

Simulación de tipo comparativo de un parachoques tradicional frente a un parachoques tipo tubular con una pieza de mejora

Comparative simulation of a traditional bumper versus a tubular bumper with an improvement piece

Tania Aguilar Anaya ^a, Justo F. Montiel Hernández ^b, Luis F. Olvera Gómez ^c

Abstract:

Automotive safety is a fundamental aspect of vehicle design and development, aimed at enhancing the safety of users and vehicle components. The primary objective of this research is to create a 3D design of a tubular bumper using SolidWorks and to propose an improvement to the traditional design by adding a lower central support; this addition aims to minimize deformation and improve load distribution. The proposed improvement was based on engineering criteria, specifically considering the spacing between the lower supports. Subsequently, a low-speed impact against a static surface was simulated using ANSYS finite element analysis software. A comparison of results between the traditional model and the improved model revealed the following: total deformation decreased by 9.4%, equivalent elastic deformation was reduced by 42%, and Von Mises stress decreased by approximately 43.3%. Ultimately, these results indicate that the central support in the improved design enhances structural rigidity and reduces deformation. The proposal performs well under the conditions established in the simulation and represents a viable improvement for tubular bumper design.

Keywords:

Vehicle safety, mechanical design, design improvement, bumpers

Resumen:

La seguridad automotriz constituye un aspecto fundamental en el diseño y desarrollo de vehículos para mejorar la seguridad de los usuarios y sus componentes. En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal diseñar tridimensionalmente un parachoques tubular en SolidWorks, y proponer una mejora para el diseño tradicional añadiendo un soporte central inferior que ayude a que la pieza sufra una menor deformación y tener una mejor distribución de cargas. La mejora se planteó con base en criterios de ingeniería, considerando la distancia entre soportes inferiores. Posteriormente con apoyo de una simulación de elemento finito mediante el software ANSYS se realiza un impacto a baja velocidad contra una superficie estática. Se recopilaron siguientes los resultados entre el modelo tradicional y el modelo con mejora: la deformación total disminuyó un 9.4%, la deformación elástica equivalente se redujo un 42%, mientras que Von Mises obtuvo una disminución de aproximadamente 43.3%. Finalmente, estos resultados indican que el soporte central en el diseño con mejora favorece el incremento de la rigidez estructural y a disminuir deformaciones. La propuesta es favorable bajo las condiciones establecidas en la simulación y constituye una alternativa de mejora para el diseño del parachoques tubular.

Palabras Clave:

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0001-8482-4597>, Email: taniaaguilaranaya116@gmail.com

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-6890-6069>, Email: justo_montiel@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0004-1174-8329>, Email: ol355823@uaeh.edu.mx

Introducción

La mecánica moderna se centra en el mejoramiento de la eficiencia, en el área automotriz es importante la creación de automóviles más seguros, eficientes y aplicando técnicas para el ahorro de energía, teniendo en cuenta la innovación en tecnologías para métodos y técnicas de diseño. Hoy en día el diseño asistido por computadora por sus siglas en inglés (CAD) se vuelve una herramienta de suma utilidad en la industria de los vehículos automotores ya que es una tecnología que ayuda la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño.

El análisis y simulación de componentes y mecanismos automotrices es de gran utilidad ya que gracias a esto se puede tener una predicción acercada de las posibles deformaciones y cambios que puede sufrir por condiciones esfuerzos, presiones, cambio de temperaturas, tensiones, etc. Dentro de los avances en la seguridad vehicular destaca la mejora en mecanismos, sistemas eléctricos y piezas automotrices, asegurar el bienestar físico de los usuarios la misión principal.

En México, 1990 a 2010 las lesiones causadas por el tránsito (LCT) en el mundo se incrementaron un 46,3% para llegar a 1,3 millones de muertes por año. Esto implicó un incremento en la tasa de mortalidad de 6,2%, pasando de 18,4 a 19,5 por 100 mil habitantes. Este incremento fue mayor en peatones (62,3% en las muertes y 17,6% en la tasa), motociclistas (56,7% en muertes y 14,4% en la tasa) y ciclistas (51,7% muertes, 7,8% en la tasa de mortalidad). Así de ser la décima causa de muerte en 1990 pasó a ser la octava en 2010 (Pérez-Núñez et al., 2014).

La Organización Mundial de la Salud señala que los accidentes viales continúan siendo una de las principales causas de muerte a nivel mundial, particularmente entre la población joven. Consecuentemente los vehículos seguros desempeñan un papel fundamental a la hora de reducir o mitigar las lesiones graves por accidentes de tránsito. Las medidas establecidas por la ONU sobre seguridad de los vehículos, se centra en los criterios de producción y fabricación (Aguilar Paredes, S. 2023,).

Por ello, una de las piezas más importantes para aumentar la seguridad de los automóviles es el parachoques, en la actualidad el mercado se encuentra con bastantes tipos que están en función del material, estética y uso. La función que desempeña el parachoques delantero de un vehículo, además de la parte estética y

aerodinámica, es proteger el propio automóvil de pequeños impactos a bajas velocidades. Para ello el parachoques debe estar fabricado con un material y a partir de un diseño que le permita absorber y disipar la energía del impacto de manera que no llegue a transmitirse al resto del vehículo y sus ocupantes, sin llegar a romperse ni deformarse excesivamente para que pueda recuperar su forma y seguir llevando a cabo su función (Gallardo, 2014). También protege a los sistemas de enfriamiento, parrillas delanteras, elementos del motor y el capó, sin embargo, suele ser un componente estético que ayuda a realzar la apariencia del automóvil. Los parachoques se producen a partir de aceros avanzados de alta resistencia (AHSS) por sus siglas en inglés, estos presentan un bajo contenido de carbono (0,05-0,2 % en peso) y son tratados mediante un proceso de recocido intercrítico o temple secuencial. (Hu & Feng, 2021). La nomenclatura DP indica su microestructura bifásica y 600 su resistencia a la tracción de 600 MPa y está compuesto por 98% hierro y cantidades bajas de manganeso, silicio y carbono. En 1995 no existían aplicaciones automotrices de los aceros avanzados de alta resistencia. Sin embargo, para el año 2004 se incrementó su aplicación en la industria automotriz en un 12%, un 47% los aceros de alta resistencia HSS y un 41% los aceros convencionales (Téllez López, 2011). Los aceros de doble fase (DP) además de presentar excelentes propiedades mecánicas, facultan la reducción del peso de la pieza, sobre todo en aplicaciones automotrices, debido a la combinación de resistencia y elongación también buena respuesta al impacto. En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de elementos químicos de los aceros de AHSS de doble fase.

Tabla 1. Composición de aceros de doble fase, porcentaje en peso. Fuente: elaboración propia.

% C	% Si	% P	% Al	%Mn	% Nb	%Fe
0.06	0.04	0.04	0.012	1.3	0.01	balance

En el presente trabajo se realiza el análisis mediante simulación de un parachoques tradicional frente a uno de tipo tubular, se consideraron las siguientes características para abordar el estudio: un parachoques tipo tubular utilizado principalmente en camionetas, también se seleccionó como el material de trabajo el acero DP600; de igual manera se llevó a cabo un análisis mediante el método del elemento finito y con el software ANSYS. Se consideró el choque frontal con un objeto plano simulando que fuera una pared para identificar el comportamiento del parachoques a bajas velocidades, con el objetivo de

analizar las deformaciones generadas en distintas situaciones y frente a objetos estáticos.

Metodología

Una de las herramientas de diseño y simulación de piezas más importantes en la actualidad para la industria automotriz es el software SolidWorks. Es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. Fue desarrollado por Dassault Systemes para el diseño mecánico 3D. Su primera versión apareció en 1995 y permite realizar el proceso completo de diseño mecánico desde la concepción de la idea por el diseñador hasta la realización de planos necesarios para su fabricación (Vidal, 2016). Otra herramienta destacable para la simulación permite evaluar las piezas sometidas a diferentes condiciones de cargas, temperaturas y otros factores que podrían afectar el desempeño de las piezas. Este software es ANSYS; es un conjunto de modelado por elementos finitos con propósito para resolver numéricamente una amplia variedad de problemas mecánicos. Estos problemas incluyen: análisis estructural estático y dinámico (tanto lineal como no lineal), problemas de transferencia de calor y de fluidos, así como problemas acústicos y electromagnéticos (Stolarski et al., 2018). El análisis por el método de elementos finitos (FEA) es la solución a muchos problemas de ingeniería, caracterizado por modelos matemáticos más o menos complejos en los cuales intervienen un conjunto de parámetros para predecir fallos en todo sistema físico continuo con un material específico determinado (Lozada, 2018). El modelado matemático puede ser dividido en elementos finitos mediante un proceso de discretización o mejor conocido como mallado (Woge et al., 2020).

ANSYS con su complemento LS-dyna se emplea para simular choques frontales y analizar la tensión y la deformación en carrocerías fabricadas con materiales como el aluminio y el acero (Pachacama, 2024).

Resultados

Dentro del software SolidWorks se construyó el parachoques tubular, considerando un tubo circular de 0.00635 m (0.25 in) de diámetro y 0.006858 m (0.27 in) de espesor ya que no existe un diámetro estandarizado para los tubos en la construcción de parachoques; sin embargo, los tubos estructurales sí existen con estandarización que se toma como referencia. Posteriormente mediante el software ANSYS se realizó la simulación para determinar la deformación total del parachoques, comparando un sistema convencional y un sistema propuesto.

Modelado del parachoques tubular

Como inicio en la construcción del parachoques dentro se SolidWorks, se describen de manera general los pasos que se emplearon. Primero, dentro del croquis se realiza una figura rectangular con medida de 0.254 m (10 in) x 0.558 m (22 in) y con ayuda de la "línea spline" se elabora otra figura parecida a una columna, pero con una ligera inclinación, esta herramienta ayuda a dibujar a mano alzada con ayuda de puntos y estos van generando las curvas, con ayuda de herramienta "línea" se realizan las partes rectas. Posteriormente, se utiliza la herramienta de "saliente-extruir" se le da una extrucción de 0.0254 m (1 in). Esta pieza debe tener una ceja que sobresale todo el contorno. La cual se le da con la herramienta "cortar-extruir". Con una medida de 0.0127 m (0.5 in), ésta ceja se observa de mejor manera al terminar la pieza, tal como se muestra en la Figura 1.

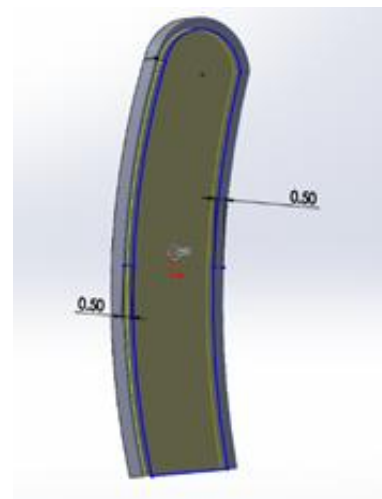


Figura 1. Primera vista de soportes del parachoques. Fuente: elaboración propia.

Después, se utiliza otro croquis 3D para dibujar en el plano planta, 3 líneas en el eje X. Con una longitud de 0.4699 m (18.5 in) cada una, sobre ese mismo croquis se dibujan los círculos que serán los diámetros del tubo a utilizar. Dichas piezas tendrán un diámetro exterior de 0.0635 m (2.5 in) y un diámetro interior de 0.056388 m (2.22 in). saliendo del croquis se extruyen los círculos de 2.5 in para convertirlos en cilindros huecos de 0.4699 m (18.5 in) de longitud (Figura 2).

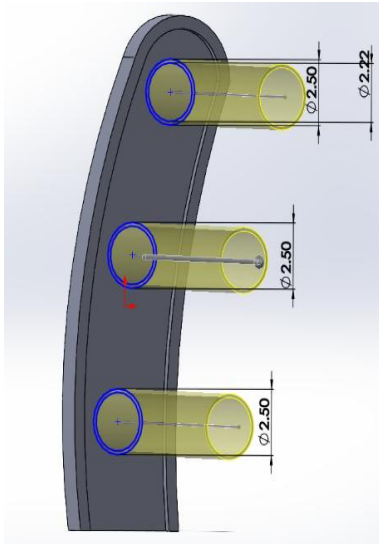


Figura 2. Tubos centrales del parachoques.

Se cambia al plano lateral y se utiliza croquis 3D junto con la herramienta “línea” para dibujar dos líneas de 0.0635 m (2.5 in), las cuales son paralelas sobre el centro de los círculos (líneas rosas de la figura 3) que se tomaron en cuenta para hacer los 3 cilindros, realizando únicamente 2 círculos de abajo hacia arriba (círculos amarillos en Figura 3).

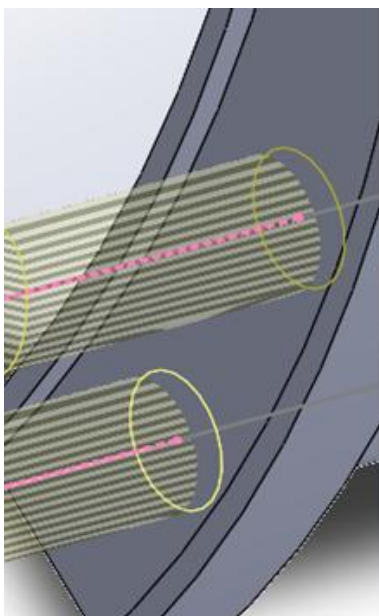


Figura 3. Tubos laterales exteriores. Fuente: elaboración propia.

Se utiliza la herramienta “spline” para realizar una curva que permite unir ambas líneas (línea rosa en Figura 4). Mediante la herramienta “spline” se cierra la conexión de

ambas líneas colocando puntos (curva anaranjada en Figura 4) y junto con la herramienta “saliente barrido” se extruye la línea con las dimensiones necesarias del tubo.

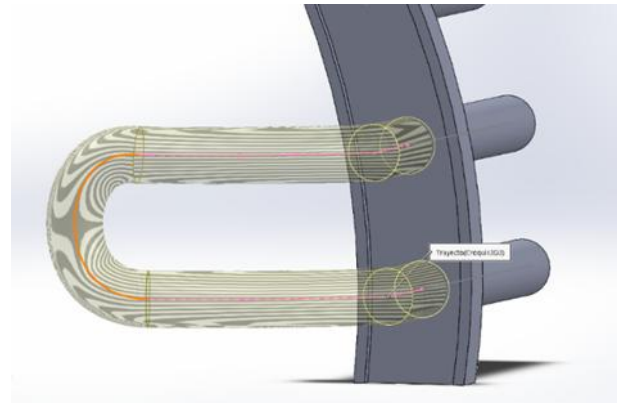


Figura 4. Curvatura de tubos exteriores. Fuente: elaboración propia.

Con ayuda de la herramienta de “simetría” se construye el otro lado, para obtener la estructura final, como se puede observar en la Figura 5. La longitud total del parachoques es de 1.546606 m (60.89 in) y la altura de la parte central es de 0.51308 m (20.2 in), lo que es una excelente medida para la protección central de la unidad.

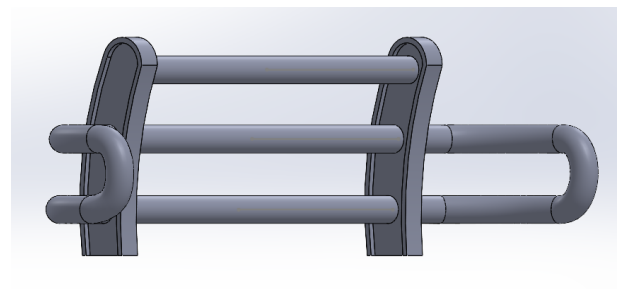


Figura 5. Modelo final de Parachoques tubular. Fuente: elaboración propia.

Diseño de mejora para el parachoques tubular

Uno de los objetivos es diseñar una mejora en el parachoques que permita aumentar la seguridad de los usuarios y la protección de las partes mecánicas frontales del automóvil. Se optó por añadir un soporte nuevo entre los dos soportes originales que van sujetos al chasis del automóvil (Figura 6), se diseñó junto al parachoques para que se tomará como una pieza unida; el chasis se encarga de conectar las cuatro ruedas con el sistema de dirección y recibe todas las cargas y esfuerzos del automóvil.

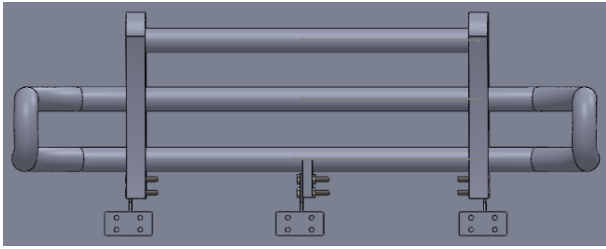


Figura 6. Ensamblaje final con la mejora. Fuente: elaboración propia.

Por ello en el diseño original los soportes inferiores se encuentran separados por una distancia considerable dejando una sección larga entre ambos puntos de apoyo y esta distancia favorece la flexión del tubo inferior del parachoques, desde el punto de vista de resistencia de materiales, el comportamiento puede relacionarse con el de una viga apoyada en dos puntos donde una carga aplicada genera un momento flector y esto provoca una deformación estructural. Por ello, se propuso incorporar un soporte central inferior entre los dos puntos de sujeción existentes, para reducir la distancia libre entre los apoyos y adicionar un punto para transmisión de cargas hacia el chasis.

El criterio de ingeniería para el parachoques estuvo orientado a incrementar la rigidez estructural, reducir deformaciones y mejorar la distribución de cargas. La pieza requiere un soporte adicional, el cual se fija con tornillos para unir el chasis con el parachoques. Para conectar ambos componentes, se incorpora una extensión soldada en el centro del tubo inferior del parachoques (Figura 7). Esta extensión tiene una anchura de 0.00635 m (0.25 in). Mientras que la Figura 8 muestra la comparativa del chasis convencional frente al chasis mejorado.

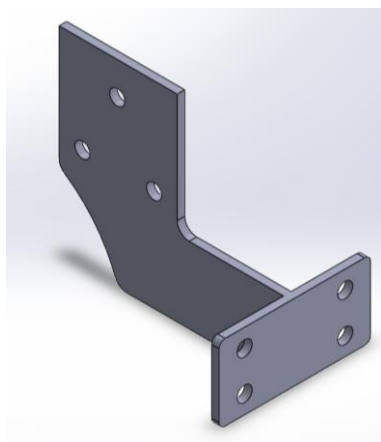
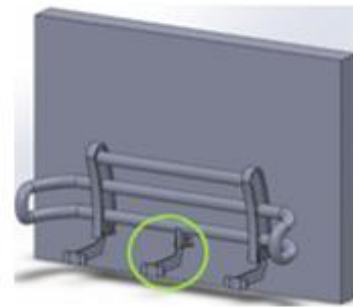
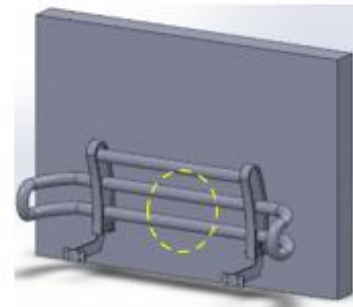


Figura 7. Pieza de sujeción entre chasis y parachoques. Fuente: elaboración propia. Fuente: elaboración propia.



B)



A)

Figura 8. Vista del chasis. A) Parachoques sin la mejora. B) Parachoques con soporte de mejora. Fuente: elaboración propia.

Ensamblaje del parachoques con las piezas de sujeción

Dentro del ensamblaje que se realizó en el mismo software de SolidWorks, se consideraron pernos hexagonales de 0.0127m (0.5 in). En la Figura 9 se muestra el ensamblaje final donde la pieza de sujeción Figura 7, va colocada en los extremos del parachoques y en la pieza de mejora donde se sujetará de la parte central inferior del parachoques.

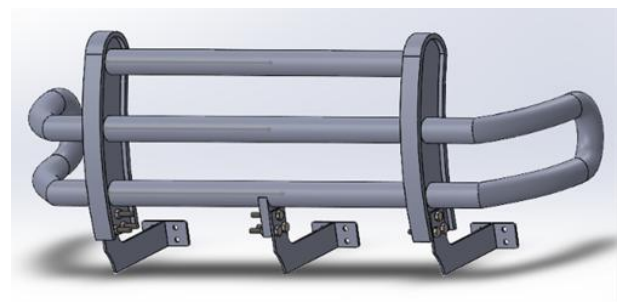


Figura 9. Ensamblaje final de chasis con la pieza de mejora en vista isométrica. Fuente: elaboración propia.

Simulación de choque del parachoques

Dentro del software de ANSYS se realizó la simulación de un choque, donde el parachoques impacta contra una superficie plana tipo pared con una dimensión mayor a la del parachoques. Los parámetros que se consideraron para esta simulación fueron que el dispositivo diseñado se desplazara en el eje x con una velocidad de 60km/h (16.7 m/s) ya que las pruebas de choque entre 60km/h y 64 km/h son el estándar global utilizados por organismos de Europa y Latinoamérica (Latin NCAP) para evaluar el riesgo de lesiones de los pasajeros. El Programa de Evaluación de Vehículos Nuevos para América Latina y el Caribe (Latin NCAP) brinda a los consumidores información independiente y transparente acerca de los niveles de seguridad que ofrecen los diferentes modelos de vehículos del mercado (LATIN NCAP - Resultados, s/f). También dentro de la simulación se considera una distancia de 1m entre el parachoques y la superficie fija. Dentro del programa ANSYS al no poder seleccionar el material elegido (DP600) se optó por personalizar considerando las propiedades del acero seleccionado y cargándolo al programa.

Deformación direccional

La deformación direccional indica un desplazamiento de la estructura del parachoques en el eje x, se impactó de manera frontal alcanzando un valor máximo de 0.20621 m con la mejora (Figura 10) y 0.2267 m en la estructura tradicional (Figura 11), esto se puede interpretar como: el desplazamiento generado tras el impacto se produjo en dirección de la aplicación de la carga y la pieza propuesta tuvo una mayor deformación respecto al eje de aplicación.

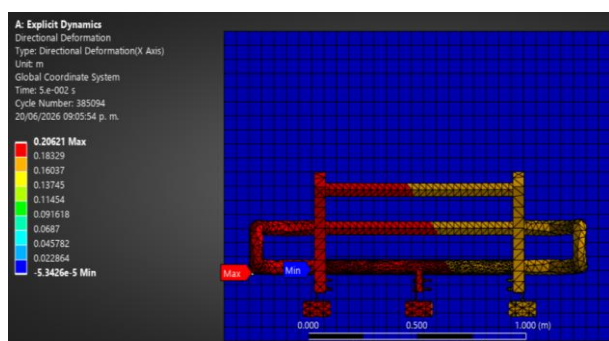


Figura 10. Deformación direccional con la mejora. Fuente: elaboración propia.

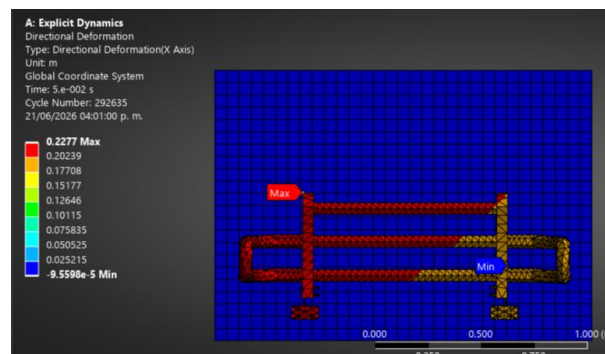


Figura 11. Deformación direccional sin la mejora. Fuente: elaboración propia.

Deformación total del parachoques

Los resultados del análisis de la deformación total en la simulación presentan que el diseño tradicional alcanzó una deformación máxima de 0.22772 m (Figura 12), mientras que el diseño con la mejora presentó una deformación total de 0.20623 m (Figura 13). Estos resultados dan una disminución de 9.4% de la deformación total. La disminución de la deformación total se atribuye a la incorporación del sujetador central en el parachoques, ayuda a incrementar la rigidez estructural de la pieza al añadir un punto de apoyo entre el chasis y el parachoques. El sujetador favorece una distribución más uniforme de la carga aplicada, reduce la longitud libre de flexión de los tubos estructurales y disminuye la concentración de esfuerzos en puntos críticos en el parachoques.

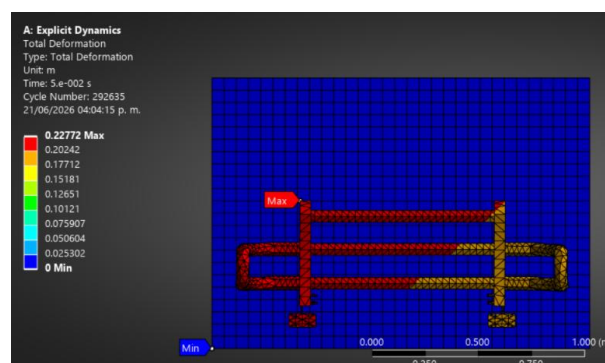


Figura 12. Deformación total diseño tradicional. Fuente: elaboración propia.

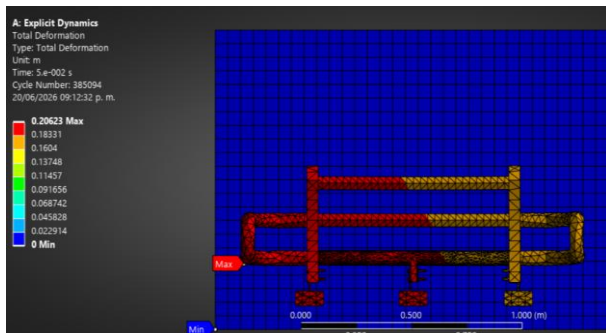


Figura 13. Deformación total diseño mejorado. Fuente: elaboración propia.

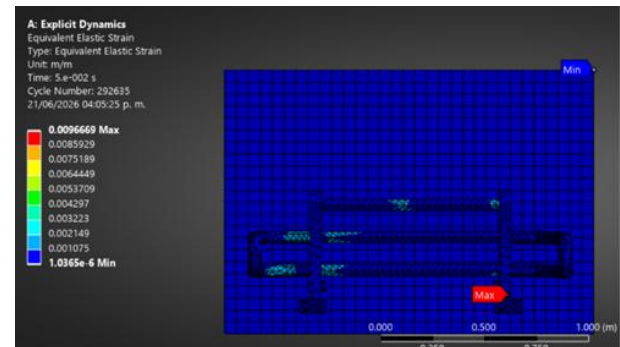


Figura 15. Deformación elástica equivalente sin mejora. Fuente: elaboración propia.

Deformación elástica equivalente del parachoques

En la Figura 14, se observa que el diseño mejorado presenta una deformación elástica equivalente de 0.0056004 m mientras que en la Figura 15), describe que el dispositivo original tiene un valor de 0.0096669 m. Esto representa una reducción aproximada del 42% en la deformación elástica equivalente. La disminución indica que el parachoques con la mejora experimenta deformaciones internas menores cuando se somete a una carga aplicada. Esto se atribuye al sujetador central, el cual incrementa la rigidez del conjunto y ayuda con una distribución más uniforme de los esfuerzos a lo largo del parachoques. Como resultados, se reduce la concentración de deformaciones en zonas críticas, el material trabaja dentro de un régimen elástico favorable y mejora el desempeño estructural del parachoques.

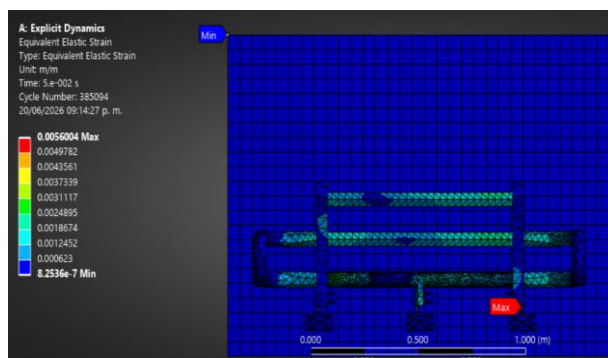


Figura 14. Deformación elástica equivalente con mejora. Fuente: elaboración propia.

Esfuerzo equivalente de Von Mises

El análisis del esfuerzo equivalente de Von Mises muestra que el diseño tradicional de parachoques alcanzó un esfuerzo máximo de 1.82169×10^9 Pa (Figura 16), mientras que el parachoques con mejora presentó un esfuerzo máximo de 1.03189×10^9 Pa (Figura 17), los resultados representan una disminución de aproximadamente 43.3%. Estos resultados se atribuyen a soporte central incluido en el parachoques con mejora.

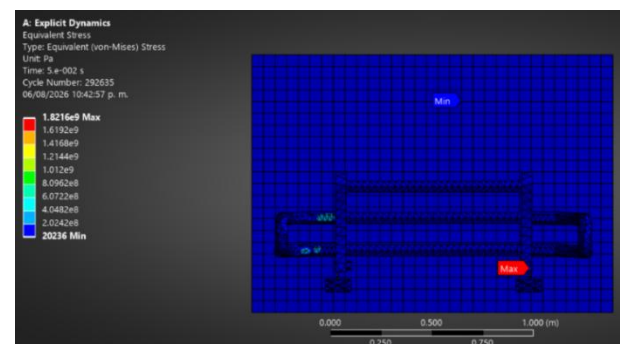


Figura 16. Esfuerzo equivalente de Von Mises del diseño tradicional. Fuente: elaboración propia.

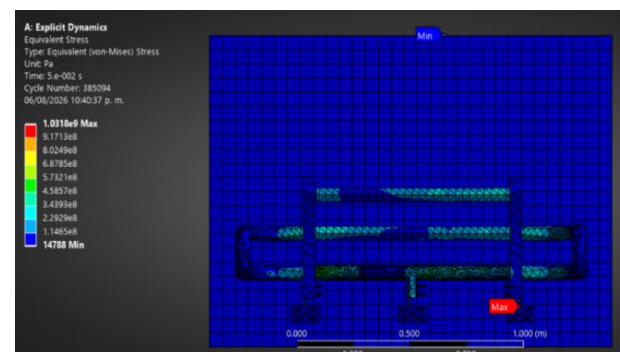


Figura 17. Esfuerzo equivalente de Von Mises del diseño mejorado. Fuente: elaboración propia.

Índice de factor seguridad

El factor de seguridad indica mediante la simulación de dinámica explícita la evaluación de la resistencia del parachoques tradicional y el parachoques con mejora durante el impacto. El diseño tradicional su factor de seguridad máximo al inicio de la simulación fue de 7.5, disminuyéndose hasta 2.5 (Figura 18).

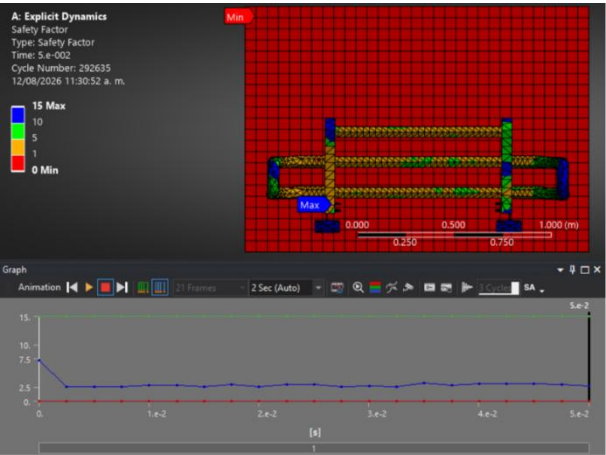


Figura 18. Factor de seguridad en parachoques tradicional. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, el parachoques con mejora obtuvo un valor máximo de 9 para después disminuir hasta 2.5 aproximadamente (Figura 19). Los resultados muestran el parachoques con mejora presenta un mayor valor durante la etapa inicial de impacto, sin embargo, la diferencia entre ambos parachoques no es considerable. El factor de seguridad se considera un punto complementario y no el principal criterio para determina la mejora del diseño.

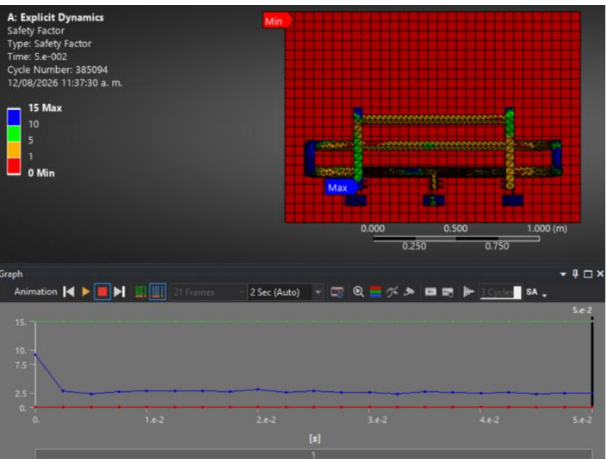


Figura 19. Factor de seguridad en parachoques con mejora. Fuente: elaboración propia.

Resultados de la simulación

Los resultados de la simulación mediante ANSYS utilizando la herramienta de Explicit Dynamics se observa que, entre los dos modelos del parachoques con una velocidad baja, el diseño de tipo tubular (con la mejora) tuvo resultados favorables; esto quiere decir que la pieza cumple con su función y podría aumentar la seguridad de los usuarios.

En el modelo con mejora se tiene una mejor distribución de carga entre los elementos y esto reduce las concentraciones de formaciones. También la pieza con la mejora que se diseñó a pesar de su sencillez cumple con el objetivo principal, incrementa la rigidez de la estructura y distribución de cargas, con ello reduce la posibilidad de fallas en uniones.

El ensamble del parachoques tradicional a comparación de la pieza tubular con mejora fue más sencillo al no tener la pieza central inferior y también se colocó un sujetador menos, lo que ayudó en que la simulación tardara menos tiempo en realizarse mediante el equipo de cómputo. Al final se realizó de manera satisfactoria y se obtuvieron los resultados esperados.

En la Tabla 2 se muestra una tabla comparativa con cada una de los resultados obtenidos en ambos modelos del parachoques. Dentro de la fabricación de partes automotrices existe regulación y normas que buscan la seguridad de los ocupantes y tratar de reducir daños en caso de colisiones, choques y daños. La NOM-192-SE-2021 contempla algunos sistemas de protección de impactos a baja velocidad, sin embargo, la prueba de ANSYS no es suficiente para declarar el cumplimiento total de la norma, pero los resultados pueden considerarse como una evaluación comparativa estructural de los diseños, no solos como certificación de cumplimiento normativo. En los criterios de manufactura el diseño se consideró utilizando tubos DP600 y una sujeción mediante tornillos y un soporte central unido al tubo inferior del parachoques con la mejora. No obstante, existen tratamientos adicionales que no se consideraron dentro de la simulación como tratamientos de soldadura y acabados superficiales ya que estos se deberían considerarse en la etapa de fabricación.

Tabla 2. Comparativa de resultados. Fuente: elaboración propia.

Modelo	Diseño propuesto	Diseño tradicional
Deformación direccional	0.20621 m	0.2267 m

Deformación total	0.22772 m	0.20623 m
Deformación elástica equivalente	0.0056004 m	0.0096669 m
Esfuerzo equivalente (Von Mises)	1.03189×10^9 Pa	1.82169×10^9 Pa

Conclusiones

El presente trabajo permitió evaluar un comportamiento estructural mediante una simulación de un parachoques tubular, sin embargo el proyecto presentó algunas limitaciones, una de ellas fue que el comportamiento del parachoques fue evaluado mediante una evaluación dinámica explícita bajo una condición de impacto específico, esto no permite determinar por sí solos su comportamiento ante todas las situaciones reales de impacto y el trabajo no culminó con una fabricación de algún prototipo de parachoques ni con alguna prueba física del mismo por lo que los resultados obtenidos en ANSYS podrían ser corroborados experimentalmente para determinar el comportamiento real del componente. Otra limitación fue que en la simulación solo se consideró el material DP600 por lo que en evaluaciones futuras podría utilizarse otros tipos de aceros avanzados de alta resistencia y realizar una validación experimental utilizando diferentes velocidades de impacto, condiciones de carga, diferentes posiciones de impacto y añadir proceso de manufactura.

El análisis de elementos finitos en ANSYS permitió evaluar el comportamiento mecánico del diseño convencional con la mejora. Los resultados demostraron que la incorporación del sujetador central incrementó la rigidez y favoreció la distribución de la carga aplicada de manera uniforme.

La deformación total disminuyó un 9.4%, esto indica que la estructura tiene una mayor capacidad para resistir la carga aplicada, mientras tanto la deformación elástica equivalente se redujo un 42% y esto evidencia que el material DP600 experimenta menores deformaciones internas disminuyendo deformación en zonas críticas.

Finalmente, los resultados obtenidos en ANSYS no establecen por sí solos el cumplimiento de alguna formal, la simulación solo constituye en una herramienta comparativa en la distribución de cargas, deformaciones y esfuerzos entre el diseño tradicional y con la mejora.

La ingeniería mecánica automotriz tiene una gran variedad de desafíos y uno de ellos es el diseño de piezas de seguridad, gracias a los avances tecnológicos ha aumentado significativamente las seguridades en automóviles de todo tipo. Este proyecto de investigación

está relacionado con diseño de mecanismos. También puede ayudar a investigaciones posteriores relacionadas a la importancia de la mejora mecánica en piezas automotrices de seguridad y que se creen nuevas mejoras y técnicas para preservar la seguridad de los usuarios.

Referencias

- Aguilar Paredes, S. (2023). Seguridad vial y su relación con los accidentes de tránsito en conductores y peatones de Lima Metropolitana y Callao en el año 2022. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Hu, X., & Feng, Z. (2021). *Advanced High-Strength Steel—Basics and Applications in the Automotive Industry* (ORNL/TM-2021/2047). Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, TN (United States). <https://doi.org/10.2172/1813170>
- Justicia Gallardo, D. (2014). *Diseño y simulación de un parachoques de automóvil*. <https://hdl.handle.net/2117/115505>
- Lozada, A. F. V., & Suquillo, N. R. G. (2018). Análisis por el método de elementos finitos del comportamiento de las pastillas de freno ABS con base de acero y zinc al discretizar el elemento continuo al utilizar “software” CAE. *Enfoque UTE*, 9(1), 188-203.
- Pachacama, V., Jorjue, A., Ulcuango, C., & Passo, R. (2024). El software de simulación como herramienta para el análisis de estructuras metálicas automotrices. *CONECTIVIDAD*, 5(3), 44–61. <https://doi.org/10.37431/conectividad.v5i3.146>
- Pérez-Núñez, R., Híjar, M., Celis, A., & Hidalgo-Solórzano, E. (2014). El estado de las lesiones causadas por el tránsito en México: Evidencias para fortalecer la estrategia mexicana de seguridad vial. *Cadernos de Saúde Pública*, 30, 911–925. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/0102-311X00026113>
- Stolarski, T., Nakasone, Y., & Yoshimoto, S. (2018). *Engineering Analysis with ANSYS Software*. Butterworth-Heinemann.
- Téllez López, D. M. D. R. (2011). *Caracterización de aceros avanzados y estudio de su resistencia mecánica y conformabilidad* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Vidal, C. R. (2016). *Diseño mecánico con Solidworks 2015*. Ra-Ma Editorial.
- Woge, O. G., Morán, C. O. G., & Chau, A. L. (2020). Introducción al método del elemento finito: Solidworks y Matlab. *Ideas en Ciencias de la Ingeniería*, 1(1), 27–47.