones de aluminio, así como también se analizarán con las Normas internas de la Empresa, para comparar con las que se tengan más similitud en cuanto a los resultados encontrados y para hacer la comparación de la propuesta que se llegue a realizar, para comparar el estado actual vs el propuesto, y así poder dar la conclusión de cómo repercute el cambio de la propuesta.

En el estudio se encontraron distintos materiales usados para esta parte, en este capítulo se expondrán y analizarán los resultados encontrados con las pruebas que se realizaron.

Con base a los resultados encontrados, si es factible, se creará una propuesta de cambio de material que incluya la reducción de costos.

8.1 Componentes encontrados

Desde el inicio del estudio, se encontró que no todos los modelos utilizaban el mismo número de piezas, es por ello que se comparan los componentes que se usan en los distintos vehículos analizados, si hay presencia o ausencia de ellos, se clasificaron de acuerdo a su posición en el vehículo, por lo que se definió su existencia de la manera en la que se expone en la tabla 8.1.

Tabla 8.1 Existencia de los componentes en los distintos modelos analizados

Modelo	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5	Pieza 6
11	✓	✓	✓	✓	x	x
12	✓	✓	✓	✓	x	x
13		✓*	✓	✓	x	x
21	✓	✓	✓	✓	x	x
22	✓	✓	✓	✓	x	x
23	✓	✓	✓	✓	x	x
31	✓	x	✓	x	✓	x
32	✓	✓	✓	✓	x	✓
33	✓	✓	x	x	x	x

*Sólo una pieza en la parte que sustituye a la pieza 1 y 2.

Como se muestra en la tabla, la mayoría de los modelos analizados cuentan con 4 componentes en esta parte, pero al analizar a los competidores unos cuentan con menos o incluso con más piezas; como es el caso del modelo 13 y el 32 respectivamente; el modelo 13 sólo tiene 3 piezas, pero contaba con una pieza de gran longitud, lo suficientemente larga como para cubrir los puestos en donde el resto de los modelos usan las piezas 1 y 2, es por ello que así como en la Tabla 8.1, en las subsecuentes tablas se verá a esa pieza ocupando los lugares de ambas piezas. En el caso del modelo 32 se aprecia que usa más de 4 piezas, es por ello que fue necesario agregar las demás columnas para poder distinguir que ese modelo está usando una pieza extra que los demás.

8.2 Espesor de las piezas.

Otro de los aspectos que se evaluaron fue el espesor de las piezas, ya que como se mencionó anteriormente, uno de los aspectos a cambiar es el usar un mismo espesor para todas las piezas, con el fin de reducir complejidad al proceso de fabricación y así obtener un beneficio extra por parte del fabricante.

Como se aprecia en la Tabla 8.2 el espesor de las piezas de los modelos analizados es variado, ninguno de los vehículos usa actualmente un mismo espesor para todas sus partes, con excepción del modelo 33, aunque este sólo

cuenta con dos piezas; el rango de espesores va desde 0.30mm hasta 0.80mm siendo 0.50mm el más común.

Tabla 8.2 Espesor de las piezas (mm)

Modelo	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5	Pieza 6
11	0.60	0.40	0.80	0.53	n/a	n/a
12	0.55	0.40	0.40	0.50	n/a	n/a
13	0.3		0.60	0.30	n/a	n/a
21	0.55	0.50	0.55	0.60	n/a	n/a
22	0.55	0.50	0.60	0.50	n/a	n/a
23	0.50	0.45	0.55	0.50	n/a	n/a
31	0.50	n/a	0.50	n/a	0.80	n/a
32	0.50	0.60	0.50	0.55	n/a	0.40
33	0.50	0.50	n/a	n/a	n/a	n/a

8.3 Peso de las piezas

El siguiente análisis que se efectuó fue el pesado de las piezas antes de su destrucción y así comenzar las otras pruebas, así como comparar su peso con relación al espesor que tiene cada pieza, que como se muestra en la tabla anterior estos son variados, pero muy similares, en la Tabla 8.3 se exponen los pesos encontrados.

Tabla 8.3 Peso de las piezas (Kg)

Modelo	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5	Pieza 6
11	0.58	0.31	0.35	0.30	n/a	n/a
12	0.36	0.38	0.15	0.16	n/a	n/a
13	0.53		0.43	0.24	n/a	n/a
21	0.46	0.35	0.21	0.08	n/a	n/a
22	1.32	1.08	0.49	0.21	n/a	n/a
23	1.18	1.27	0.54	0.76	n/a	n/a
31	0.12	n/a	0.19	n/a	0.13	n/a
32	0.06	0.34	0.03	0.42	n/a	0.18
33	0.26	0.90	n/a	n/a	n/a	n/a

A diferencia a los espesores se encontraron rangos de peso mucho más extensos, esto es porque el tamaño de las piezas también es muy variado, aunque en algunos casos, las piezas tenían tamaños y espesores similares, los pesos eran muy diferentes como en el caso de los modelos 22 y 23 que sobrepasan 1Kilogramo, mientras la mayoría de las piezas son mucho más livianas.

8.4 Dureza de las piezas

La otra propiedad que se analizó fue la dureza de los materiales, para tener un test y saber algo acerca de una de las propiedades mecánicas del material, ya que hacer un test de tensión es necesario contar con las dimensiones y especificaciones adecuadas del material, cosa que resultaba imposible, como se mencionó anteriormente, el benchmarking competitivo necesita saber datos e información de los competidores que no están al alcance o son difíciles de conocer, afortunadamente en el laboratorio se cuenta con el durómetro de Vickers, para el cual se utilizó la una pequeña parte de la pieza y se buscó que fuera de superficie uniforme, para llevar a cabo la medición con la mayor exactitud posible, se llevó a cabo el experimento cuatro veces y finalmente se obtuvo el promedio, en la Tabla 8.4 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 8.4 Dureza Vickers de las piezas (Hv)

Modelo	Pieza	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio
11	1	76.1	77.0	77.1	73.3	75.9
	2	42.0	34.9	39.5	43.8	40.0
	3	83.1	79.3	81.4	80.9	81.2
	4	60.2	60.4	60.0	61.1	60.4
12	1	65.5	63.1	60.7	66.6	64.0
	2	63.3	62.6	69.9	67.5	65.8
	3	41.8	33.7	41.1	41.0	39.4
	4	39.4	35.3	38.5	39.2	38.1
13	1	41.6	43.8	44.8	44.6	43.7
	2					
	3	44.6	43.9	40.9	43.5	43.2
	4	33.9	33.6	30.5	26.8	31.2
21	1	37.5	43.0	40.0	33.6	38.5
	2	28.1	32.5	34.5	34.0	32.3
	3	27.4	27.0	30.0	32.0	29.1
	4	36.0	36.0	36.0	40.2	37.0
22	1	142.5	137.5	140.3	141.2	140.4
	2	146.2	145.8	145.8	157.3	148.7
	3	132.0	129.0	130.0	133.5	131.1
	4	130.8	134.9	121.6	133.3	130.1
23	1	124.6	133.4	127.7	135.4	130.3
	2	134.4	140.3	147.3	145.2	141.8
	3	127.4	128.3	126.4	123.6	126.4
	4	128.2	128.2	138.4	128.4	130.8
31	1	56.3	59.8	55.8	58.1	57.5
	3	54.8	57.1	58.9	55.1	56.5
	5	58.9	61.2	64.6	61.7	61.6
32	1	61.2	67.1	61.6	62.4	63.1
	2	52.4	53.4	59.2	58.5	55.9
	3	55.4	54.7	56.4	54.3	55.2
	4	58.3	60.1	58.1	61.1	59.4
	6	54.2	57.8	54.2	58.4	56.2
33	1	124.9	130.0	124.0	131.0	127.5
	2	137.0	132.0	133.0	132.6	133.6

Debido a que en la Asociación de Aluminio sólo se especifica la dureza Brinell (HB), se cambiarán los valores de dureza Vicker multiplicándolos por el factor que especifica la Asociación de Aluminio para pasar de dureza Vickers a Brinell, que dicta básicamente que Hv es aproximadamente igual a 1.1 * HB. Por lo que el resultado de convertir Vickers a Brinell se muestra en la siguiente tabla.

Sí $Hv = 1.1 * HB$, entonces $HB = Hv / 1.1$.

Tabla 8.5 Dureza Brinell de las piezas (HB)

Modelo	Pieza	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio
11	1	69.2	70.0	70.1	66.6	69.0
	2	38.2	31.7	35.9	39.8	36.4
	3	75.5	72.1	74.0	73.5	73.8
	4	54.7	54.9	54.5	55.5	54.9
12	1	59.5	57.4	55.2	60.5	58.2
	2	57.5	56.9	63.5	61.4	59.8
	3	38.0	30.6	37.4	37.3	35.8
	4	35.8	32.1	35.0	35.6	34.6
13	1	37.8	39.8	40.7	40.5	39.7
	2					
	3	40.5	39.9	37.2	39.5	39.3
	4	30.8	30.5	27.7	24.4	28.4
21	1	34.1	39.1	36.4	30.5	35.0
	2	25.5	29.5	31.4	30.9	29.3
	3	24.9	24.5	27.3	29.1	26.5
	4	32.7	32.7	32.7	36.5	33.7
22	1	129.5	125.0	127.5	128.4	127.6
	2	132.9	132.5	132.5	143.0	135.2
	3	120.0	117.3	118.2	121.4	119.2
	4	118.9	122.6	110.5	121.2	118.3
23	1	113.3	121.3	116.1	123.1	118.5
	2	122.2	127.5	133.9	132.0	128.9
	3	115.8	116.6	114.9	112.4	114.9
	4	116.5	116.5	125.8	116.7	118.9
31	1	51.2	54.4	50.7	52.8	52.3
	3	49.8	51.9	53.5	50.1	51.3
	5	53.5	55.6	58.7	56.1	56.0
32	1	55.6	61.0	56.0	56.7	57.3
	2	47.6	48.5	53.8	53.2	50.8
	3	50.4	49.7	51.3	49.4	50.2
	4	53.0	54.6	52.8	55.5	54.0
	6	49.3	52.5	49.3	53.1	51.1
33	1	113.5	118.2	112.7	119.1	115.9
	2	124.5	120.0	120.9	120.5	121.5

Los resultados encontrados se compararon con la dureza de los materiales con los que especifica la Asociación de Aluminio que se pueden encontrar en el Anexo "A", aunque los rangos de dureza de las aleaciones de aluminio son muy variados y a la vez también son similares entre sí, de las distintas aleaciones que existen se puede resumir que:

$$19 \leq A1XXX \leq 44$$

$$28 \leq A3XXX \leq 77$$

$$28 \leq A5XXX \leq 100$$

Pero en los resultados que se muestran las durezas parecen coincidir con algunos de los valores, aunque es importante recordar que, todas las piezas estudiadas ya sufrieron un proceso de deformación plástica como el embosado, o el mismo estampado de la pieza, (como se explicó en el capítulo 6 después del proceso de estampado el material sufre una deformación plástica, lo que implica el comienzo del endurecimiento del material) lo que implica un aumento en la dureza al material.

8.5 Composición Química de las piezas

La composición química fue comparada con las composiciones que aplican las Normas internas de la Empresa, y también con las composiciones que se aplican para la Asociación de Aluminio, que se incluyen en los anexos A y B.

Se utilizaron como referencia las especificaciones de la Asociación de Aluminio, pero al igual que la Empresa S, los competidores usan aleaciones muy similares, por lo que estos coinciden con las especificaciones de la Empresa S.

La composición química fue la prueba más crítica para saber qué tipo de aleación están usando los competidores, aunque algunas de las piezas utilizadas coinciden con las especificaciones de la AA, por lo que indica que se usan aleaciones de aluminio, también se encontraron piezas las cuales su mayor composición era de hierro, seguido del aluminio, y el otro material típico utilizado en estas partes es el acero aluminizado, por lo que las piezas que mostraron más hierro en su composición se les hizo un análisis de corte transversal, el cual se especifica en el siguiente capítulo.

En la Tabla 8.5 se muestran los resultados encontrados en el análisis de composición química de las piezas.

Tabla 8.5 Composición química de las piezas (%)

Modelo	Pieza	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
11	1	0.00	0.26	0.02	0.27	1.92	0.06	0.00	0.07	0.02
	2	0.00	0.29	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03
	3	0.00	0.25	0.02	0.40	1.92	0.07	0.00	0.09	0.03
	4	0.00	0.64	0.10	1.06	0.88	0.02	0.01	0.11	0.02
12	1	0.23	0.13	0.06	1.17	1.25	0.02	0.00	0.03	0.00
	2	0.22	0.47	0.10	1.17	1.19	0.04	0.01	0.03	0.02
	3	0.22	0.29	0.05	0.05	—	0.29	0.01	0.01	0.01
	4	0.21	0.28	0.08	0.04	—	0.18	0.01	0.02	0.01
13	1	0.14	0.30	0.02	0.02	—	0.12	0.00	0.00	0.01
	2									
	3	0.07	0.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
	4	0.16	0.36	0.02	0.03	—	0.08	0.00	0.01	0.01
21	1	0.06	0.22	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07
	2	0.09	0.33	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07
	3	0.12	0.24	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
	4	0.09	0.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
22	1	2.16	91.20	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	1.88	0.01
	2	3.24	90.10	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	1.56	0.00
	3	3.24	91.30	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	1.24	0.00
	4	2.16	90.90	0.20	0.02	0.17	0.03	0.02	1.88	0.01
23	1	5.16	81.10	0.15	0.15	1.92	0.54	2.38	1.33	0.02
	2	9.04	82.90	0.06	0.14	0.01	0.23	0.07	1.37	0.01
	3	5.16	81.30	0.15	0.35	1.92	0.54	2.03	1.34	0.00
	4	5.16	80.60	0.14	0.33	1.92	0.54	2.76	1.28	0.00
31	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
32	1	0.08	0.40	0.13	1.14	—	0.01	0.01	0.02	0.02
	2	0.09	0.40	0.14	1.15	—	0.01	0.01	0.02	0.02
	3	0.09	0.38	0.16	1.12	—	0.01	0.01	0.02	0.02
	4	0.08	0.36	0.15	1.19	—	0.01	0.01	0.02	0.02
	6	0.09	0.42	0.32	1.10	—	0.01	0.01	0.02	0.02
33	1	5.11	80.25	0.07	0.12	0.01	0.19	0.05	1.43	0.00
	2	3.12	90.21	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	1.36	0.00

Tabla 8.5 Composición química de las piezas (%)

Modelo	Pieza	Bi	Ca	Na	Pb	Sb	Sn	Sr	Al
11	1	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	97.36
	2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	99.61
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.2
	4	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	97.16
12	1	0.01	0.05	0.01	0.07	0.04	0.02	0.00	97.14
	2	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	95.92
	3	—	—	—	0.00	—	—	—	99.03
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.41
13	1	—	—	—	0.00	—	—	—	99.17
	2	—	—	—	0.00	—	—	—	99.54
	3	—	—	—	0.00	—	—	—	99.54
	4	—	—	—	0.00	—	—	—	99.13
21	1	—	—	—	0.00	—	—	—	99.6
	2	—	—	—	0.01	—	—	—	99.47
	3	—	—	—	0.00	—	—	—	99.55
	4	—	—	—	0.0	—	—	—	99.5
22	1	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	4.03
	2	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	10.12
	3	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	5.26
	4	0.00	0.02	0.01	0.05	0.02	0.03	0.00	4.11
23	1	0.04	0.05	0.00	0.62	0.55	0.03	0.00	7.98
	2	0.00	0.04	0.01	0.06	0.02	0.00	0.00	8.58
	3	0.04	0.05	0.00	0.56	0.55	0.03	0.00	8.12
	4	0.04	0.05	0.00	0.61	0.55	0.04	0.00	9.78
31	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
32	1	—	—	—	0.02	—	—	—	98.17
	2	—	—	—	0.01	—	—	—	98.15
	3	—	—	—	0.02	—	—	—	98.17
	4	—	—	—	0.04	—	—	—	98.12
	6	—	—	—	0.02	—	—	—	97.99
33	1	0.03	0.01	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	12.66
	2	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	4.61

8.6 Corte transversal de las piezas

Después de analizar la composición química se encontraron disimilitudes entre las piezas, la mayoría de éstas contenían un alto porcentaje de aluminio, lo que indica que, son en efecto, aleaciones de aluminio, pero no todas presentaron las mismas características, así que se analizaron para ver la estructura que presentaban en sus capas. Las piezas a las que se le realizó el análisis de corte transversal, presentaron una estructura similar a la representada en la Figura 8.1, en la Tabla 8.6 se incluyen los espesores de las capas encontradas.

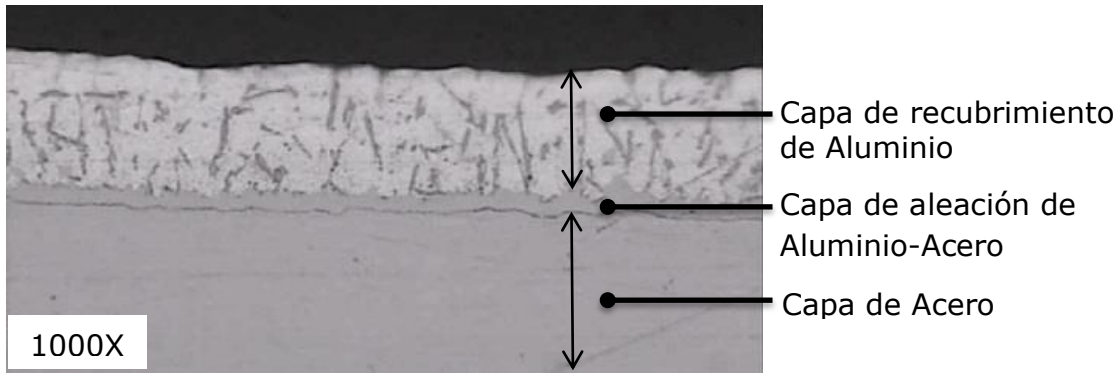


Figura 8.1 Ejemplo análisis de sección transversal de acero aluminizado @1000X. (Fuente: Google).

Tabla 8.6 Espesores de la capa de aluminio en μm de las piezas analizadas (μm)

Modelo	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5	Pieza 6
11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
13	n/a		n/a	n/a	n/a	n/a
21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
22	14.85	38.39	17.38	15.34	n/a	n/a
23	30.43	33.32	31.22	35.14	n/a	n/a
31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
33	40.2	15.57	n/a	n/a	n/a	n/a

Las imágenes fueron tomadas a aumentos de 1000X, para apreciar las distintas capas de las muestras analizadas, los espesores se toman en μm , como se puede ver en los resultados, los espesores tienen distintos rangos, siendo los del modelos 23, los que menos varían entre sí.

8.7 Formabilidad de las piezas

Otro aspecto importante para resaltar, como se mencionó anteriormente es que el material posea un buen rendimiento en su formabilidad, este criterio se evaluó principalmente basándose en la apariencia física, lo profundo del embutido, o si carece de este o si sólo es un ligero aplanado. El criterio asignado es el que se muestra a continuación y en la Tabla 8.6 se muestran los resultados de la evaluación de las formabilidades.

Tabla 8.7.1 Ejemplo del criterio de evaluación de la formabilidad de las piezas.

Criterio	O: Estampado profundo	Δ : Estampado ligero	X: Estampado no profundo
Ejemplo			

NOTA: Las imágenes son ilustrativas, no corresponden a ninguno de los modelos que se incluyen en este estudio. (Fuente: Google).

Tabla 8.7.2 Formabilidad de las piezas

Modelo	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5	Pieza 6
11	O	O	O	Δ	n/a	n/a
12	O	O	Δ	Δ	n/a	n/a
13		O	X	Δ	n/a	n/a
21	O	O	O	X	n/a	n/a
22	O	O	Δ	X	n/a	n/a
23	O	O	X	Δ	n/a	n/a
31	X	n/a	X	n/a	X	n/a
32	X	Δ	X	X	n/a	Δ
33	X	X	n/a	n/a	n/a	n/a

En la tabla se puede apreciar que las distintas piezas estudiadas pueden alcanzar óptimos niveles de formabilidad, el cual depende tanto del material, como del vehículo, ya que en el grupo del modelo 31 y sus competidores, ninguno muestra un nivel profundo de formabilidad, para el resto de los modelos, es más bien una mezcla de formabilidades, lo que indica que más allá del material, lo que determina la forma de las piezas, es el diseño del vehículo y/o el lugar en el que van colocados, ya que para el grupo 11 y sus competidores, así como para el grupo 21 y sus competidores, las primeras dos piezas cuentan con un buen nivel de formabilidad, y para el resto de las piezas son más variados.

8.8 Aleaciones encontradas

Finalmente, después de analizar los resultados obtenidos, principalmente los de composición química (comparados con los Anexos A y B), como se mencionó anteriormente se encontraron que algunos de los modelos analizados contenían en su mayoría aluminio, además de otros elementos, los cuales coinciden con las aleaciones de aluminio de la Asociación de Aluminio, para los resultados de

dureza, estos también coincidían con algunos de los rangos que especifica la AA, y con los resultados de composición química, aquellos que mostraron más hierro en su composición química, pero también contenían un alto porcentaje de aluminio, además de que en los resultados de dureza, estos sobrepasaban a los que mostraban mayor cantidad de aluminio, y con ayuda de la prueba de corte transversal, se detectó que las imágenes obtenidas, coincidían con las imágenes típicas con recubrimiento de aluminio, por lo que a estas pizas se les designó como acero aluminizado; el resto de las piezas fueron agrupados en series de aluminio, en la Tabla 8.8 se muestran las designaciones de las aleaciones encontradas en el estudio.

Tabla 8.8 Aleaciones encontradas en las piezas analizadas

Modelo	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5	Pieza 6
11	A5XXX	A1XXX	A5XXX	A3XXX	n/a	n/a
12	A3XXX	A3XXX	A1XXX	A1XXX	n/a	n/a
13	A1XXX		A1XXX	A1XXX	n/a	n/a
21	A1XXX	A1XXX	A1XXX	A1XXX	n/a	n/a
22	Ac Al	Ac Al	Ac Al	Ac Al	n/a	n/a
23	Ac Al	Ac Al	Ac Al	Ac Al	n/a	n/a
31	A3XXX	n/a	A3XXX	n/a	A3XXX	n/a
32	A3XXX	A3XXX	A3XXX	A3XXX	n/a	A3XXX
33	Ac Al	Ac Al	n/a	n/a	n/a	n/a

Ac Al=Acero Aluminizado

8.9 Resultados del análisis de la propuesta

Con base a con resultados obtenidos se realizó una propuesta, la cual se analizará más a detalle con respecto a las especificaciones del material, y respecto impacto económico de la propuesta.

La propuesta creada es la siguiente:

“Homologar todas las partes, y en lugar de tener distintas aleaciones de distintos espesores, cambiarlas por acero aluminizado de un mismo espesor”.

De acuerdo a las Normas internas de la empresa el acero aluminizado se puede clasificar de acuerdo a su formabilidad y de acuerdo a la cantidad de aluminio en el cobertura, en las siguientes tablas se especifican ambas clasificaciones.

Tabla 8.9. Ventajas y desventajas de la propuesta realizada

Ventajas	Desventajas
El acero tiene mejores propiedades mecánicas, por lo que le da más rigidez a la parte eliminando los problemas de ensamblaje.	Al ser el acero aluminizado, pesa más que el aluminio, por lo que añade peso al vehículo, limitando añadir peso a otras partes.
El acero aluminizado es más barato.	
El acero emite menos contaminantes en su ciclo total de vida.	Inversión en nuevo herramental y pruebas para fabricación del material.
Se homologa el material y el espesor, reduciendo complejidad al proceso de fabricación, por lo que el proveedor ofrece menor costo por tener mayor productividad.	
El acero es más rígido por lo que su proceso de fabricación también se facilita.	
Las piezas de acero aluminizado pueden alcanzar el mismo nivel de formabilidad que las de aluminio, por lo que es una opción viable.	El aluminio cuenta con mejor conductividad térmica que el acero aluminizado.

Análisis de las propiedades específicas de cada material encontrado

Las propiedades de los materiales encontrados fueron comparadas con el material propuesto de acuerdo a lo que especifican las normas internas de la empresa, en las siguientes tablas se muestra la comparación.

Tabla 8.10. Especificaciones de las propiedades de los materiales.

Propiedades	Aleaciones de aluminio			Acero Aluminizado
	1XXX	3XXX	5XXX	
TS (MPa)	60	155	255	270
YP (MPa)	20	60	108	164*
EL (%)	15	14	24	24
Conductividad térmica (W/m*K)	232	163	126	89
Densidad (Kg/m³)	2.705	2.72	2.66	7.87

Comparación de las propiedades de las series de aluminio que se utilizan vs el material propuesto:

Tabla 8.11 Comparación de los materiales actuales vs el propuesto.

Actual	Propuesto	TS	YP	EL	Conductividad Térmica	Densidad (relación)
1XXX	Acero Aluminizado	350%	718%	60%	-62%	2.90
3XXX		74%	173%	71%	-45%	2.89
5XXX		6%	51%	0%	-29%	2.95

Análisis de comparación de propiedades

La situación más crítica es para los componentes que estén fabricados con aleaciones de las series 1XXX, como se mencionó en el capítulo 6 el YP representa el punto de inflexión, para la deformación plástica, lo que significa, como se había plantado en las desventajas, será necesario la adquisición de un nuevo herramental para la fabricación de las piezas con este nuevo material, para que se alcance la forma necesaria de las piezas, la otra propiedad que se ve deteriorada es la conductividad térmica, la cual es un parámetro importante en esta pieza, será necesario evaluar y comparar si es que está cumple con las Normas internas de la Empresa, pero al ver que otros 3 competidores la están usando, esto da un indicio de que cumple con sus parámetros.

Pero como se muestra en la tabla 8.7.2, la formabilidad que presentan las piezas que utilizan acero aluminizado es similar a la formabilidad que tienen el resto de las series estudiadas, por lo que aun con el cambio de las propiedades mecánicas, será posible conseguir la óptima fabricación de las piezas.

Para las otras dos aleaciones usadas, no se muestra una afectación tan notoria, como lo es para las series 1XXX, incluso para las series 5XXX la variación es muy poca y en el caso de la elongación es Nula, por lo que, para esas piezas sería menor el impacto que representa el cambio de material propuesto.

Es importante recalcar que incluso con la necesidad de invertir en nuevo herramental, la complejidad del proceso de fabricación se verá reducida, ya que se utilizará una misma aleación para todas las piezas y de un mismo espesor, por lo que se podría aprovechar los desechos de algunas partes además de eliminar el proceso de embosado, ya que el acero aluminizado cuenta con la suficiente rigidez y no es necesario añadir un proceso extra para conseguirla.

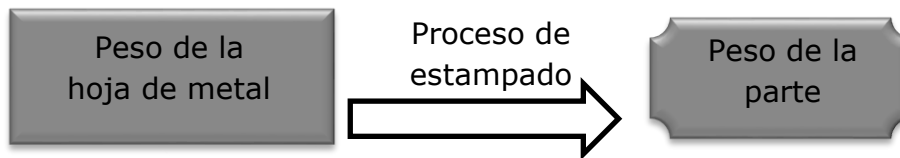
Análisis de costos

El acero (**\$1.35USD**) tiene un precio casi 3 (~2.7) veces menor al del aluminio (**\$3.64USD**), pero se tienen que considerar distintos aspectos como la densidad del acero que tiene al menos la misma relación (3 veces más denso que el aluminio), es por ello que la propuesta tiene incluido la reducción de espesor, en la siguiente tala se exponen los vehículos a de la empresa a los que se aplicaría esta propuesta, así el total de ahorro que representaría el cambio a acero aluminizado en las piezas.

En la Tabla 8.12, se muestra el ahorro únicamente expresado, por ahorro de cada una de las partes y considerando el volumen de vehículos vendidos en promedio anualmente. Para estimar el peso de la parte con el material propuesto, se multiplicó el peso actual de la parte por la relación de densidades de cada una de las aleaciones, incluidas en la tabla 8.11, y este resultado se dividió entre el espesor actual y se multiplicó con el propuesto, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso actual de la parte} * \text{Relación de desidad}}{\text{Espesor actual}} * \text{Espesor propuesto}$$

En la tabla se muestran las especificaciones de las partes tal como se tienen en los órdenes de compra, el peso que se muestra es el peso de la hoja de metal de que se usa para fabricar la parte, no el peso final de la pieza. A continuación se muestra un esquema general de la fabricación de la pieza.



La utilización de un nuevo material propuesto, también implica un cambio de proveedor, ya que como se expuso anteriormente, los procesos de fabricación de ambos materiales son distintos y se llevan a cabo en diferentes partes, y lo mismo aplica para el estampado de los materiales, pero como en una menor proporción la Empresa "S" afortunadamente utiliza en una menor proporción el acero aluminizado, que es el material propuesto, no hará necesidad de invertir en la evaluación de un nuevo proveedor, además de que este se encuentra instalado en el país, ayudando a no incrementar los costos de logística.

Tabla 8.12 Estudio de la viabilidad económica del cambio propuesto (Actual: Aluminio, Propuesto: Acero aluminizado).

Modelo	Pieza	Actual			Propuesto			Ahorro		
		Precio de la materia prima (USD)	Espesor (mm)	Peso de la parte (Kg)	Precio de la materia prima (USD)	Espesor (mm)	Peso estimado de la parte (Kg)	Ahorro por parte (USD)	Unidades vendidas por año	Ahorro total (USD)
Modelo 1	Pieza 1	\$ 4.01	0.60	0.8200	\$ 1.35	0.35	1.4111	\$1.38	290,000	\$ 401,543
	Pieza 2	\$ 3.64	0.40	0.5070	\$ 1.35	0.35	1.2865	\$0.11	290,000	\$ 30,917
	Pieza 3	\$ 4.01	1.60	0.6340	\$ 1.35	0.35	0.4008	\$1.44	290,000	\$ 417,244
	Pieza 4	\$ 3.64	0.50	0.4043	\$ 1.35	0.35	0.8179	\$0.37	290,000	\$ 106,091
Modelo 2	Pieza 1	\$ 3.64	0.55	0.7263	\$ 1.35	0.35	1.3403	\$0.83	211,000	\$ 175,395
	Pieza 2	\$ 3.64	0.50	0.5378	\$ 1.35	0.35	1.0917	\$0.48	211,000	\$ 101,606
	Pieza 3	\$ 3.64	0.55	0.9087	\$ 1.35	0.35	1.6770	\$1.04	211,000	\$ 219,448
	Pieza 4	\$ 3.64	0.60	0.1565	\$ 1.35	0.35	0.2647	\$0.21	211,000	\$ 44,650
Modelo 3	Pieza 1	\$ 3.64	0.50	0.1859	\$ 1.35	0.35	0.3761	\$0.17	100,000	\$ 16,821
	Pieza 3	\$ 3.64	0.50	0.2305	\$ 1.35	0.35	0.4663	\$0.21	100,000	\$ 20,857
	Pieza 5	\$ 3.64	0.80	0.1521	\$ 1.35	0.35	0.1923	\$0.29	100,000	\$ 29,340
Modelo 4	Pieza 1	\$ 3.64	0.50	0.7263	\$ 1.35	0.35	1.4743	\$0.65	52,000	\$ 33,816
	Pieza 2	\$ 3.64	0.35	0.3255	\$ 1.35	0.35	0.9440	-\$0.09	52,000	-\$ 4,724
	Pieza 3	\$ 3.64	0.50	0.9087	\$ 1.35	0.35	1.8447	\$0.81	52,000	\$ 42,310
	Pieza 4	\$ 3.64	0.35	0.1622	\$ 1.35	0.35	0.4704	-\$0.05	52,000	-\$ 2,354
Modelo 5	Pieza 1	\$ 3.64	0.50	0.7263	\$ 1.35	0.35	1.4743	\$0.65	52,000	\$ 33,816
	Pieza 2	\$ 3.64	0.50	0.5378	\$ 1.35	0.35	1.0917	\$0.48	52,000	\$ 25,040
	Pieza 3	\$ 3.64	0.50	0.9087	\$ 1.35	0.35	1.8447	\$0.81	52,000	\$ 42,310
	Pieza 4	\$ 3.64	0.50	0.1820	\$ 1.35	0.35	0.3695	\$0.16	52,000	\$ 8,474
Modelo 6	Pieza 1	\$ 3.64	0.50	0.7977	\$ 1.35	0.35	1.6137	\$0.72	44,000	\$ 31,758
	Pieza 2	\$ 3.64	0.60	0.7791	\$ 1.35	0.35	1.3180	\$1.05	44,000	\$ 46,352
	Pieza 3	\$ 3.64	0.50	0.5188	\$ 1.35	0.35	1.0496	\$0.47	44,000	\$ 20,656
	Pieza 4	\$ 3.64	0.35	0.2856	\$ 1.35	0.35	0.8283	-\$0.08	44,000	-\$ 3,507
Modelo 7	Pieza 1	\$ 3.64	0.50	0.7241	\$ 1.35	0.35	1.4649	\$0.66	50,000	\$ 32,760
	Pieza 2	\$ 3.64	0.50	0.0806	\$ 1.35	0.35	0.1636	\$0.07	50,000	\$ 3,608
	Pieza 3	\$ 3.64	0.50	0.7228	\$ 1.35	0.35	1.4622	\$0.65	50,000	\$ 32,701
	Pieza 4	\$ 3.64	0.50	0.3425	\$ 1.35	0.35	0.6953	\$0.31	50,000	\$ 15,334
Modelo 8	Pieza 1	\$ 3.64	0.50	0.0507	\$ 1.35	0.35	0.1026	\$0.05	50,000	\$ 2,294
	Pieza 3	\$ 3.64	0.50	0.5369	\$ 1.35	0.35	1.0861	\$0.49	50,000	\$ 24,291
Modelo 9	Pieza 1	\$ 3.64	0.50	0.7280	\$ 1.35	0.35	1.4727	\$0.66	50,000	\$ 32,937
	Pieza 2	\$ 3.64	0.50	0.3425	\$ 1.35	0.35	0.6953	\$0.31	50,000	\$ 15,334
	Pieza 3	\$ 3.64	0.50	0.4875	\$ 1.35	0.35	0.9862	\$0.44	50,000	\$ 22,056
	Pieza 4	\$ 3.64	0.50	0.0806	\$ 1.35	0.35	0.1636	\$0.07	50,000	\$ 3,608
\$2,022,782										

Al aplicar esta propuesta a todos los modelos que fabrica la Empresa "S" en México, hay un ahorro anual de más de 2 MDD, aunque, al realizar un cambio de material, se necesita la inversión en distintos ámbitos, como el nuevo herramental, para la fabricación de las piezas, compra de material para comprobar el rendimiento de este nuevo herramental, las inversiones que se realicen para llevar a cabo este cambio, deben ser redituables en al menos 5 años. La inversión del herramental y el material para las pruebas no representan más allá del 5% del ahorro anual, además de que los proveedores de las partes ofrecen reducción de costos, por reducción de complejidad en el proceso de manufactura, por lo que la propuesta de homologar el material y los espesores de las piezas, representa una buena oportunidad de mejoramiento del material y la reducción de costos para la Empresa para la que se llevó a cabo el estudio.

9. CONCLUSIONES

Cómo se explicó el principal propósito de este trabajo de investigación fue el comparar los materiales usados por los competidores de la empresa y si era factible, realizar una propuesta de cambio, que condujera al mejoramiento del material utilizado en las piezas.

En primer lugar se evalúa el uso del marketing como herramienta para este estudio, de los cuatro enfoques que tiene el marketing, en este estudio se abordó un, que fue el producto que ofrece la compañía. Comparando el trabajo con lo que hizo GE se implementaron dos de los elementos clave, en un equipo de marketing el influenciador y el integrador.

1. Los elementos clave del marketing

Como se mencionó en el segundo capítulo el influenciador es aquel que va en busca de nuevas y mejores formas de hacer las cosas, el proponer un cambio de material para estas partes es todo un desafío para implementar en futuros modelos, y se propuso este cambio como una forma mejorar las piezas. El integrador es aquel que crea conexiones entre las distintas áreas, se plantea la participación de este personaje, ya que para integrar todos los datos presentados se contó con la colaboración de distintas áreas de la empresa, como aquella que realizó las encuestas, el área de laboratorio para realizar las pruebas, el área de compras para obtener la información del costo de las piezas, el área de ingeniería para obtener las distintas especificaciones de los materiales, incluso el contacto con los proveedores para tener información de las características de las piezas y sus distintos procesos, toda esa labor de integración de información y colaboración con las distintas áreas se necesitaron para poder completar este estudio, y el lograr persuadir a las distintas áreas fue todo un reto que se cumplió con éxito.

2. El Benchmarking como estrategia de mercado

El Benchmark que se realizó en este estudio fue de orden competitivo, ya que se estaban comparando los componentes con los oponentes directos, gracias a la integración de otros elementos del marketing como la investigación de mercado y la evaluación de los consumidores, fue posible encontrar los competidores que representaban un mejor punto de referencia para la empresa y poder hacer un estudio más certero ya que se tenían a los competidores correctos. Aunque como se mencionó anteriormente, en efecto realizar un proceso de Benchmark representa un alto costo de inversión, desde la inversión para realizar las encuestas, adquirir los vehículos, realizar las pruebas, analizar los datos y claro el requerimiento de personal para llevar a cabo todas estas funciones.

3. La industria automotriz y las oportunidades de mercado

En el mundo esta es una de las industrias más importantes en el Mercado, y para México también lo es, en los últimos años ha tenido un crecimiento bastante satisfactorio y se planea que continúe así, por lo tanto es un ramo en el que vale la pena hacer investigación para mejorar la calidad de los productos, ya que la fabricación de un vehículo implica la utilización de diversos componentes, componentes que pueden mejorarse desde distintos enfoques, a la industria automotriz la acompañan otras diversas industrias internacionales y locales, las cuales son importantes desarrollar para la creación de empleos en el país, con la utilización del nuevo material propuesto, se abre la posibilidad de utilizar un proveedor de primer nivel que se encuentra ubicado en México, por lo que es una oportunidad de Mercado para el desarrollo de este distribuidor y de la logística.

4. Efectividad de las pruebas realizadas

Los aspectos que se evaluaron ayudaron a la realización de la propuesta.

El espesor que usan los competidores fue de ayuda para poder proponer una reducción en el espesor de las piezas actuales, propuesta que ayudo a reducir el peso de las piezas, por ende el precio del material, logrando así la reducción de costos del material y por reducción de complejidad de proceso de fabricación, ya que al ser un sólo material, y un único espesor, no se pierden tiempos lo que se traduce a mayor producción en menos tiempo, y la utilización de menos horas hombre.

El peso de las piezas también ayudó a concluir que aquellas partes que tenían un tamaño y espesor similar que el resto de las piezas, pero mostraban pesos de casi tres veces más, utilizaban un material distinto y más denso, que en este caso el material encontrado fue el acero aluminizado. Lo mismo sucedió con la dureza, las piezas que demostraron más dureza, son las mismas que utilizan acero aluminizado y no aluminio, ya que las piezas de aluminio no sobrepasaban los 100Hv.

La prueba más importante fue la Composición química, ya que en esta se estimó el porcentaje de cada uno de los elementos presentes en los componentes, y al compararlas con las especificaciones de la AA, coincidían con las especificaciones de las aleaciones planteadas, aquellas que no coincidían con ninguna de estas aleaciones, pero presentaban un mayor porcentaje de hierro y en menor proporción aluminio, se concluyó que eran piezas fabricadas de acero aluminizado, ya que también es un material comúnmente utilizado en estas partes.

El corte transversal fue utilizado para la confirmación de la estructura típica de un acero aluminizado y para la contabilización de los espesores, ayudando así a

proponer el mayor espesor posible para la idea propuesta, para alcanzar el rendimiento usado por los competidores.

Por último también se evaluó la formabilidad de las partes, esta evaluación determinó que aun usando un material distinto al actual, se pueden lograr las profundidades actuales de las partes, aunque para lograr esto se necesitará de la inversión de un nuevo herramental.

5. Evaluación de la viabilidad técnica y económica

Por último se presenta la conclusión de acuerdo a lo que se planteó en un inicio, el estudio se realizó en busca de alguna oportunidad de cambio de material, con el que en primera instancia se pudiera añadir valor a las partes que estamos analizando, añadir valor las partes significa aumentar su rendimiento en alguno de sus aspectos, algunas de las ideas para añadir valor a los componentes que se propusieron fueron las siguientes:

- Mejorar las propiedades del material actual
- Mejorar el proceso de fabricación y/o ensamblaje de los componentes
- Relacionar la idea propuesta con reducción de costos.

A continuación se plantea cada una de las variables que se consideraron para concluir que la idea propone un buen cambio.

	Desventajas	Ventajas
Costo	Este cambio representa en un inicio una primera inversión, en el herramental, y en el material para realizar las pruebas, estos dos primeros aspectos no van más allá del 5% del ahorro estimado, por lo que es recuperable en el siguiente año. Adicionalmente se necesitaran más pruebas para corroborar el desempeño del material una vez que sea implementado en el vehículo, pero no representan un gasto más allá del que se pueda recuperar en 5 años, que es el máximo que establece la empresa.	El material propuesto es más barato que el actual, por lo que representa un importante ahorro anual, si es que se aplica a todas las partes y a todos los vehículos que fabrica la empresa actualmente en México
Transferencia de calor	Esta propiedad se ve afectada principalmente por	Con la utilización de un mayor espesor en la capa de

	<p>aquellos componentes que utilizan las series 1XXX, aunque esta afectación se va reduciendo para las otras series.</p>	<p>aluminio, el desempeño en la transferencia de calor de este material se puede mejorar. Están en constante desarrollo distintos materiales para disminuir las temperaturas en el sistema de escape.</p>
Propiedades mecánicas	<p>Al igual que la transferencia de calor las más afectadas son aquellas partes que utilizan las series 1XXX, por lo que se tendría que plantear el cambio de proveedor o el cambio de herramental del proveedor actual, aunque para las series 5XXX las propiedades se ven muy poco o nulamente afectadas por este cambio.</p>	<p>Al implementar este material, los problemas en el proceso de ensamblaje se reducirían considerablemente, ya que al mejorar las propiedades mecánicas del material, este deja de ser quebradizo y produce menos ruido.</p>
Diseño	<p>Al hacer un cambio de material, es muy probable tener que realizar cambios en el diseño actual de las partes.</p>	<p>Anteriormente, la empresa ya ha realizado esta misma sustitución de material en esta misma parte (Aluminio por acero aluminizado) dando resultados positivos.</p>
Peso	<p>El material propuesto es más denso que el actual, por ende añade peso al vehículo.</p>	<p>Gracias a que la propuesta va acompañada de una reducción de espesor el material, el peso no aumenta lo que aumenta la densidad del material.</p>
Cuestiones Ambientales	<p>El aluminio al ser un material más ligero, reduce la emisión de contaminantes, ya que disminuye la quema de combustibles durante su uso.</p>	<p>Si se analiza la vida total del vehículo el acero resulta ser quién menos produce emisiones CO₂ al ambiente, convirtiéndolo en un material más amigable con el medio ambiente.</p>

Al hacer el análisis profundo de estas variables, los mayores impedimentos serían el aumento de peso y el deterioro en la transferencia de calor del material, pero se logra añadir valor en otros aspectos que también son importantes, como el costo, propiedades mecánicas, y en cuestiones ambientales

10. ANEXOS

Anexo A

Tabla de Propiedades Mecánicas según la Asociación de Aluminio (AA).

ALLOY AND TEMPER	TENSION				HARDNESS	SHEAR	FATIGUE	MODULUS
	STRENGTH MPa		ELONGATION percent		BRINELL NUMBER 500 kgf load 10 mm ball	ULTIMATE SHEARING STRENGTH MPa	ENDURANCE LIMIT ① MPa	MODULUS ④ OF ELASTICITY MPa × 10 ³
	ULTIMATE	YIELD	in 50 mm	in 5D				
1.60 mm Thick Specimen			12.5 mm Diameter Specimen					
1060-O	70	30	43	..	19	50	20	69
1060-H12	85	75	16	..	23	55	30	69
1060-H14	100	90	12	..	26	60	35	69
1060-H16	115	105	8	..	30	70	45	69
1060-H18	130	125	6	..	35	75	45	69
1100-O	90	35	35	42	23	60	35	69
1100-H12	110	105	12	22	28	70	40	69
1100-H14	125	115	9	18	32	75	50	69
1100-H16	145	140	6	15	38	85	60	69
1100-H18	165	150	5	13	44	90	60	69
1350-O	85	30	..	..⑥	..	55	..	69
1350-H12	95	85	..	..	..	60	..	69
1350-H14	110	95	..	..	..	70	..	69
1350-H16	125	110	..	..	..	75	..	69
1350-H18	185	165	..	..⑥	..	105	50	69
2011-T3	380	295	..	13	95	220	125	70
2011-T8	405	310	..	10	100	240	125	70
2014-O	185	95	..	16	45	125	90	73
2014-T4, T451	425	290	..	18	105	260	140	73
2014-T6, T651	485	415	..	11	135	290	125	73
Alclad 2014-O	170	70	21	..	..	125	..	73
Alclad 2014-T3	435	275	20	..	..	255	..	73
Alclad 2014-T4, T451	421	255	22	..	..	255	..	73
Alclad 2014-T6, T651	470	415	10	..	..	285	..	73
2017-O	180	70	..	20	45	125	90	73
2017-T4, T451	425	275	..	20	105	260	125	73
2018-T61	420	315	..	10	120	270	115	74
2024-O	185	75	20	20	47	125	90	73
2024-T3	485	345	18	..	120	285	140	73
2024-T4, T351	472	325	20	17	120	285	140	73
2024-T361 ①	495	395	13	..	130	290	125	73
Alclad 2024-O	180	75	20	..	..	125	..	73
Alclad 2024-T3	450	310	18	..	..	275	..	73
Alclad 2024-T4, T351	440	290	19	..	..	275	..	73
Alclad 2024-T361 ①	460	365	11	..	..	285	..	73
Alclad 2024-T81, T851	450	415	6	..	..	275	..	73
Alclad 2024-T861 ①	485	455	6	..	..	290	..	73
2025-T6	400	255	..	17	110	240	125	72
2036-T4	340	195	24	..	..	205	125 ①	71
2117-T4	295	165	..	24	70	195	95	71
2124-T851	485	440	..	8	..	..	..	73
2218-T72	330	255	..	9	95	205	..	74
2219-O	170	75	18	..	..	..	..	73
2219-T42	360	185	20	..	..	..	..	73
2219-T31, T351	360	250	17	..	..	..	..	73
2219-T37	395	315	11	..	..	..	..	73
2219-T62	415	290	10	..	..	..	105	73
2219-T81, T851	455	350	10	..	..	..	105	73
2219-T87	475	395	10	..	..	..	105	73
2618-T61	440	370	..	10	115	260	90	73
3003-O	110	40	30	37	28	75	50	69
3003-H12	130	125	10	18	35	85	55	69
3003-H14	150	145	8	14	40	95	60	69
3003-H16	175	170	5	12	47	105	70	69
3003-H18	200	185	4	9	55	110	70	69

Anexo A

Tabla de Propiedades Mecánicas según la Asociación de Aluminio (AA).

ALLOY AND TEMPER	TENSION				HARDNESS	SHEAR	FATIGUE	MODULUS
	STRENGTH MPa		ELONGATION percent		BRINELL NUMBER 500 kgf load 10 mm ball	ULTIMATE SHEARING STRENGTH MPa	ENDURANCE LIMIT ③ MPa	MODULUS ④ OF ELASTICITY MPa × 10 ³
	ULTIMATE	YIELD	in 50 mm	in 5D				
1.60 mm Thick Specimen			12.5 mm Diameter Specimen					
Alclad 3003-O	110	40	30	37	..	75	..	69
Alclad 3003-H12	130	125	10	18	..	85	..	69

Anexo A

Tabla de Propiedades Mecánicas según la Asociación de Aluminio (AA).

ALLOY AND TEMPER	TENSION				HARDNESS	SHEAR	FATIGUE	MODULUS
	STRENGTH MPa		ELONGATION percent		BRINELL NUMBER	ULTIMATE SHEARING STRENGTH MPa	ENDURANCE ^③ LIMIT MPa	MODULUS ^④ OF ELASTICITY MPa × 10 ³
	ULTIMATE	YIELD	in 5D					
			1.60 mm Thick Specimen	12.5 mm Diameter Specimen	500 kgf load 10 mm ball			
5154-O	240	115	27	..	58	150	115	70
5154-H32	270	205	15	..	67	150	125	70
5154-H34	290	230	13	..	73	165	130	70
5154-H36	310	250	12	..	78	180	140	70
5154-H38	330	270	10	..	80	195	145	70
5154-H112	240	115	25	..	63	..	115	70
5252-H25	235	170	11	..	68	145	..	69
5252-H38, H28	285	240	5	..	75	160	..	69
5254-O	240	115	27	..	58	150	115	70
5254-H32	270	205	15	..	67	150	125	70
5254-H34	290	230	13	..	73	165	130	70
5254-H36	310	250	12	..	78	180	140	70
5254-H38	330	270	10	..	80	195	145	70
5254-H112	240	115	25	..	63	..	115	70
5454-O	250	115	22	..	62	160	..	70
5454-H32	275	205	10	..	73	165	..	70
5454-H34	305	240	10	..	81	180	..	70
5454-H111	260	180	14	..	70	160	..	70
5454-H112	250	125	18	..	62	160	..	70
5456-O	310	160	..	22	..	..	..	71
5456-H32 ^⑩	350	255	..	14	90	205	..	71
5456-H112	310	165	..	20	..	..	..	71
5456-H116 ^⑩	350	255	..	14	90	205	..	71
5456-H321 ^⑩	350	255	..	14	90	205	..	71
5457-O	130	50	22	..	32	85	..	69
5457-H25	180	160	12	..	48	110	..	69
5457-H38, H28	205	185	6	..	55	125	..	69
5657-H25	160	140	12	..	40	95	..	69
5657-H38, H28	195	165	7	..	50	105	..	69
6005A-T1	..	..	..	..	..	..	..	..
6005A-T5	290	260	10	..	90	..	95	..
6005A-T61	310	275	12	..	95	205	95	69
6061-O	125	55	25	27	30	85	60	69
6061-T4, T451	240	145	22	22	65	165	95	69
6061-T6, T651	310	275	12	15	95	205	95	69
Alclad 6061-O	115	50	25	..	..	75	..	69
Alclad 6061-T4, T451	230	130	22	..	..	150	..	69
Alclad 6061-T6, T651	290	255	12	..	..	185	..	69
6063-O	90	50	..	..	25	70	55	69
6063-T1	150	90	20	..	42	95	60	69
6063-T4	170	90	22	..	..	..	..	69
6063-T5	185	145	12	..	60	115	70	69
6063-T6	240	215	12	..	73	150	70	69
6063-T83	255	240	9	..	82	150	..	69
6063-T831	205	185	10	..	70	125	..	69
6063-T832	290	270	12	..	95	185	..	69
6066-O	150	85	..	16	43	95	..	69
6066-T4, T451	360	205	..	16	90	200	..	69
6066-T6, T651	395	360	..	10	120	235	110	69
6070-T6	380	350	10	..	..	235	95	69
6082-T6, T6511	340	315	12	14	95	215	95	69
6101-T6	220	195	15 ^④	..	71	140	..	69
6262-T9	400	380	..	9	120	240	90	69
6351-T4	250	150	20	..	..	..	..	69
6351-T6	310	285	14	..	95	200	90	69
6360-T5	185	145	12	..	60	115	70	69
6360-T6	240	215	12	..	73	150	70	69

Anexo B

Tabla de composición química según la Asociación de Aluminio

AA DESIGNATION	SILICON	IRON	COPPER	MANGANESE	MAGNESIUM	CHROMIUM	NICKEL	ZINC	TITANIUM	OTHERS (2)		ALUMINUM Min.
										Each (2)	Total (2)	
1050	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	..	..	0.05	0.03	0.03 (3)	..	99.50 (4)
1060	0.25	0.35	0.05	0.03	0.03	..	..	0.05	0.03	0.03 (3)	..	99.60 (4)
1100	0.95 Si + Fe	..	0.05-0.20	0.05	..	..	..	0.10	..	0.05 (3)	0.15	99.00 (4)
1145 (8)	0.55 Si + Fe	..	0.05	0.05	0.05	..	..	0.05	0.03	0.03 (3)	..	99.45 (4)
1200	1.00 Si + Fe	..	0.05	0.05	..	..	..	0.10	0.05	0.05 (3)	0.15	99.00 (4)
1230 (7)	0.70 Si + Fe	..	0.10	0.05	0.05	..	..	0.10	0.03	0.03 (3)	..	99.30 (4)
1235	0.65 Si + Fe	..	0.05	0.05	0.05	..	..	0.10	0.06	0.03 (3)	..	99.35 (4)
1345	0.30	0.40	0.10	0.05	0.05	..	..	0.05	0.03	0.03 (3)	..	99.45 (4)
1350 (8)	0.10	0.40	0.05	0.01	..	0.01	..	0.05	..	0.03 (3)	0.10	99.50 (4)
2011	0.40	0.7	5.0-6.0	..	..	..	..	0.30	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
2014	0.50-1.2	0.7	3.9-5.0	0.40-1.2	0.20-0.8	0.10	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
2017	0.20-0.8	0.7	3.5-4.5	0.40-1.0	0.40-0.8	0.10	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
2018	0.9	1.0	3.5-4.5	0.20	0.45-0.9	0.10	1.7-2.3	0.25	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
2024	0.50	0.50	3.8-4.9	0.30-0.9	1.2-1.8	0.10	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
2025	0.50-1.2	1.0	3.9-5.0	0.40-1.2	0.05	0.10	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
2036	0.50	0.50	2.2-3.0	0.10-0.40	0.30-0.6	0.10	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
2117	0.8	0.7	2.2-3.0	0.20	0.20-0.50	0.10	..	0.25	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
2124	0.20	0.30	3.8-4.9	0.30-0.9	1.2-1.8	0.10	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
2218	0.9	1.0	3.5-4.5	0.20	1.2-1.8	0.10	1.7-2.3	0.25	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
2219	0.20	0.30	5.8-6.8	0.20-0.40	0.02	..	..	0.10	0.02-0.10	0.05 (3)	0.15	Remainder
2319	0.20	0.30	5.8-6.8	0.20-0.40	0.02	..	..	0.10	0.10-0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
2618	0.10-0.25	0.9-1.3	1.9-2.7	..	1.3-1.8	..	0.9-1.2	0.10	0.04-0.10	0.05 (3)	0.15	Remainder
3003	0.6	0.7	0.05-0.20	1.0-1.5	..	..	..	0.10	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
3004	0.30	0.7	0.25	1.0-1.5	0.8-1.3	..	..	0.25	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
3005	0.6	0.7	0.30	1.0-1.5	0.20-0.6	0.10	..	0.25	0.10	0.05 (3)	0.15	Remainder
3105	0.6	0.7	0.30	0.30-0.8	0.20-0.8	0.20	..	0.40	0.10	0.05 (3)	0.15	Remainder
4032	11.0-13.5	1.0	0.50-1.3	..	0.8-1.3	0.10	0.50-1.3	0.25	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
4043	4.5-6.0	0.8	0.30	0.05	0.05	..	..	0.10	0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
4045 (11)	9.0-11.0	0.8	0.30	0.05	0.05	..	..	0.10	0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
4047 (11)	11.0-13.0	0.8	0.30	0.15	0.10	..	..	0.20	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
4145 (11)	9.3-10.7	0.8	3.3-4.7	0.15	0.15	0.15	..	0.20	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
4343 (11)	6.8-8.2	0.8	0.25	0.10	..	..	..	0.20	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
4643	3.4-4.6	0.8	0.10	0.05	0.10-0.30	..	..	0.10	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
5005	0.30	0.7	0.20	0.20	0.50-1.1	0.10	..	0.25	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
5050	0.40	0.7	0.20	0.10	1.1-1.8	0.10	..	0.25	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2-2.8	0.15-0.35	..	0.10	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
5056	0.30	0.40	0.10	0.05-0.20	4.5-5.6	0.05-0.20	..	0.10	..	0.05 (3)	0.15	Remainder
5083	0.40	0.40	0.10	0.40-1.0	4.0-4.9	0.05-0.25	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
5086	0.40	0.50	0.10	0.20-0.7	3.5-4.5	0.05-0.25	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
5154	0.25	0.40	0.10	0.10	3.1-3.9	0.15-0.35	..	0.20	0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
5183	0.40	0.40	0.10	0.50-1.0	4.3-5.2	0.05-0.25	..	0.25	0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
5252	0.08	0.10	0.10	0.10	2.2-2.8	..	..	0.05	..	0.03 (3)	0.10	Remainder
5254	0.45 Si + Fe	..	0.05	0.01	3.1-3.9	0.15-0.35	..	0.20	0.05	0.05 (3)	0.15	Remainder
5356	0.25	0.40	0.10	0.05-0.20	4.5-5.5	0.05-0.20	..	0.10	0.06-0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
5454	0.25	0.40	0.10	0.50-1.0	2.4-3.0	0.05-0.20	..	0.25	0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
5456	0.25	0.40	0.10	0.50-1.0	4.7-5.5	0.05-0.20	..	0.25	0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
5457	0.08	0.10	0.20	0.15-0.45	0.8-1.2	..	..	0.05	..	0.03 (3)	0.10	Remainder
5554	0.25	0.40	0.10	0.50-1.0	2.4-3.0	0.05-0.20	..	0.25	0.05-0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
5556	0.25	0.40	0.10	0.50-1.0	4.7-5.5	0.05-0.20	..	0.25	0.05-0.20	0.05 (3)	0.15	Remainder
5654	0.45 Si + Fe	..	0.05	0.01	3.1-3.9	0.15-0.35	..	0.20	0.05-0.15	0.05 (3)	0.15	Remainder
5657	0.08	0.10	0.10	0.03	0.6-1.0	..	..	0.05	..	0.02 (3)	0.05	Remainder

11. REFERENCIAS

1. A2Mac1 Automotive Benchmarking [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.a2mac1.com/home/loginpage/Default.asp>
2. A2Mac1 Automotive Benchmarking [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/1313777/>
3. AK Steel, "Acero Aluminizado", Consultado el 25 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.aksteel.es/1-productos/4-chapa-en-acero-aluminizado/0-acero-aluminizado-de-tipo-1.html>
4. "Aluminio", 2008, [Vídeo], Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=CGDV_v-aiRU
5. "Altin K. et al., 2013, ""We All Make The Games"", Marketing Society Awards of Excellence. Consultado el 05 de Junio de 2017. Disponible en: <https://www.marketingsociety.com/sites/default/files/thelibrary/WINNER%20McDonald%27s%20We%20all%20make%20the%20Games.pdf>
6. Audacia Comunicación, "ARZYZ invirtió 50 millones de dólares en innovadores sistemas de reciclaje en Aluminio", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.audacia.com.mx/wpac/audacia/arzyz-invirtio-50-millones-de-dolares-en-innovadores-sistemas-de-reciclaje-de-aluminio-en-mexico/>
7. Benchmarking Data & Research, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/2616212/>
8. Beth Comstock et al., 2010, "Unleashing the Power of Marketing", Harvard Business Review, 88, no. 10, 90-98.
9. Callocondo E. et al., 2010, "Benchmarking". Consultado el 11 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/94936405/EL-BENCHMARKING>
10. Camp R., 2003, "Best Practice Benchmarking: the Path to Excellence", Global Benchmarking Review. Consultado el 11 de Agosto de 2017. Disponible en: http://www.globalbenchmarking.org/fileadmin/user_upload/GBN/PDF/members/camp_best_practice_benchmarking_the_path_to_excellence.pdf
11. CEM Benchmarking Inc, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/9105253/>
12. Chemical Industry Benchmarking, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/1613492/>
13. Course Hero, "13 Benchmarking process steps Xeror", University of Michigan. Consultado el 13 de Agosto de 2017. Disponible en:

- <https://www.coursehero.com/file/p5tgvuj/13-Benchmarking-Process-Steps-Xerox-1-Identify-what-is-to-be-benchmarked-2/>
14. CVG Venalum, 2011, "Celdas ed Producción de Aluminio", [Vídeo], Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=yIFpXehXWf8>
 15. "Definición de Benchmarking", Consultado el 28 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://debitoor.es/glosario/definicion-de-benchmarking>
 16. Discovery Channel, 2008, "Como se hacen las hojas de Aluminio, [Vídeo], Consultado el 04 de Octubre de 2017. Diponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=QVxk2qZ9wbo>
 17. Duro S., 2017, "Benchmarking: Cómo mejora tu estrategia de Marketing", Inbound Cycle, Consultado el 21 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.inboundcycle.com/blog-de-inbound-marketing/benchmarking-y-estrategia-marketing>
 18. Dynamic Benchmarking, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.dynamicbenchmarking.com/benchmarking-101/why-benchmarking>
 19. Dynamic Benchmarking, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.dynamicbenchmarking.com/clients/ambulatory-surgery-center-association>
 20. Dynamic Benchmarking, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/1159673/>
 21. Expertos en Marca, "Historia de Marca: Pepsi, la marca que Coca Cola se negó a comprar. Consultado el 13 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.expertosenmarca.com/historia-de-marca-pepsi-la-marca-que-coca-cola-se-nego-a-comprar/>
 22. "Ejemplos de empresas que aplican el JIT", 2013. Consultado el 11 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://justoatiempojit.blogspot.mx/2013/09/ejemplos-de-empresas-que-aplican-el.html>
 23. "El reciclado del Aluminio y la ecología", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <https://sites.google.com/site/diecastingalndmg/reciclado>
 24. "Ensayo de Materiales", Consultado el 25 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/ENSAYOS%20DE%20MATERIALES/ensayos-de-dureza.pdf>
 25. "Espectometría de Masas", Consultado el 25 de Septiembre de 2017. Disponible en: http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/espectrometria_de_masas.pdf

26. ExpokNews, 2014, "Los cinco pasos para el reciclaje del Aluminio", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <https://www.expoknews.com/los-5-pasos-para-el-reciclaje-del-aluminio/>
27. Facultad de Química UNAM, "Fundamentos de la Espectrometría de Masas", Consultado el 25 de Septiembre de 2017. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/masas_10832.pdf
28. FEDIT, 2012, "Evaluación básica de análisis de ciclo de vida de la fabricación, uso y fin de vida de los automóviles y camiones en España", Consultado el 21 de Septiembre de 2017. Disponible en http://www.minetad.gob.es/industria/observatorios/SectorAutomoviles/Actividades/2011/FEDIT/Uso_y_Fin_de_Vida_de_los_Automoviles_y_Camiones.pdf
29. "Industria automotriz en el centro del Tratado de Libre Comercio", 2017, Hoy en los Angeles, Consultado el 06 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.hoylosangeles.com/hoyla-mex-industria-automotriz-en-el-centro-del-tratado-de-libre-comercio-20170904-story.html>
30. "Industria Automotriz en México, Un Sector Clave", Automotive Meetings, Consultado el 06 de Septiembre de 2017. Disponible en <http://mexico.automotivemeetings.com/index.php/es/industria-automotriz-en-mexico>
31. Jáuregui A., 2001, "Herramientas del Marketing", Consultado el 21 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/herramientas-de-marketing/>
32. Juran Benchmarking, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://juranbenchmarking.com/?submissionGuid=9566982c-0695-48b0-adeb-12a818a94bf4>
33. Juran Benchmarking, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://juranbenchmarking.com/home/our-approach/>
34. Juran Benchmarking, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/2843491/>
35. Kogan E., 2014, "Cuántos Vehículos hay en el mundo, quienes los fabrican y que se espera para el futuro", Huffpost News, Consultado el 06 de Septiembre de 2017. Disponible en: https://www.huffingtonpost.com/enrique-kogan/numero-de-vehiculos-en-el-mundo_b_6237052.html
36. Kogan E., 2017, "Cuantos autos hay en el mundo y cuantos se fabrican Actualmente", Hoy en los Angeles, Consultado el 06 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.hoylosangeles.com/vidayestilo/autos/hoyla-aut-cuantos-autos-hay-en-el-mundo-y-cuantos-se-fabrican-anualmente-20160923-story.html>

37. Lagace M., 2002, "How Marketing Can Reduce Worldwide Poverty", Consultado el 21 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://hbswk.hbs.edu/item/how-marketing-can-reduce-worldwide-poverty>
38. Lefcovich M., 2005, "Just in time como camino hacia la excelencia". Consultado el 13 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/just-in-time-camino-hacia-la-excelencia/>
39. Lefcovich M., 2005, "Just in time para la búsqueda de ventajas competitivas", Consultado el 15 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/just-in-time-busqueda-ventajas-competitivas/>
40. Magazine para Empresarios, "¿Cómo creció Pepsi bajo la sombra de Coca Cola?". Consultado el 13 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://dineroclub.net/como-crecio-pepsi-a-la-sombra-de-coca-cola-alvaroabril/>
41. Marketing Directo, "Coca Cola vs Pepsi: la increíble historia de la guerra de los refrescos de cola". Consultado el 13 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.marketingdirecto.com/anunciantes-general/anunciantes/coca-cola-vs-pepsi-la-increible-historia-de-la-guerra-de-los-refrescos-de-cola>
42. México Ambiental, 2016, "México es líder en producción de acero reciclado de chatarra", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.mexicoambiental.com/v2/mexico-lider-en-produccion-acero-reciclado-chatarra/>
43. Muñiz R., 2017, B42 "10 Herramientas del Marketing para vender más y mejor en crisis", ForoMarketing, Consultado el 21 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.foromarketing.com/herramientas-de-marketing/>
44. Neira J., 2012, Benchmarking Coca Cola vs Pepsi. Consultado el 11 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/114841181/Benchmarking-Coca-Cola-vs-Pepsi>
45. Pérez C., 2008, "El verdadero ganador de la batalla entre Coca Cola y Pepsi", Marketísimo. Consultado el 13 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://marketisimo.blogspot.mx/2008/10/el-verdadero-ganador-de-la-batalla.html>
46. Pérez J. & Gardey A, 2012, "Definición de marketing", Consultado el 21 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://definicion.de/marketing/>
47. ProMéxico., 2016 "La Industria Automotriz Mexicana: Situación Actual, Retos y Oportunidades", Consultado el 06 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.promexico.mx/documentos/biblioteca/la-industria-automotriz-mexicana.pdf>

48. Rayner G., Química Inorgánica Descriptiva, 2da Edición, PEARSON EDUCATION, México, 2010, 233-238; 473-476.
49. Stringer G., 2015, "Case of Study: Coca Cola Integrated Marketing Communications". Consultado el 05 de Junio de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/case-study-coca-cola-integrated-marketing-gregory-stringer>
50. The Aluminum Association, "Aluminum Production", Consultado el 12 de Octubre de 2017. Disponible en: <http://www.aluminum.org/sustainability/aluminum-production>
51. The Aluminum Association, "Bauxite", Consultado el 12 de Octubre de 2017. Disponible en: <http://www.aluminum.org/industries/production/bauxite>
52. The Aluminum Association, "Primary Production", Consultado el 12 de Octubre de 2017. Disponible en: <http://www.aluminum.org/industries/production/primary-production>
53. The Aluminum Association, "Sustainability Reports", Consultado el 12 de Octubre de 2017. Disponible en: <http://www.aluminum.org/sustainability/sustainability-reports>
54. The Aluminum Association, 2013, "Aluminum Standards and data"
55. The Mining and Energy HR Benchmarking Program, [Página Web], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/3171704/>
56. UNESID, 2013, "El acero, el material que más se recicla", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <https://unesid.org/iris2013/elacero.html>
57. UNESID, 2013, "La Industria siderúrgica española, campeona del reciclaje", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <https://unesid.org/iris2013/industria.html>
58. UNESID, 2013, "Reciclaje del acero: el ciclo continuo, el ciclo sin fin", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <https://unesid.org/iris2013/acero-recicla.pdf>
59. Woodford C., 2017, "Iron & Steel", 2017, Consultado el 25 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.explainthatstuff.com/ironsteel.html>
60. World Steel Association, 2017, "Sustainable Steel, Policy and Indicators 2016", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:c2fc4379-e6dc-4631-badb-8e7c41660b32/sustainable_steel_2016_vfinal.pdf
61. WorldAutoSteel, "The Relationship Between Mass Reduction and Fuel Economy", Consultado el 21 de Septiembre de 2017, Disponible en: <http://www.worldautosteel.org/steelyourworld/fuel-efficiency/>

62. WorldAutoSteel, 2012, "Life Cycle Thinking", Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.worldautosteel.org/life-cycle-thinking/>
63. WorldAutoSteel, 2012, "Why Life Cycle Assessment for Vehicle Emission Regulation", [Vídeo], Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <https://vimeo.com/51539240>
64. WorldAutoSteel, 2015, "Life Cycle Assessment Case Study: Comparing Material Usage in Efficient Designs", Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.worldautosteel.org/projects/auto-mass-benchmark/life-cycle-assessment-case-study-comparing-material-usage-in-efficient-designs/>
65. WorldAutoSteel, 2016, "Comparing Material Usage in Production Vehicle Efficient Designs", Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.worldautosteel.org/life-cycle-thinking/case-studies/comparing-material-usage-in-production-vehicle-efficient-designs/>
66. WorldAutoSteel, 2016, "Recycling", Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.worldautosteel.org/life-cycle-thinking/recycling/>
67. WorldAutoSteel, 2017, "Auto Mass Benchmarking 2017", Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.worldautosteel.org/downloads/auto-mass-benchmarking-2017/>
68. WorldAutoSteel, 2017, "Latest Mass Benchmarking Study Reveals Steel Lightweighting Opportunities", Consultado el 20 de Agosto de 2017. Disponible en: <http://www.worldautosteel.org/projects/auto-mass-benchmark/>
69. WorldSteel Association, "Steel The Permanent Material in Circular Economy", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <http://circulareconomy-worldsteel.org/>
70. WorldSteel Association, 2017, "August 2017 crude steel production", Consultado el 29 de Septiembre de 2017. Disponible en: <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2017/august-2017-crude-steel-production.html>