



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención del
título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

AUTOR:

Muenala Chaquinga Lleimy Raquel
Talavera Tupiza Alexander Adrián

TUTOR:

Ing. Juan Carlos Rubio Terán

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL IMPACTO EN
GUARDACHOQUES DE CAMIONETAS DMAX CON
TRES TIPOS DE MATERIALES**

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **LLEIMY RAQUEL MUENALA CHAQUINGA, ALEXANDER ADRIÁN TALAVERA TUPIZA**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



LLEIMY RAQUEL MUENALA CHAQUINGA



ALEXANDER ADRIÁN TALAVERA TUPIZA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **JUAN CARLOS RUBIO TERÁN**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



ING. JUAN CARLOS RUBIO TERÁN

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a mis padres y hermano Andrés, Patricia y Leonardo quienes fueron los pioneros principales en este logro sin la fuerza de ellos no hubiese podido afrontar las dificultades y tropiezos en mi vida estudiantil, gracias por esa dosis de amor y oración impartida cada día.

También le dedico estas líneas finales a mi amigo de cuatro patas Micky él es un ángel sin voz enviado por Dios, quien me acompañó en todas las noches de estudio las desveladas que parecían interminables con su mirada de cansancio sin decir una sola palabra reflejaba tú puedes yo estoy aquí gracias amado felino.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a quienes han sido un pilar importante a lo largo de este camino. A mi familia, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis amistades sinceras, que me acompañaron con palabras de aliento, comprensión y apoyo en los momentos más difíciles. A quienes me guiaron y exigieron académicamente, porque gracias a ellos aprendí a superar mis propios límites. Y, sobre todo, me lo dedico a mí mismo, por no rendirme, por continuar adelante a pesar del cansancio, la incertidumbre y el miedo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a DIOS por ser mi guía y soporte en mi vida académica repleto de desafíos y nuevos descubrimientos gracias a la fortaleza y fe que tengo en él es que concluyo este viaje de aprendizajes.

Agradezco a mis padres y hermano que siempre me brindaron su apoyo y amor incondicional tanto moral y económicamente, son los cimientos fundamentales de esta construcción que hicieron en mi vida ahora me queda seguir forjando piso a piso las bases que ellos situaron en mí.

Le agradezco al tutor muy profundamente por su dedicación y guía sin su sabiduría impartida no se hubiese llegado a concluir este trabajo profesional, tendré presente en mi vida este recuerdo de tan ilustre docente.

Por último, deseo agradecer, a esta universidad que fue mi segundo hogar quien me acogió y brindó un mundo lleno de nuevos conocimientos, su exigencia impartida con docentes altamente calificados me permite la finalización esta importante etapa.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, mi fuerza y mi refugio durante todo este proceso. Su presencia me dio paz en los momentos de incertidumbre y firmeza.

A mi familia, especialmente a mis padres y hermanos, por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en mí. Gracias por ser mi base y mi impulso para seguir adelante incluso en los días más difíciles.

A la persona que me acompaña en la vida, gracias por tu paciencia, tus palabras de aliento y por estar a mi lado en cada etapa de este camino. Tu apoyo ha significado más de lo que puedo expresar.

Agradezco profundamente a mi tutor y profesores, por su dedicación, su tiempo y su valiosa guía académica. Su compromiso fue fundamental para la realización de este trabajo.

Y finalmente, a mi universidad, por brindarme no solo una formación académica sólida, sino también un espacio de crecimiento personal y profesional. Gracias por haber sido mi segundo hogar durante esta etapa tan importante.

Contenido

APROBACIÓN DEL TUTOR	3
DEDICATORIA	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
AGRADECIMIENTO	7
Índice de Figuras	9
EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL IMPACTO EN GUARDACHOQUES DE CAMIONETAS DMAX CON TRES TIPOS DE MATERIALES	10
RESUMEN	10
Introducción.....	11
Materiales Repuestos Automotrices.....	12
Plástico ABS	12
Polipropileno.....	12
Poliestireno	13
Normativas y Calidad.....	13
Ecuaciones.....	14
Software CAD.....	14
Materiales y Métodos	14
Descripción de los materiales.....	14
Guardachoque Taiwanés	16
Guardachoque original	16
Guardachoque tailandés	17
Resultados y Discusión.....	17
Comparación de simulaciones.....	18
Costos de Guardachoques	20
Conclusiones.....	21
Bibliografía.....	22

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Crash Analysis Service</i>	14
Figura 2. <i>Mallado elementos y nodos – Taiwanés</i>	16
Figura 3. <i>Mallado elementos y nodos - Original</i>	17
Figura 4. <i>Mallado elementos y nodos - tailandés</i>	17
Figura 5. <i>Esfuerzos Internos de Cada Material</i>	18
Figura 6. <i>Desplazamiento guardachoques</i>	20
Figura 7. <i>Comparación de precio guardachoques.</i>	20

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Variables Relacionadas con la Investigación</i>	15
Tabla 2. <i>Propiedades de materiales de los guardachoques</i>	16
Tabla 3. <i>Esfuerzos en cada uno de los materiales</i>	18
Tabla 4. <i>Tensión de Von Mises en cada uno de los materiales.</i>	19
Tabla 5. <i>Desplazamiento en cada uno de los materiales.</i>	19

EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL IMPACTO EN GUARDACHOQUES DE CAMIONETAS DMAX CON TRES TIPOS DE MATERIALES

Ing. Juan Rubio T.¹, Lleydi Muenala C.², Alexander Talavera T.³

¹xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

² Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, llmuenalach@internacional.edu.ec, Quito – Ecuador

³ Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, altalaveratu@internacional.edu.ec, Quito – Ecuador

RESUMEN

Introducción: El presente estudio se realizó en guardachoques DMAX el objetivo es comparar, costos generados y cuál de los materiales aplicados puede ofrecer una mejor resistencia, rigidez y absorción de energía ante un impacto en camionetas, factores cruciales durante el ensamble e instalación de guardachoques. **Metodología:** El estudio fue realizado en el software SolidWorks mediante un método cuantitativo- comparativo, para lo cual se tomaron en cuenta una base de datos tales como: normativa ASTM D638 y UNE ISO 13856-3, propiedades de materiales, velocidad y fuerza aplicada los cuales influyen al área de impacto, resistencia, costos relacionados a la fabricación, lo cual permitió generar deducciones y validaciones de los datos. **Resultados:** Se presentaron las simulaciones de impacto frontal tomando en cuenta Esfuerzos, Von Mises, desplazamiento y deformación con cada uno de los materiales, considerando los estándares de Euroncap y la segunda ley de Newton $F=m \cdot a$ adquiriendo una fuerza de 168592 N a una velocidad máxima de 64 km/h. **Conclusión:** El plástico ABS se considera el material más adecuado en términos de rigidez, resistencia al impacto y costo. Presenta una densidad de 1.06 g/cm³, un desplazamiento máximo de 977mm, una tensión máxima de 21.15 MPa, valores que lo hacen adecuado para absorber impactos, ofreciendo un desempeño aceptable ante un impacto frontal de hasta un 40% de severidad.

Palabras clave: Repuestos, desempeño, material, costo – beneficio, seguridad.

ABSTRACT

Introduction: The present study was conducted on DMAX bumpers with the objective of evaluating performance, generated costs, and determining which of the applied materials can offer better resistance and rigidity in pickup trucks—crucial factors during the assembly and installation of bumpers. **Methodology:** The study was performed using SolidWorks software through a quantitative-deductive method. A database was considered, including standards such as ASTM D638 and UNE ISO 13856-3, material properties, speed, and applied force, which influence the impact area, resistance, and manufacturing-related costs. This approach

allowed for the generation of deductions and data validations. **Results:** Frontal impact simulations were presented, taking into account stresses, Von Mises, displacement, and deformation for each of the materials, considering Euroncap standards and Newton's second law ($F=m*a$), achieving a force of 168592 N at a maximum speed of 64 km/h.

Conclusion: ABS plastic is considered the most suitable material in terms of stiffness, impact resistance, and cost. It has a density of 1.06 g/cm³, a maximum displacement of 977mm, and a maximum stress of 21.15 MPa, values that make it suitable for absorbing impacts, offering acceptable performance in frontal impacts of up to 40% severity.

Keywords: Spare parts, performance, material, cost-benefit, safety.

Introducción

El presente estudio se enfoca en el análisis estructural para comparar la resistencia de diferentes tipos de materiales utilizados en los guardachoques frontales de las camionetas DMAX también conocidos como parachoques o defensas, este repuesto no cumple solo una función estética, sino que es un elemento clave para la seguridad pasiva, ya que absorbe parte de la energía durante un impacto minimizando los daños al vehículo y ocupantes.

En la industria automotriz, el problema de seleccionar un guardachoque adecuado radica en varios factores que deben ser evaluados y comparados minuciosamente ya que afecta tanto la durabilidad, adaptabilidad como el costo, lo que influye en la decisión de los propietarios y técnicos automotrices. Los materiales originales provistos por los fabricantes suelen ofrecer alta calidad y compatibilidad, pero a un costo elevado. Alternativamente, existen materiales más económicos que plantean dudas sobre su durabilidad y rendimiento en condiciones reales de uso (Pinedo, 2023).

El objetivo principal de este proyecto es comparar, la resistencia, rigidez, absorción de energía ante un impacto y evaluar el costo de tres tipos de materiales utilizados en la fabricación de guardachoques. A través de un análisis basado en bibliografía y simulaciones, se busca determinar cuál ofrece la mejor relación calidad-precio y fiabilidad, con especial énfasis en una colisión frontal.

Para lograr estos objetivos, se realizó un análisis de elementos finitos (FEA) del comportamiento estructural y la resistencia al impacto de los guardachoques fabricados con cada uno de los materiales seleccionados. Se tomaron en cuenta factores como las propiedades del material, la resistencia máxima y los costos de adquisición.

Los resultados de este análisis proporcionarán una herramienta valiosa para los propietarios de vehículos DMAX, técnicos automotrices y profesionales del área, facilitando la toma de decisiones informadas sobre la elección de materiales para guardachoques y mejorando la seguridad y eficiencia económica en el uso de estos vehículos tal y como se ha realizado en estudios posteriores como el de Pinedo (2023), donde analizan los parachoques en vehículos tipo sedán.

Marco Teórico

Materiales Repuestos Automotrices

Existen diversos tipos de materiales que pueden ser utilizados dentro del sector automotriz, los cuales dependiendo de varias propiedades, características y necesidades para las cuales vayan a ser utilizados van a tener una variación, tanto en forma como en tamaño (Valarezo, 2021).

Al ensamblar un vehículo se pueden encontrar una variedad de materiales como acero, aluminio, cobre, cerámicos, polímeros, entre otros. Así como también se pueden encontrar materiales compuestos ya sea con fibra de carbono o fibra de vidrio, los cuales aumentan en costo a comparación con el otro tipo de materiales (Ramos Rivero, 2018).

Plástico ABS

El plástico ABS, es un material compuesto por Acrilonitrilo Butadieno Estireno. Sus propiedades específicas, derivadas de cada uno de los bloques que lo conforman, lo hacen ideal para la fabricación de productos de alto volumen y dispositivos electrónicos. Su composición se divide en un 50% de Estireno, mientras que el restante 50% corresponde al Butadieno y Acrilonitrilo.

Gracias a la combinación de estos componentes, el ABS se presenta como una opción versátil para la creación de diversos productos. Este material puede procesarse mediante extrusión, moldeo por inyección, solapado y prensado. Además, no se quema al someterlo al calor, sino que se funde y adquiere una forma líquida, retornando a su estado sólido al enfriarse. El ABS se encuentra disponible en formatos como láminas o barras (Riquelme, 2023).

Polipropileno

Presenta propiedades parecidas al polietileno (PE) aunque el comportamiento varía, debido a que trabaja mejor cuando se encuentra a altas temperaturas (Caicedo & Crespo, 2019). Es de los plásticos más utilizados dentro del ensamblaje de un automóvil debido a que es un buen aislante, altamente resistente a la tracción y absorción de impactos. Una ventaja de

este material es que al final de su vida útil en el sector automotriz puede ser utilizado en otras aplicaciones a partir del reciclaje (Ramos Rivero, 2018).

Poliestireno

Obtenido a partir de la modificación del óxido polietileno, es un termoestable bastante utilizado en el sector automotriz que en ocasiones puede ser reforzado con fibras de vidrio para aumentar sus propiedades mecánicas, llegando de esta forma a partes más significativas del automóvil gracias a sus propiedades. En este sentido, el primer uso en donde se ven presentes es en el parachoques (Espinoza & Hidalgo, 2016).

Normativas y Calidad

Al ser una industria que tiene alta importancia, se presentan varias normas que ayudan en esta área, beneficiando al momento de su aplicación en el área de ingeniería, de las cuales se hará mención a las más importantes.

- La norma ASTM D638 conocida con el nombre de “Métodos de prueba estándar para propiedades de tracción de plásticos” describe cómo se ejecuta la determinación de las propiedades de tracción de plásticos no reforzados y reforzados. Este método de prueba se puede utilizar para probar resinas fenólicas moldeadas o materiales laminados. Proporciona las principales características mecánicas del material, como la tensión a tracción, la deformación, el módulo y resistencia de tracción, el punto de fluencia y el punto (ASTM , 2022).

-Por otro lado, la EURO NCAP ofrece información independiente a la que ofrecen los fabricantes de la calidad y niveles de seguridad que poseen los vehículos. Las pruebas realizadas bajo esta normativa son ensayos que se componen de una prueba de impacto lateral, frontal y de protección hacia los peatones. La Prueba de Colisión Frontal Desplazada es la prueba de mayor exigencia, en donde se realiza el impacto contra una barrera deformable que simula otro vehículo a una velocidad de 64km/h. (Illescas, 2009).

-Finalmente, la norma UNE ISO 13856-3:2013 establecen los principios de diseño y ensayos que permiten evaluar dispositivos de protección como parachoques, cables, placas y dispositivos similares. En esta se ejecutan pruebas de impacto en condiciones controladas que simulan colisiones en entornos reales, estos ensayos permiten medir la absorción de energía y la resistencia estructural del guardachoque (UNE, 2013).

-En cuanto a los precios de los materiales para guardachoques (parachoques) y otros componentes de vehículos, no existe una normativa que regule este factor ya que cada país tiene una entidad regulatoria y existen diversos factores comerciales que varían. Entre esto se destacan las Normas de Calidad y Seguridad; Políticas Comerciales y Económicas de cada zona; Organismos Reguladores y Normativas Comerciales; y Factores del Mercado demanda y oferta (Dulcich, Otero, & Canzian, 2019).

Ecuaciones

La segunda ley de Newton establece que la fuerza aplicada a un objeto es igual a su masa multiplicada por su aceleración. Esta fórmula se usa para determinar cuánta fuerza se necesita para deformar un objeto y a qué velocidad ocurre esa deformación (Becerra, 2009).

$$F = m \cdot a$$

Software CAD

La utilización de un software permite el análisis con condiciones de impacto a las cuales serán sometidos los guardachoques.

Es necesario tener en cuenta la cantidad de nodos y el tipo de mallado que será utilizado al momento de realizar la simulación (Moreano & Zambrano, 2016).

Figura 1.

Crash Analysis Service



Nota. Imagen de referencia del impacto frontal de una camioneta LUV DMAX. Tomado de. (MOTOROIDS, 2020)

Materiales y Métodos

Descripción de los materiales

Metodología cuantitativa

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo evaluando el impacto frontal utilizando el software SolidWorks con tres tipos de materiales recolectando datos numéricos obteniendo así resultados verídicos y verificables.

Metodología comparativa

Se realizó un análisis de elementos finitos de los materiales utilizados en la fabricación de los guardachoques, sometiéndolos a un impacto a la misma velocidad. Durante las pruebas, se recolectaron datos sobre la deformación, tensión y desplazamiento de cada material, lo que permitió deducir cuál de ellos presenta la menor deformación y absorbe la mayor cantidad de energía.

Variables de la investigación

Las variables utilizadas para realizar las diferentes pruebas de análisis de impacto en SolidWorks fueron recopiladas a partir de investigaciones y normas. Estas variables, tanto independientes como dependientes, se describen en la **Tabla 1**

Tabla 1.

Variables Relacionadas con la Investigación

Variables guardachoque	Tipo de variable
Material	Independiente
Fuerza	Independiente
Tiempo	Independiente
Velocidad	Independiente
Peso	Independiente
Área	Dependiente
Esfuerzo	Dependiente
Tensión	Dependiente
Desplazamiento	Dependiente

Se analizaron tres tipos de guardachoques: el original de polipropileno, uno tailandés de poliestireno con una leve variación de 1 cm en sus dimensiones y menor costo por falta de refuerzo, y un taiwanés de plástico ABS, que mantiene la geometría original, pero difiere en el material (Automotive, 2022). Las propiedades de cada uno se muestran en la

Tabla 2.

Tabla 2.

Propiedades de materiales de los guardachoques

	Guardachoque Taiwanés	Guardachoque Original	Guardachoque Tailandés
Material	Plástico ABS	Polipropileno	Poliestireno
Densidad	1.06 g/cm ³	0.899 g/cm ³	1.021 g/cm ³
Masa	0.0165828 kg	0.0160276 kg	0.149726 kg
Área	25534.4 mm ²	25534.4 mm ²	24714.4 mm ²
Volumen	15644.1 mm ³	15644.4 mm ³	14602.1 mm ³

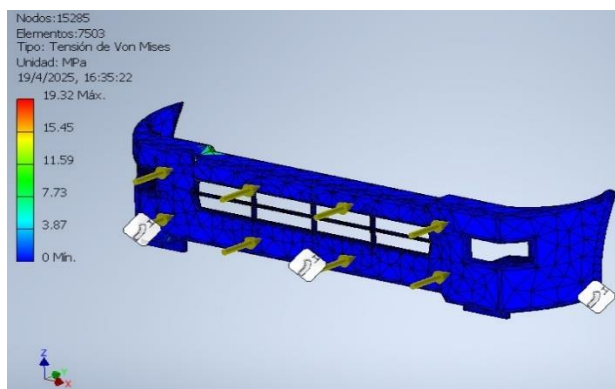
Nota. Propiedades del material FUENTE PROPIA INVENTOR. Tomado de (Rengifo, 2019)

Guardachoque Taiwanés

La geometría de este tipo de guardachoque es similar a la original. Al momento de realizar la simulación se observó que la cantidad de nodos es igual a 15285 y el número de elementos es de 7503, ya que como se mencionó la geometría es igual a la original. Dando como resultado tensiones como las que se presentan en la Figura 6.

Figura 2.

Mallado elementos y nodos – Taiwanés



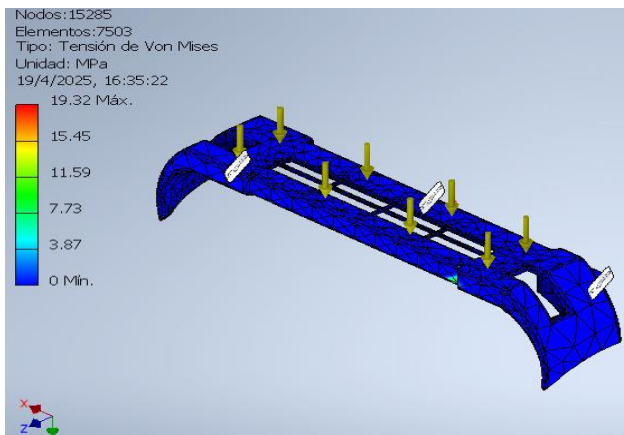
Nota. Fuente de elaboración propia

Guardachoque original

Para cada una de las simulaciones se realizó un mallado tetraedro que es el que presenta el software para elementos volumétricos, ya que al no tener formas demasiado complejas en el guardachoque es sencillo de realizar la simulación. En este caso, fueron necesarios 15285 nodos, teniendo como resultado 7503 elementos para la simulación, por lo que la Figura 4 muestra a detalle la simulación realizada.

Figura 3.

Mallado elementos y nodos - Original



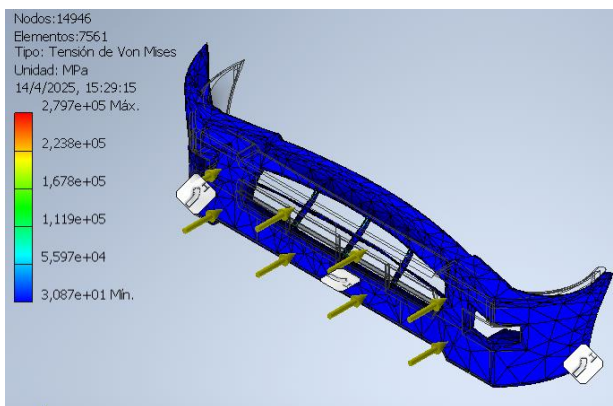
Nota. Fuente de elaboración propia.

Guardachoque tailandés

Para esta simulación es necesario considerar que las dimensiones varían un poco en comparación con el guardachoque original, con esto, se puede calcular un número de nodos igual a 14946 con 7561 elementos en su geometría. Por lo que la Figura 5 presenta la simulación realizada.

Figura 4.

Mallado elementos y nodos - tailandés



Nota. Fuente de elaboración propia.

Resultados y Discusión

Deformación e impacto

Se realiza el cálculo de la fuerza de impacto a una velocidad máxima de 64 km/h , siguiendo el mismo procedimiento empleado en las pruebas de Euro NCAP . El resultado obtenido representa la fuerza máxima de impacto que experimenta el guardachoque durante una colisión frontal, siendo un parámetro clave para evaluar el desempeño estructural y resistencia de los materiales. reemplazando en la siguiente ecuación con los siguientes datos, $Peso = 1905 \text{ Kg}$, $Velocidad = 64 \text{ km/h} = 17.7 \text{ m/s}$ se obtiene:

$$F = m * a$$

$$F = m * \frac{vf - vi}{t} \quad (1)$$

$$F = 1905 \text{ KG} * \frac{\frac{0 \text{ m}}{\text{s}} - \frac{17.7 \text{ m}}{\text{s}}}{0.2 \text{ seg}} =$$

$$F = 1905 \text{ kg} * -88.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = -168.592 \text{ KN} / -168592 \text{ N}$$

Comparación de simulaciones

La

Tabla 3 que se muestra a continuación es resultado de la comparación en cuanto a los valores de esfuerzo normal obtenidos por un análisis de elementos finitos.

Tabla 3.

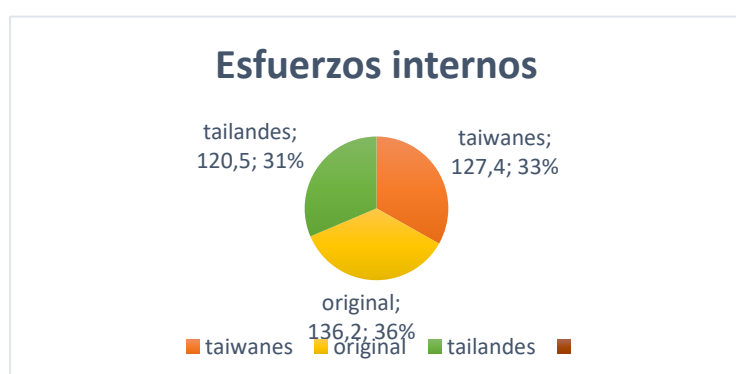
Esfuerzos en cada uno de los materiales

	Taiwanés	Original	Tailandés
Mínima	-76,6 MPa	-83,8 MPa	-71.4MPa
Máxima	127,4 MPa	136.2 MPa	120,5 MPa

Nota. Fuente de elaboración propia.

Figura 5.

Esfuerzos Internos de Cada Material



Con los resultados obtenidos se evalúa que material es el más resistente al aplicar una fuerza perpendicular en el área frontal del guardachoque. El guardachoque original es el más resistente, con mayores esfuerzos tanto en compresión como en tensión. El taiwanés presenta una resistencia similar, con buena capacidad de absorción y menor rigidez. El tailandés muestra la menor resistencia estructural, siendo más propenso a la deformación, aunque posiblemente más económico.

La **Tabla 4** que se muestra a continuación es resultado de la comparación en cuanto a las tensiones generadas de Von Mises en cada uno de los materiales utilizados.

Tabla 4.

Tensión de Von Mises en cada uno de los materiales.

Von Mises	Taiwanés	Original	Tailandés
Máxima	2115e+07 N/m ² 21.15 MPA	1677e+07 N/m ² 16.77 MPA	3378e+07 N/m ² 33.78 MPA

Nota. Fuente de elaboración propia.

Con base en los resultados obtenidos de la tabla de tensión de Von Mises, se puede analizar y comparar el comportamiento estructural del material bajo carga, lo que es fundamental para evaluar su resistencia de elasticidad. El guardachoque original presenta la menor tensión máxima (16.77 MPa), lo que indica una distribución más eficiente de los esfuerzos y una mayor resistencia en las zonas menos cargadas es decir se encuentra en su rango del límite de elasticidad sin provocar deformaciones altas. En contraste, el tailandés muestra la tensión mínima más alta (33.78 MPa), lo que sugiere zonas más débiles o una distribución inadecuada de la carga lo que se encuentra al borde de llegar a su límite de elasticidad. Por último, el taiwanés (21.15 MPa) se sitúa en un punto intermedio, superando al tailandés es decir se encuentra aún en su rango de elasticidad.

Tabla 5.

Desplazamiento en cada uno de los materiales.

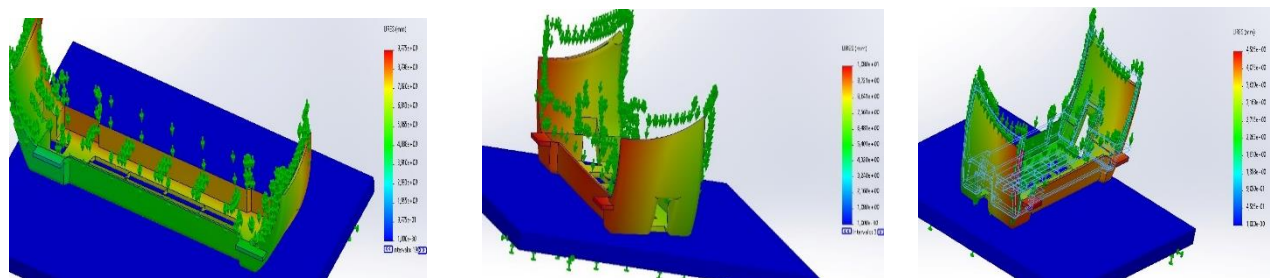
Desplazamiento	Taiwanés	Original	Tailandés
Máxima	977 mm (0.97 m)	1080 mm (1.08m)	452 mm (0.45m)

Nota. Fuente de elaboración propia.

El guardachoque original tiene el mayor desplazamiento (1080mm /1.08 m), lo que le permite absorber mejor el impacto y reducir los daños al vehículo y a los ocupantes. En contraste, el tailandés presenta el menor desplazamiento (452 mm /0.45 m), siendo el más rígido, lo que puede aumentar el riesgo de daños estructurales al transferir más energía al chasis. El taiwanés, con un desplazamiento intermedio ((977mm /0.97m), ofreciendo un equilibrio entre absorción de impacto y rigidez, aunque sigue siendo más rígido que el original.

Figura 6.

Desplazamiento guardachoques



Nota. Fuente de elaboración propia.

Costos de Guardachoques

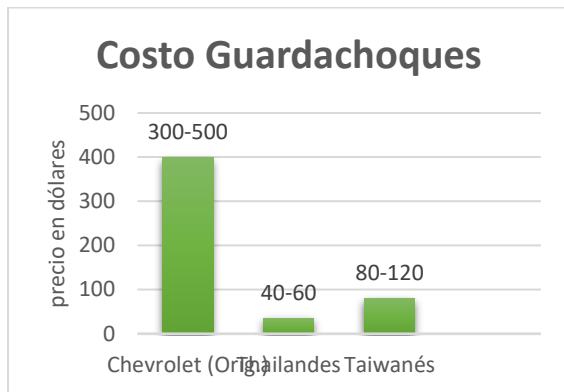
En cuanto a costos y adquisición se refiere a partir de la investigación bibliográfica, teniendo en cuenta que no existe un organismo regulador en precios se logró encontrar en algunas agencias comerciales diferentes tipos de guardachoques para varios modelos de camionetas Chevrolet Luv D-Max 2005-2020, por lo que se encuentran listados a continuación:

- Guardachoque Chevrolet D-Max 80-120 \$ (Taiwanés).
- Guardachoque delantero D-Max 40-60 \$ (tailandés)
- Guardachoque delantero D-Max 300-500\$ (original).

Esta información fue tomada a partir de los modelos más comerciales y que no presenten una variación en cuanto al modelo del vehículo se refiere para poder realizar el análisis cuantitativo. La **Figura 7** muestra un gráfico de barras en el cual se puede apreciar los costos de cada uno de los guardachoques DMAX (Mansuera, Repuestos Mansuera, s.d.).

Figura 7.

Comparación de precio guardachoques.



Nota. Fuente de elaboración propia.

Conclusiones

1. El guardachoque original soporta el mayor esfuerzo interno de compresión con un 36% del total, lo que refleja una estructura más robusta. El modelo taiwanés le sigue de cerca con un 33%, mostrando un comportamiento competente. Por otro lado, el guardachoque tailandés, con solo un 31%, presenta la menor resistencia.

2. El análisis del esfuerzo de Von Mises mostró que el guardachoque original tiene la mejor distribución de esfuerzos (16.77 MPa), lo que implica mayor resistencia estructural. El modelo taiwanés presentó un valor mucho más alto, pero manteniéndose en su rango de elasticidad (21.15 MPa), evidenciando un buen balance entre resistencia y seguridad. En cambio, el modelo tailandés, con la tensión mínima más alta (33.78 MPa), refleja una distribución desigual de cargas, lo que podría afectar su desempeño estructural.

3. En la simulación de desplazamientos, el guardachoque original demostró la mayor capacidad de absorción de impactos, con el mayor desplazamiento y deformación de 1080 mm, lo que favorece la protección del vehículo y sus ocupantes. El taiwanés mostró un comportamiento intermedio en 977 mm, mientras que el tailandés, más rígido, absorbió menos energía en 452 mm, lo que aumenta el riesgo de daños estructurales.

4. Entre los guardachoques para la Chevrolet D-Max, el modelo original destaca por su alta calidad y resistencia, aunque con un precio elevado (300–500 USD). El taiwanés, con costo intermedio (80–120 USD), ofrece un buen balance entre desempeño y precio. Por su parte, el tailandés es la opción más económica (40–60 USD), pero con menor resistencia y durabilidad ante condiciones exigentes.

5. En conclusión, tras aplicar la misma fuerza, velocidad a todos los guardachoques, se determina que el modelo taiwanés de material plástico ABS ofrece la mejor combinación de resistencia, rigidez, desplazamiento y costo, mostrando resultados óptimos en las simulaciones y respaldado por precios referenciales en la investigación bibliográfica.

Bibliografía

ASTM . (2022). *Método de prueba estándar para propiedades de tracción de plásticos*.

ASTM INTERNATIONAL.

Automotive, K. I. (15 de 05 de 2022). *¿Qué componentes de automoción garantizan la seguridad?* <https://knaufautomotive.com/es/que-componentes-de-automocion-garantizan-la-seguridad/>

Becerra, G. (2009). *Aplicaciones de la Segunda Ley de Newton*. Revista Mexicana De Bachillerato a Distancia,.

<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2008.1.46998>

Beduma, J., & Gálvez, B. (2015). *Análisis y Optimización de un Guardachoque*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito. <https://es.scribd.com/document/273439731/Belduma-Galvez-Guardachoque>

Beer, P., Johnston, E., DeWolf, J., & D, M. (2015). *Mechanics of Materials* (Vol. 7ma). McGraw-Hill.

Benitez, F. R. (2018). *Diseño y construcción de un bullbardelantero para adaptar un winche para rescate, en las camionetas DMAX RT50 empleadas por el Cuerpo de Bomberos de Ibarra*. Pregrado, Universidad Internacional SEK, Ibarra.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2788/14/TESIS%20UISEK%20FERNANDO%20FLORES%20B.pdf>

Caicedo, C., & Crespo, L. (2019). Propiedades termo-mecánicas del Polipropileno: Efectos durante el reprocesamiento. *SCielo*, 8(3), 245-252.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000300245

Chevrolet. (2009). *Chevrolet*. <https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/pickups-and-trucks/2019-dmax/mov/01-pdf/manual-d-max-ecuador.pdf>

Chevrolet. (2014). *Chevrolet*. <https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/posventa/satisfaccion-al-cliente/vines-afectados-4-d-max-2014-alineacion-guardachoque-posterior-ecuador.pdf>

- Dulcich, F., Otero, D., & Canzian, A. (2019). *Evolución reciente y situación actual de la producción y difusión de vehículos eléctricos a nivel global y en Latinoamérica*. Latin American Studies Association of Korea.
- Espinoza, G., & Hidalgo, J. (2016). *Caracterización de Materiales Compuestos para la aplicación en la Carrocería del Vehículo Monoplaza Tipo Formula SAE*. Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Fegoauto. (2018). *Fegoauto*.
<https://www.fegoauto.com.ec/productos/fierros/guardachoques/guardabarros-de-compuerta-fortuner-detail>
- Freisacar. (2022). *Freisacar*.
https://www.freisacar.com.ec/productos/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw-O6zBhASEiwAOHeGxchKjGIa6s98MymcoAw8CYGnMhnhTQJyWfiRFMJAM5LciGVvp70-pRoCVWEQA_vD_BwE
- Grupo Jordan. (2024). *Grupo Jordan*. https://jordicar.com.ec/lineas-de-producto/?categoria_id=388
- Illescas, D. (2009). *SIMULACIÓN DE UN CHOQUE FRONTAL DE UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL CONTRA DIFERENTES TIPOS DE BARRERA*. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR .
- IndiaMART. (10 de 2016). *IndiaMART*. Material & Product Analysis Service:
<https://www.indiamart.com/proddetail/crash-analysis-service-21198792262.html>
- Labra, C. (2023). *Normas Aplicables en la Industria Automotriz*.
<https://es.scribd.com/document/626024085/Normas-aplicables-en-la-industria-automotriz>
- Mansuera, R. (2014). *Repuestos Mansuera*. <https://www.mansuera.com/guardachoque-delantero-t1-izb055-na>
- Mansuera, R. (2014). *Repuestos Mansuera*. <https://www.mansuera.com/gm-8981934492-guardachoque-delantero>
- Mansuera, R. (2018). *Repuestos Mansuera*. <https://www.mansuera.com/guardachoque-del-chevrolet-luv-d-max-2014-2018-4x4-neg>
- Mansuera, R. (2018). *Repuestos Mansuera*. <https://www.mansuera.com/guardachoque-delantero-chevrolet-d-max-rt-50-4jj1-3-0-pu-cd-4wd>
- Mansuera, R. (s.f.). *Repuestos Mansuera*. <https://www.mansuera.com/moldura-guardachoque-delantero-dmax>

- Moreano, D., & Zambrano, D. (2016). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PARACHOQUES DELANTERO Y POSTERIOR DE UN VEHÍCULO CHEVROLET OPTRA AÑO 2008 A PARTIR DE FIBRA NATURAL DE LA PLANTA DE ABACÁ*. Tesis Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Latacunga.
- MOTOROIDS. (10 de 12 de 2020). *All-new India-bound Isuzu D-Max Scores 5 Stars in Euro NCAP Crash Test*. <https://www.motoroids.com/news/all-new-india-bound-isuzu-d-max-scores-5-stars-in-euro-ncap-crash-test/>
- Patiño, H., López, L., & Mosquera, E. (2017). *Metodología del diseño y modelado de un accionamiento mecánico*. Scientia et Technica.
- Pinedo, N. (2023). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ABSORCIÓN DE ENERGÍA DE IMPACTO FRONTAL ENTRE PARACHOQUES DE 3 VEHÍCULOS SEDÁN, PARA UNA PROPUESTA DE DISEÑO MÁS SEGURA Y LIVIANA A LOS PASAJEROS*. Repositorio UTEC.
- Racebycardoctor. (2017). *Racebycardoctor*.
<https://racebycardoctor.com/product/guardachoque-delantero/>
- Ramos Rivero, V. L. (2018). Evolución del Uso de los Materiales Plásticos en la Industria Automotriz. *INNOVA Research Journal*, 1-11.
- Rengifo, C. A. (2019). *Producción de un material compuesto de fibra de carbono con matriz ABS*. Tesis pregrado, Universidad del Valle, Santiago de Cali.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/04db1a82-4278-45d2-bece-89577377c4aa/content>
- Riquelme, M. (2023). *Encofrados de columnas en plástico ABS*. Repositorio Universidad de Belgrano.
- UNE. (23 de 12 de 2013). *UNE-EN ISO 13856-3:2013*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0052404>
- Valarezo, M. (2021). *Diseño Aerodinámico de Parachoques Delantero a Través de Simulación Virtual para Cabezal Kenworth T800*. Tesis pregrado, Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil. Retrieved 02 de 07 de 2024, from <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4527/1/T-UIDE-0136.pdf>