INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Autor: Jordy Xavier Mendoza Loaiza

Tutor: Ing. Edgar Gustavo Vera Puebla, Msc

Análisis de la Deformación Programada Estructural del Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc ante una Colisión Lateral

Guayaquil-Ecuador |2025

Aprobación del Tutor

Yo, Edgar Gustavo Vera Puebla certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido.

_____

Edgar Gustavo Vera Puebla, Msc

C.I.: 1715264105

Director del Proyecto

Certificación de Autoría

Yo, Jordy Xavier Mendoza Loaiza, con CI: 0750055816, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis 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, reglamento y leyes.

_____

Jordy Xavier Mendoza Loaiza

C.I.: 0750055816

Dedicatoria

Dedico este trabajo, con todo mi corazón, a mis padres, Jorge y María, quienes son mi mayor inspiración y motivo para seguir adelante. A ustedes, por sus sacrificios, amor infinito y fe en mí, les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado.

A mis hermanos, Fabián y Analy, por ser mi ejemplo y mí apoyo constante.

A mi novia, Erika, por ser mi apoyo, mi inspiración y mi refugio en cada paso de este camino. Este logro también es tuyo.

A mi abuelo materno, Servilio, que, aunque ya no esté físicamente, sé que desde el cielo celebra conmigo este momento.

Por último, quiero dedicármelo a mí mismo, por no rendirme, por aprender de los fracasos, y por demostrar que los sueños, con esfuerzo y dedicación, pueden hacerse realidad.

Jordy Xavier Mendoza Loaiza

Agradecimientos

Este proyecto representa no solo la culminación de mis estudios en Ingeniería Automotriz, sino también el esfuerzo, apoyo y amor incondicional que he recibido de quienes me rodean.

A mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental. Gracias por inculcarme valores, por confiar en mis sueños y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible. Su apoyo incondicional ha sido mi mayor motivación en cada paso de este camino.

A mis maestros y mentores, quienes compartieron su conocimiento y pasión por esta profesión. En especial a mi tutor de tesis el Ing. Edgar Vera por su paciencia, orientación y compromiso, sus consejos no solo enriquecieron mi trabajo, sino que también despertaron en mí una visión más amplia y profunda de lo que significa ser un ingeniero automotriz.

A mis amigos y compañeros de carrera, quienes hicieron de este camino una experiencia inolvidable. Gracias por las horas compartidas entre risas, desafíos y aprendizaje mutuo.

Finalmente, agradezco a Dios y a la vida por darme la fortaleza, la salud y las oportunidades para llegar hasta aquí. Este proyecto no solo es el resultado de años de esfuerzo, sino también de la ayuda y las enseñanzas de personas maravillosas que se cruzaron en mi camino.

Jordy Xavier Mendoza Loaiza

Índice General

Certificación de Autoría iv

Dedicatoria v

Agradecimientos vi

Índice General vii

Índice de Figuras xi

Índice de Tablas xiv

Índice de Ecuaciones xvi

Resumen xvii

Abstract xviii

Capítulo I 1

Problema de la Investigación 1

1.1 Tema de Investigación 1

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema 1

1.2.1 *Planteamiento del Problema* 1

1.2.2 *Formulación del Problema* 2

1.3 Sistematización del Problema 2

1.4 Objetivos de la Investigación 3

1.4.1 *Objetivo General* 3

1.4.2 *Objetivos Específicos* 3

1.5 Justificación e Importancia de la Investigación 3

1.5.1 *Justificación Teórica* 3

1.5.2 *Justificación Metodológica* 4

1.5.3 *Justificación Práctica* 5

1.5.4 *Delimitación Temporal* 6

1.5.5 *Delimitación Geográfica* 6

1.5.6 *Delimitación del Contenido* 6

1.6 Alcance 7

Capítulo II 8

Marco de Referencia 8

2.1 Fuerzas que Actúan sobre el Automóvil 8

2.2 Historia de la Carrocería del Automóvil 9

2.3 Partes de la Carrocería 11

2.4 Guardafango 19

2.5 Deformación programada 20

2.6 Energía de Deformación 22

2.7 Colisión 23

Capítulo III 26

Metodología 26

3.1 Métodos 26

3.2 Tipo de Estudio 26

3.2.1 *Investigación Descriptiva* 26

3.2.2 *Método Descriptivo* 27

3.3 Materiales de Estudio 27

3.4 Geometría del Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc 28

3.5 Modelado y Análisis de la Geometría del Guardafango Delantero Izquierdo 29

3.5.1 *Modelado y Análisis del Guardafango Delantero Izquierdo* 29

3.6 Proceso de Análisis del Material 36

3.6.1 *Consideraciones Iniciales para el Caso 1 – Carga de 138900 N* 36

3.6.2 *Consideraciones Iniciales para el Caso 2 – Carga de 277800 N* 41

3.6.3 *Consideraciones Iniciales para el Caso 3 – Carga de 500000 N* 45

3.7 Factor de Seguridad 49

Capítulo IV 50

Análisis de Resultados 50

4.1 Análisis de Datos Obtenidos 50

4.1.1 *Análisis de Tensión Von Mises – Caso 1* 50

4.1.2 *Análisis de Tensión Von Mises – Caso 2* 51

4.1.3 *Análisis de Tensión Von Mises – Caso 3* 51

4.1.4 *Análisis de Desplazamiento – Caso 1* 52

4.1.5 *Análisis de Desplazamiento – Caso 2* 53

4.1.6 *Análisis de Desplazamiento – Caso 2* 54

4.1.7 *Análisis de Deformaciones – Caso 1* 54

4.1.8 *Análisis de Deformaciones – Caso 2* 55

4.1.9 *Análisis de Deformaciones – Caso 3* 55

4.1.10 *Análisis de Factor de Seguridad – Caso 1* 56

4.1.11 *Análisis de Factor de Seguridad – Caso 2* 56

4.1.12 *Análisis de Factor de Seguridad – Caso 3* 57

4.2 Resumen de Datos Obtenidos 57

Conclusiones 59

Recomendaciones 61

Bibliografía 62

Anexos 64

Índice de Figuras

Figura 1 *Fuerzas que Actúan sobre el Automóvil* 8

Figura 2 *Carrocería Abierta* 9

Figura 3 *Carrocería Cerrada Fabricada en Acero con Refuerzo de Madera* 10

Figura 4 *Carrocería Autoportante* 10

Figura 5 *Estructura anti-vuelcos* 11

Figura 6 *Estructuras Internas que Conforman la Carrocería* 12

Figura 7 *Largueros de la Carrocería* 12

Figura 8 *Travesaños de la Carrocería* 13

Figura 9 *Montantes de la Carrocería* 13

Figura 10 *Estribos de la Carrocería* 14

Figura 11 *Estructuras Externas que Conforman la Carrocería* 15

Figura 12 *Techo de la Carrocería* 15

Figura 13 *Piso de la Carrocería* 16

Figura 14 *Puertas de la Carrocería* 17

Figura 15 *Capó de la Carrocería* 18

Figura 16 *Panel de Fuego de la Carrocería* 18

Figura 17 *Guardafango Delantero Izquierdo* 19

Figura 18 *Deformación Programada en Vehículos* 21

Figura 19 *Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc* 28

Figura 20 *Plano del* Guardafango del Kia Soluto 1.4 cc 29

Figura 21 *Bosquejo 2D del* Guardafango del Kia Soluto 1.4 cc 30

Figura 22 *Extrusión del Diseño Plano* 30

Figura 23 *Croquis en la Zona Media* 31

Figura 24 *Extrusión en la Zona Media* 31

Figura 25 *Redondeo en la Zona Media* 32

Figura 26 *Croquis en la Cara Lateral Externa* 32

Figura 27 *Extrusión en la Cara Lateral* 33

Figura 28 *Geometría de Planos con la Vista Lateral* 33

Figura 29 *Cambio de Dirección en una de las Geometría de Planos Realizado* 34

Figura 30 *Generación de 6 Cuadros Guía* 34

Figura 31 *Aplicación del Comando "Envolver"* 34

Figura 32 *Aplicación del Comando "Extruir"* 35

Figura 33 *Croquis para Generar Curvatura en la Zona Media* 35

Figura 34 *Extrusión para Generar Curvatura en la Zona Media* 36

Figura 34 *Diseño Final del* Guardafango del Kia Soluto 1.4 cc 36

Figura 36 *Aplicación de Sujeciones al Guardafango – Caso 1* 39

Figura 37 *Aplicación de Sujeciones al Guardafango – Caso 2* 43

Figura 38 *Aplicación de Sujeciones al Guardafango – Caso 3* 47

Figura 39 *Tensión de Von Mises – Caso 1* 50

Figura 40 *Tensión de Von Mises – Caso 2* 51

Figura 41 *Tensión de Von Mises – Caso 3* 52

Figura 42 *Análisis de Desplazamiento – Caso 1* 53

Figura 43 *Análisis de Desplazamiento – Caso 2* 53

Figura 44 *Análisis de Desplazamiento – Caso 3* 54

Figura 45 *Análisis de Deformación – Caso 1* 54

Figura 46 *Análisis de Deformación – Caso 2* 55

Figura 47 *Análisis de Deformación – Caso 3* 55

Figura 48 *Análisis de Factor de Seguridad – Caso 1* 56

Figura 49 *Análisis de Factor de Seguridad – Caso 2* 56

Figura 50 *Análisis de Factor de Seguridad – Caso 3* 57

Índice de Tablas

Tabla 1 *Características de Diseño del Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc* 28

Tabla 2 *Propiedades del Material – Caso 1* 38

Tabla 3 *Sujeciones – Caso 1* 39

Tabla 4 *Fuerzas de Reacción para el Caso 1* 40

Tabla 5 *Fuerzas de Cuerpo Libre para el Caso 1* 40

Tabla 6 *Información de Mallado para el Caso 1* 41

Tabla 7 *Propiedades del Material – Caso 2* 42

Tabla 8 *Sujeciones – Caso 2* 43

Tabla 9 *Fuerzas de Reacción para el Caso 2* 44

Tabla 10 *Fuerzas de Cuerpo Libre para el Caso 2* 44

Tabla 11 *Información de Mallado para el Caso 2* 45

Tabla 12 *Propiedades del Material – Caso 3* 46

Tabla 13 *Sujeciones – Caso 3* 47

Tabla 14 *Fuerzas de Reacción para el Caso 3* 48

Tabla 15 *Fuerzas de Cuerpo Libre para el Caso 3* 48

Tabla 16 *Información de Mallado para el Caso 3* 49

Tabla 17 *Fuerza de impacto – Caso 1* 50

Tabla 18 *Fuerza de impacto – Caso 2* 51

Tabla 19 *Fuerza de impacto – Caso 3* 52

Tabla 20 *Resultados Generales Obtenidos* 58

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Ecuación para la Energía de Deformación Inicial 22

Ecuación 2 Ecuación para la Energía de Deformación General 22

Ecuación 3 Fuerza de Impacto 37

Ecuación 4 Cambio del Movimiento 37

Ecuación 5 Cambio del Movimiento – Caso 1 37

Ecuación 6 Fuerza de Impacto – Caso 1 38

Ecuación 7 Cambio del Movimiento – Caso 2 41

Ecuación 8 Fuerza de Impacto – Caso 2 42

Ecuación 9 Cambio del Movimiento – Caso 3 45

Ecuación 10 Fuerza de Impacto – Caso 3 46

Resumen

En el día a día ninguna persona y conductor esta exenta de sufrir un accidente de tránsito, de mínimo o alto impacto. Es por ello que los conductores por malas prácticas o factores externos sufren de sobre-virajes, sub-virajes, choques por alcance, colisiones laterales, delanteras y posteriores, volcamientos, entre otros. En la actualidad y con el avance de la tecnología los vehículos se construyen con más seguridades para protección de los ocupantes y en lo máximo posible evitar atrapamientos y muertes, como las que sucedían con los vehículos antiguamente. Los materiales de construcción de cada parte del vehículo determinan cuán seguro es, ya que su deformación programable efectuará la liberación de la energía de choque con la que se recibe el impacto, es decir si un vehículo colisiona de forma frontal el impacto sufrido por el guardachoque debe ser absorbido hacia la parte inferior para que la energía no se traslade hacia la carrocería, a menos que la colisión sea de alto impacto donde el vehículo de ataque se haya desplazado a gran velocidad. Por cuanto el presente trabajo se enfoca en analizar un componente del vehículo Kia Soluto, el guardafango delantero izquierdo, el cual es considerado un elemento expuesto a sufrir daños por colisión dada su ubicación ente el guardachoque y la puerta delantera izquierda, unido a la bóveda izquierda. Además de que el lado izquierdo de todo vehículo es considerado de alta siniestralidad por su exposición en la conducción. El guardafango real se reproducirá a escala y se realiza su respectivo análisis de deformación cuando es impactado a distintas fuerzas de choque y así conocer su factor de seguridad, tensión y desplazamiento.

Palabras Clave: *Análisis, Carga de Impacto, Deformación, Estructura, Guardafango, Simulación.*

Abstract

In everyday life, no person or driver is exempt from suffering a traffic accident, whether of low or high impact. This is why drivers, due to bad practices or external factors, suffer from over-steering, under-steering, rear-end collisions, side, front and rear collisions, rollovers, among others. Nowadays, with the advancement of technology, vehicles are built with more safety features to protect the occupants and to avoid as much as possible entrapments and deaths, such as those that occurred with vehicles in the past. The construction materials of each part of the vehicle determine how safe it is, since its programmable deformation will release the crash energy with which the impact is received, that is, if a vehicle collides head-on, the impact suffered by the bumper must be absorbed towards the lower part so that the energy is not transferred to the body, unless the collision is a high-impact one where the attack vehicle has moved at high speed. This work focuses on analyzing a component of the Kia Soluto vehicle, the left front fender, which is considered an element exposed to collision damage due to its location between the bumper and the left front door, attached to the left vault. In addition, the left side of every vehicle is considered to have a high accident rate due to its exposure during driving. The real fender will be reproduced to scale and its respective deformation analysis will be carried out when it is impacted by different crash forces in order to know its safety factor, tension and displacement.

Keywords: *Analysis, Impact Load, Deformation, Structure, Fender, Simulation.*

Capítulo I

Problema de la Investigación

1.1 Tema de Investigación

Análisis de la deformación programada estructural del guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc ante una colisión lateral.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1 Planteamiento del Problema

Al día a día se presentan diversas situaciones relacionadas con la conducción de vehículos, tales como conductores que manejan a muy baja y/o alta velocidad, conductores bajo el efecto de sustancias psicotrópicas, robos de vehículos, accidentes de tránsito por alcance y/o colisión, entre otros. Las colisiones por alcance o impactos (frontal, lateral, posterior) son un punto de análisis en el estudio de cómo se fabrica el vehículo, debido a que de ello depende cuán afectado puede resultar los ocupantes del vehículo y el cómo se los protege para salvaguardar la vida y evitar muertes, así como también de ello dependerá si la zona de afectación conlleva un grado de aceptación para ser reparado o a su vez el cambio por una nueva pieza de igual o similar características de material de fabricación.

Los guardafangos delanteros son uno de los componentes que más daño se ha visto que sufren ante una colisión frontal, cuando el choque se da directamente al guardachoque y dependiendo del grado de impacto (medio o alto) afecta el guardafango (si es leve solo este desubicado del lugar, pero si es alto puede llegar a requerir un cambio). Cuando el choque es lateral y afecta directamente el guardafango el grado de afectación irá de leve (golpe y/o rayón superficial), medio (golpe profundo y no supera en un 70% del componente y/o rayón no muy profundo) y alto (golpe del componente supera el 70% y/o rayones son profundos). Es decir, que va desde un arreglo hasta el cambio de la pieza.

Por consiguiente la problemática del presente proyecto es la de diseñar un guardafango a escala real del guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc y poder realizar la simulación de deformación que se presenta cuando sufre un impacto de leve a alto, para determinar la resistencia del material y el factor de seguridad con el que se ha diseñado.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cuál es la metodología aplicable para conocer mediante simulación una deformación de componente automotriz que sufre impacto por colisión?

A través del problema formulado se pretende realizar la simulación virtual de deformación ante una colisión lateral aplicado en el guardafango delantero izquierdo y observa la deformación que se presenta a diferentes grados.

El problema se fundamenta en:

Diseñar el guardafango izquierdo a escala real mediante software computacional.

Descripción del guardafango, tanto en su estructura como en los materiales utilizados en su fabricación, con el fin de entender cómo se comporta el material al sufrir deformaciones.

Análisis del diseño, los materiales empleados, las cargas y fuerzas que actúan sobre él, así como el factor de seguridad del guardafango en cuestión.

Cálculo de ecuaciones que se intervienen en la resistencia de un material para así determinar las deformaciones que se presentan por una colisión lateral.

1.3 Sistematización del Problema

- ¿Cómo se selecciona y en qué se fundamenta el material con que se fabrica un guardafango del vehículo?
- ¿Cuál es el tipo de metodología que se aplica para analizar la estructura del guardafango?
- ¿Qué indicadores son base a considerar en el diseño, estudio, análisis y simulación de componentes del vehículo, el cual se somete a deformación por impacto?

- ¿Cuál es el cálculo base que se considera para analizar la estructura y determinar las deformaciones presentes por colisión?
- ¿Cuál es la teoría con que se fundamenta para analizar el material y función del guardafango en el automóvil?

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

- Analizar la deformación programada estructural del guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc ante una colisión lateral a través de ingeniería asistida por computador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Modelar el guardafango delantero izquierdo a través de la reproducción en un modelo 3D con su simulación respectiva de deformación.
- Determinar los parámetros de valoración para análisis y selección de material ideal para soporte de impactos laterales.
- Realizar el análisis del componente, material y forma con que se construye el guardafango izquierdo del vehículo para que soporte impactos en caso de colisión.

1.5 Justificación e Importancia de la Investigación

1.5.1 Justificación Teórica

Con base en el planteamiento del problema, debidamente sistematizado y con los objetivos formulados, se define el área geográfica en la que se llevará a cabo el proyecto, así como las justificaciones necesarias para responder a las preguntas planteadas en el proceso de trabajo, las cuales se detallan a continuación.

La actual simulación con fundamento técnico se justificará en el conocimiento de la forma y estructura del guardafango tanto en material como en su importancia de formar parte del vehículo. Para lo cual se dispone de un guardafango izquierdo que se replicará en su diseño

a escala real en software para la simulación de esfuerzos, análisis de estructura y material cuando existe colisión lateral.

El objetivo es poder simular la estructura del guardafango al deformarse por una colisión, así como el comportamiento del material, para determinar el mayor grado de fuerza de golpe que puede soportar y a la par conocer el desempeño y factor de seguridad.

Dado que el proyecto presenta un análisis estructural aplicado a la ingeniería técnica en la fabricación de componentes del vehículo.

1.5.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica del proyecto se basa en la resistencia de materiales y la simulación estructural, sustentada en enfoques cualitativos y cuantitativos, así como en el estudio y análisis, ya que se lleva a cabo una simulación de la deformación ante una colisión.

El proyecto se basa en conocer las características del diseño y el material de fabricación del guardafango izquierdo del vehículo, por medio del método experimental en el cual el estudio y el análisis del diseño tridimensional generado en computadora contribuirá a analizar en distintas fases de simulación la forma del elemento y obtener derivaciones variables del elemento para analizar la deformación presente cuando se presenta una colisión desde grado leve a alto. Para el análisis de forma lo que se requiere conocer son valores de ecuaciones que aplican para componentes estructurales del vehículo. Por tanto, se realiza la etapa de diseño, análisis, simulación y evaluación del elemento en estudio y el resultado obtenido se acerque a la realidad.

Por consiguiente la justificación metodológica agrupa técnicas de evaluación, análisis y simulación técnica que permite obtener resultados basados en datos numerales.

1.5.3 Justificación Práctica

La justificación práctica para el proyecto se basa en el esbozo real y simulación de deformaciones por colisión. En cuanto a los resultados a alcanzar se basa en las evaluaciones que se detallan a continuación:

- Intervención del guardafango izquierdo como elemento de protección de carrocería del vehículo, por medio de la descripción del diseño, forma y material.
- Evaluación del tipo de material de fabricación para verificar la seguridad del componente y su conexión directa con el vehículo.
- Análisis del guardafango izquierdo para poder determinar la forma y saber la fuerza de impacto máximo que soporta en caso de una colisión, como también de la deformación sufrida y vida útil del componente conforme a la geometría estructural, ya que por medio del proceso se muestra la resistencia del material del elemento, con el objetivo de que el estudio sea base para análisis técnicos futuros.
- Se toma como base el guardafango real y genuino del KIA Soluto 1.4 cc, por cuanto los costos no incluye el fabricar el componente, porque también se desarrolla el trabajo de forma computacional para los análisis técnicos de pruebas al que se somete el componente.
- Protección y seguridad en la carrocería del automóvil, porque que se evalúa la contextura, forma y material de construcción al aplicar fuerzas de impacto por colisión lo más cercano a sucesos realistas que permiten conocer fatigas y deformaciones que sufre el componente.
- La innovación y análisis técnicos del estudio son referentes en la simulación técnica tanto en el análisis, evaluación de estructura, tipo de material de construcción como en las fuerzas de impacto que puede llegar a sufrir.

En conclusión la justificación práctica se basa en el análisis de estructura de un componente del vehículo transponiendo la teoría a procesos de evaluación técnico, contribuyendo en la innovación del área de colisiones por medio de la simulación y estudio de deformaciones que se pueden presentar al aplicar fuerzas de impacto a distinto nivel.

1.5.4 Delimitación Temporal

De acuerdo con la planificación establecida para el presente trabajo investigativo tiene una proyección de tiempo que inicia el 16 de octubre de 2024 y finalizaría el 27 de enero de 2024, tiempo en el cual se lleva a cabo cada una de las fases en las que de manera cronológica se cumplirán con los objetivos planteados hasta llegar a su culminación.

1.5.5 Delimitación Geográfica

El presente estudio se lleva a cabo en las instalaciones de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, tanto en la parte teórica, así como práctica con la utilización de los laboratorios con que cuenta la institución.

1.5.6 Delimitación del Contenido

La delimitación del contenido se fundamenta en el marco teórico y las referencias para el análisis de los componentes estructurales del vehículo, así como en el estudio, simulación, forma y material de fabricación del componente en cuestión. La fase de investigación se fundamente en bibliografías con fundamento teórico – técnico, páginas web de carácter científico y técnico, artículos científicos, tesis y proyectos de titulación, entre otros, que se disponen en el orden correcto para cumplir con los objetivos establecidos.

El proceso del marco teórico se detalla en cuatro capítulos textuales con su conclusión y recomendación respectiva. La investigación se define por lo siguiente:

En cuanto a delimitaciones:

- No intervención en análisis técnicos no relacionada con la estructura del guardafango delantero izquierdo.

- No se analizara ningún otro componente ni elemento aparte del guardafango delantero izquierdo.
- No se llevarán a cabo pruebas físicas, simulaciones ni diseños que no estén relacionados con las fuerzas de impacto, el material y el diseño estructural.

1.6 Alcance

Como alcance de este trabajo se centraliza en el análisis de la deformación programada estructural que sufre un guardafango delantero izquierdo ante un impacto delantero. Se incluye la simulación en diferentes niveles de impacto (bajo, medio y alto) para analizar la resistencia del material del componente, el factor de seguridad y la identificación de los puntos críticos en la deformación de la estructura. El estudio abarca las ecuaciones básicas de la resistencia de materiales.

Por consiguiente no se consideran aspectos relacionados con la construcción ni costes mejora en el componente. El estudio se centra únicamente en el diseño, análisis y simulación del guardafango delantero izquierdo del Kia Soluto.

Capítulo II

Marco de Referencia

2.1 Fuerzas que Actúan sobre el Automóvil

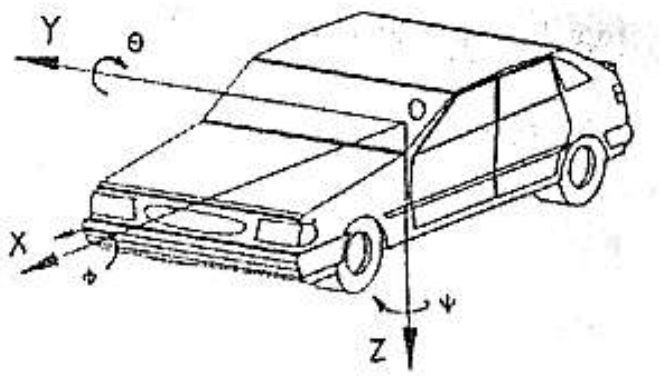
El comportamiento direccional del automóvil durante su recorrido sobre la calzada define la respuesta a las acciones ejercidas desde la manipulación del volante, como también las fuerzas externas que afectan la dirección y movimiento (curvas, flujos de aire, desniveles en el suelo, entre otros).

El vehículo en movimiento está sujeto a diversas influencias del entorno, y durante su desplazamiento, se ve afectado por factores relacionados con el movimiento transversal o lateral respecto a su ruta. En otras palabras, el automóvil experimenta problemas de estabilidad que afectan su comportamiento de dirección por perturbaciones externas sean naturales (flujos de aire, calzada mojada, irregularidades de la calzada, entre otros) o físicas (impacto por alcance, colisión frontal, superior, lateral o posterior con otro automotor o transeúnte(s), entre otros).

En la figura 1 se muestra el movimiento en el eje "X" denominado desplazamiento longitudinal (ϕ – Angulo de balanceo), en el eje "Z" desplazamiento vertical (Ψ – ángulo de guiñada) y en el eje "Y" desplazamiento lateral o transversal (θ – ángulo de cabeceo).

Figura 1

Fuerzas que Actúan sobre el Automóvil



Fuente: (Moncayo Ortiz, 2011)

Los factores que influyen en las características de dirección del automóvil son:

- Velocidad.
- Medio: flujos de aire, suelo, coeficiente de adherencia.
- Sistema de suspensión y frenado: características geométricas y dinámicas.
- Neumático: características de deriva y variación en función de la carga a soportar y esfuerzos transversales.
- Reparto de masas: posición del centro de gravedad, relación masa suspendida y no suspendida.
- Dimensiones: distancia entre ejes.

2.2 Historia de la Carrocería del Automóvil

Según la historia de la industria automotriz, la carrocería tuvo su origen el 23 de octubre de 1769, cuando el inventor francés Nicolás José Cugnot adaptó un motor a vapor a un carruaje para remolcar cañones de gran tamaño. Aunque su idea no tuvo gran impacto en su momento, fue en 1770 cuando se renovó este concepto, y en 1771, con el invento de Nikolaus August Otto del motor de combustión interna de 4 tiempos (MCI), la idea cobró mayor relevancia que se generó en la necesidad de disponer carrocería para aislar el área del motor con la del ocupante, tanto por el ruido generado como por seguridad. Las primeras carrocerías, del año 1895, eran abiertas por el peso que debía arrastrar los caballos. (Ver figura 2).

Figura 2

Carrocería Abierta

Fuente: (Moncayo Ortiz, 2011)

En el año 1900 donde ya se comercializa automóviles con carrocería cerrada (la mayoría fabricadas en madera). Entre los años 1900 y 1914 se observa las primeras carrocerías de aluminio aplicado el material en los componentes donde existían curvaturas para dar el diseño aerodinámico. Aunque los modelos eran rústicos, pesados y nada seguros ante una colisión.

El año 1927 se fabrica la primera carrocería con estructura de acero siendo su uso aplicado desde 1930 por las compañías automotrices. (Ver figura 3).

Figura 3

Carrocería Cerrada Fabricada en Acero con Refuerzo de Madera

Fuente: (Moncayo Ortiz, 2011)

En 1934 aparece el primer vehículo autoportante construido a base de láminas cortadas y estampadas de acero sobre un chasis con largueros y travesaños. En el año 1967 se construyen y dan paso a la ingeniería de uso de materiales menos pesados, más seguros y con mayor maniobrabilidad para la construcción de carrocerías, iniciando con el plástico con aleaciones distintas. (Ver figura 4).

Figura 4

Carrocería Autoportante

Fuente: (Moncayo Ortiz, 2011)

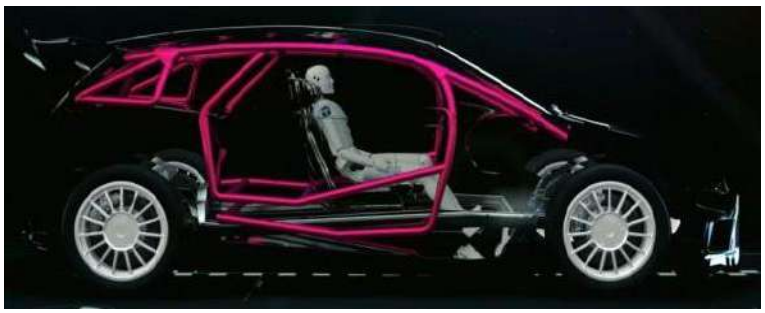
2.3 Partes de la Carrocería

La estructura de la carrocería de un vehículo se compone de partes fuertes y débiles, para que en caso de un impacto por alcance o colisión la deformación sea progresiva, con el fin de proteger a los ocupantes y reducir el riesgo de afectación. Se compone de:

- Estructura anti-vuelcos: también denominada jaula de seguridad, como dice su nombre. Su función es proporcionar seguridad a los ocupantes en caso de colisión o vuelco. Se trata de un arco que se construye alrededor de la cabina de pasajeros y se recubre con otros componentes para ofrecer protección y aislamiento. En el caso de vehículos modificados para competición la estructura es visible y principalmente de tipo tubular, haciendo necesario el uso de casco del ocupante en caso de impacto o volcamiento. En sus inicios eran simples estructuras para dar soporte a los demás componentes del vehículo, en la actualidad en vehículos de media y alta gama se conectan a sensores que al momento detectar una colisión (dependiendo el grado de impacto) generan la deformación necesaria para resguardar la integridad del ocupante, a más del sistema de airbags que se desprenderán en diferentes puntos del habitáculo. Ver figura 5.

Figura 5

Estructura anti-vuelcos



Fuente: (Plaza, 2021)

- Estructuras internas: aquellos que quedan ocultos por los tapizados y actúan como soporte de los esfuerzos elásticos (peso del automóvil, ocupantes, entre otros), y

esfuerzos dinámicos (generación de suspensión y amortiguamiento, frenado, entre otros). Ver figura 6.

Figura 6

Estructuras Internas que Conforman la Carrocería

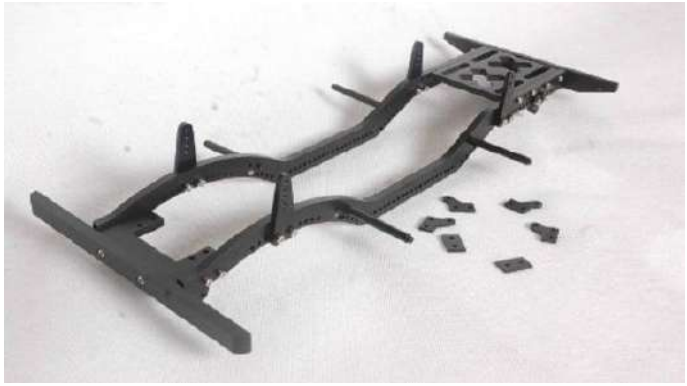
Fuente: (Carlider, 2022)

Al interior de las estructuras internas se tiene:

Largueros: se ubica longitudinalmente de extremo a extremo del vehículo en forma de viga rectangular o tubular para dar la rigidez y el soporte lateral del piso de la carrocería. Sobre estos se monta los travesaños y demás estructuras de la carrocería Ver figura 7.

Figura 7

Largueros de la Carrocería

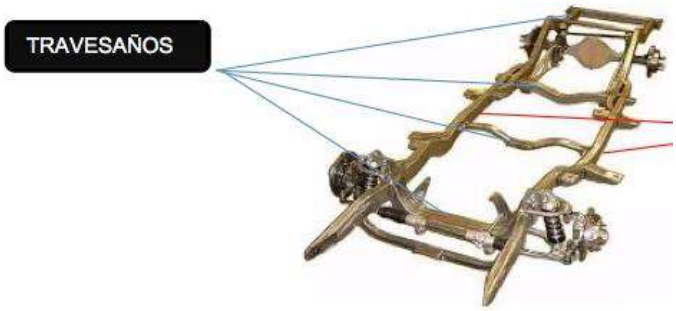


Fuente: (Carlider, 2022)

Travesaños: son vigas de refuerzo que se ubican de forma transversal sobre los largueros para aumentar la rigidez. Sobre éstos se monta los sistemas del vehículo y demás estructuras de la carrocería Ver figura 8.

Figura 8

Travesaños de la Carrocería

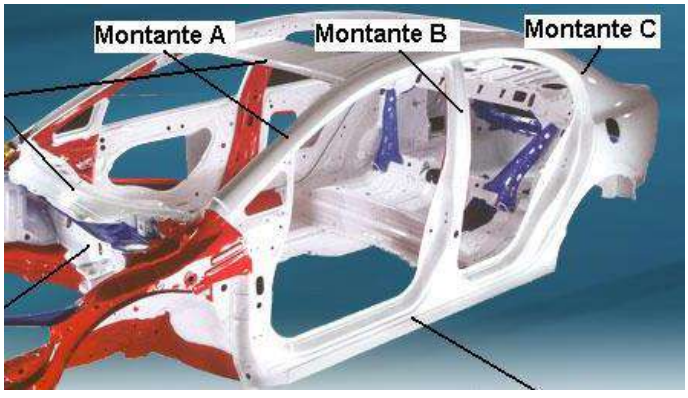


Fuente: (Carlider, 2022)

Montantes: también llamados pilares o parantes, son planchas verticales robustas que van del piso al techo y que se unen a las columnas donde se porta las bisagras para las puertas, dependiendo donde se ubiquen su nombre varía. Dependiendo del fabricante de vehículos puede que los montantes sean una sola estructura creando pilares por separado para formar la estructura y dar rigidez. En sí es la parte que da la forma para el diseño del vehículo. Ver figura 9.

Figura 9

Montantes de la Carrocería



Fuente: (Carlider, 2022)

Traviesas: refuerzan los travesaños, uniendo los largueros entre sí en la zona delantera del piso para dar mejor sujeción al motor.

La unión entre los largueros, travesaños y traviesas forman el denominado bastidor.

Cimbras: es una prolongación superior de los pilares, que forman el arco que sostiene el techo y resguarda en caso de volteo.

En vehículos descapotables las cimbras son de material diferente al convencional y se desprenden con el techo.

Estribos: son elementos clave para la seguridad de los ocupantes en caso de un choque lateral.

Se encuentran ubicados a lo largo de ambos lados del piso del habitáculo, y están compuestos por partes externas e internas que proporcionan mayor resistencia al impacto.

Se unen con los pilares delanteros, centrales y posteriores. Ver figura 10.

Figura 10

Estribos de la Carrocería

Fuente: (Carlider, 2022)

- Estructuras externas: aquellos que dan el aspecto del diseño del vehículo, son visibles, la forma es aerodinámica, rígida y liviana a la vez y da soporte a la seguridad de los ocupantes. Ver figura 11.

Figura 11

Estructuras Externas que Conforman la Carrocería

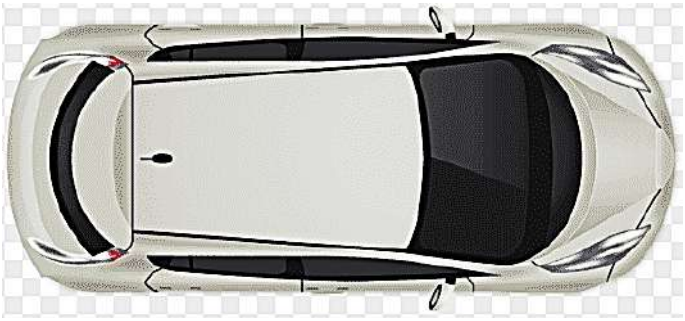
Fuente: (Carlider, 2022)

Dentro de las estructuras externas se tiene:

Techo: es el componente que se ubica en la parte superior de la carrocería, se monta sobre las cimbras y se apoya con los pilares de la carrocería por medio de soldadura de punto. Su diseño dependerá del fabricante pero es recomendable que sea curvo para dar paso al aire que fluye a través de él así como también en caso de volcamiento soporte el peso que recaerá sobre él. Internamente se coloca el tapizado de techo tanto por diseño ergonómico como de seguridad por vuelco en caso de una colisión ya que el ocupante golpeará contra un elemento suave más no rígido. Ver figura 12.

Figura 12

Techo de la Carrocería



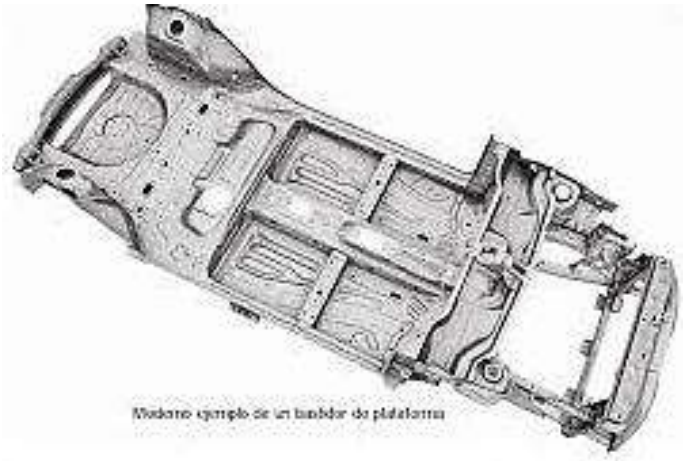
Fuente: (Carlider, 2022)

Piso: Se constituye por láminas de acero en dos partes emplazadas (piso de habitáculo y piso de maletero), a los lados del túnel central; que suministran rigidez a la carrocería, dan

soporte a los esfuerzos que recaen sobre él. Sobre el piso se monta el tapizado que aísla el ruido, el polvo y da ergonomía a los ocupantes. Ver figura 13.

Figura 13

Piso de la Carrocería



Fuente: (Carlider, 2022)

Puertas: Se constituye con barreras de defensa lateral interior fabricada en acero o aluminio. Dan el cierre a la carrocería siendo abatibles para su apertura y cierre, ajustándose a los pilares delanteros (en el caso de puertas delanteras) y pilares intermedios (en el caso de las puertas posteriores); se puede dar el caso que se ajusten a la cimbra cuando el diseño de la puerta es abatible hacia arriba puertas denominadas como alas de avión), o se ajusten a los pilares posteriores, en el caso de puertas posteriores abatibles hacia atrás (puertas denominadas como suicidas), o también puede existir el caso de no existir ajustes de puertas posteriores cuando son modelos de vehículos con 3 puertas; todo depende del diseño del fabricante. Internamente disponen del tapizado que sirve de apoyo para cubrir los componentes internos (chapa de puerta, mecanismo eleva vidrio, cableado, parlantes, vidrio) y a la vez dar ergonomía al pasajero por medio de un apoya brazo y dependiendo el diseño se podrá disponer de los botones de control para mando de subir y bajar el vidrio, botón de control para mover el vidrio retrovisor externo, entre otras funciones que pueden existir. Ver figura 14.

Figura 14

Puertas de la Carrocería

Fuente: (Carlider, 2022)

Capó: es una puerta abatible que dispone de dos brazos (denominados bisagras) que se ajustan al montante de la carrocería. Lo más común es que va en la parte frontal, ciertos vehículos lo traen en la posterior cuando el diseño de la ubicación del M.C.I es posterior.

En los vehículos modernos disponen de deformación programada en caso de colisión, es decir en caso de impacto frontal el capo se recorre y de ser un mediano impacto se deformara como acordeón para evitar que en caso de explosión del M.C.I el fuego se propague y de ser el caso que el parabrisas explosione los gases entren al habitáculo de los ocupantes. En los vehículos antiguos en caso de una colisión el capó sabía desprenderse generando que el conductor pierda control del vehículo.

En su parte interna dispone un tapizado llamado aislante de calor que hace la función de absorber el calor generado por el M.C.I y no se afecte la estructura del capó, de no existir este elemento puede provocar el desgaste prematuro del material del capó generando orificios por donde escape calor hasta orificios de mayor tamaño que permitan el ingreso de aire y polvo al compartimiento del motor.

Su diseño aerodinámico es fundamental para el paso del flujo de aire. Ver figura 15.

Figura 15

Capó de la Carrocería

Fuente: (Carlider, 2022)

Panel de fuego: denominado también como salpicadero, es la estructura que divide al habitáculo del motor con el habitáculo de los pasajeros, generando una barrera que impide la transferencia de calor, ruidos, y de haber una colisión frontal impide que ingresen los componentes mecánicos al interior. Se conecta mediante soldadura entre el piso, el túnel central y los pilares delanteros. Así como el capó dispone de un tapizado tanto en la parte que da hacia el habitáculo del motor como un tapizado hacia la parte del habitáculo de los pasajeros, el cual absorbe el polvo y la transferencia de calor. Ver figura 16.

Figura 16

Panel de Fuego de la Carrocería

Fuente: (Carlider, 2022)

Otra estructura externa y del cual se refiere el presente proyecto es el guardafango, el cual se describe en los siguientes puntos del marco de referencia.

2.4 Guardafango

Denominado también como aleta, son estructuras externas que se unen al guardachoque por medio de un soporte plástico o metálico, para sellar el compartimiento del motor y así protegerlo de la entrada de polvo, dar un aspecto estético y sobretodo proteger en caso de impacto. El diseño aerodinámico permite que el flujo de aire pase y se direccione hacia abajo. Se ubican en la parte delantera y posterior del vehículo (por lo general denominado costado si va atrás), su lado se identifica por la posición del volante (izquierda y derecha). Ver figura 17.

Figura 17

Guardafango Delantero Izquierdo

Fuente: (Carlider, 2022)

En los automóviles modernos están diseñados para trabajar en conjunto con otras estructuras tales como refuerzos laterales, travesaños y paneles de carrocería para mejorar la seguridad en caso de colisión. El material de fabricación depende del fabricante del vehículo, por lo general son de:

- Acero estampado: es el material más común debido a su durabilidad y resistencia a la corrosión.

- Aleaciones de plásticos reforzados: son de rápida y fácil producción, así como también son de bajo costo. Los vehículos de baja y media gama los utilizan comúnmente.
- Aluminio: es un material más ligero que el acero y brinda buena resistencia a la corrosión, por lo general se los utiliza en vehículos de alta gama.

Independientemente del tipo de material que se utilice, el proceso de fabricación por lo general es:

- Diseño: se realiza el diseño del guardafango a través de software CAD. Se considera el tipo de automóvil, dimensiones y forma.
- Fabricación del molde: con el diseño definido se procede a fabricar el molde a escala real utilizando el o los materiales.
- Inyección de plástico: para el caso del guardafango de material plástico se requiere del proceso de inyección de plástico en el molde para generar la forma deseada.
- Corte y doblado: para el caso del guardafango de material de acero y aluminio, se requiere de la prensa para cortar y dar forma al metal. Así como también se utiliza de la máquina de doblado para dar la forma adecuada.
- Soldadura: dependiendo del fabricante es necesario la soldadura de varias piezas de metal para formar el guardafango.
- Acabado: se realiza el proceso de pintura base y pulido.

2.5 Deformación programada

La deformación programa es considerada un elemento de seguridad pasiva, en la actualidad las estructuras del vehículo se diseñan para que se deforme de forma progresiva para proteger el habitáculo (que se mantenga lo más intacto posible) y los ocupantes (para evitar en lo posible muertes). Por lo cual las estructuras se las divide en dos (Ver figura 18):

- Débil: también denominado zonas blandas, que son aquellas que absorben la energía del impacto en una colisión.
- Rígido: también denominadas zonas duras, que son las encargadas de la protección de los ocupantes.

Figura 18

Deformación Programada en Vehículos

Fuente: (Transitovial, 2020)

Las estrategias del diseño del guardafango para que exista la deformación programada son:

- Zonas de deformación: el guardafango se diseña con zonas específicas para deformarse ante un impacto y así distribuir la energía.
- Refuerzos: puede existir como no refuerzos internos (llamados nervios), para dirigir la deformación de forma controlada.
- Materiales: el tipo de material influye en la forma en que se comportará el guardafango durante la colisión.

2.6 Energía de Deformación

Cuando un vehículo recibe un impacto, sin importar el ángulo de incidencia, la energía externa aplicada sobre los componentes elásticos se convierte en energía de deformación, también conocida como energía potencial. Así, si el componente se deforma a una determinada distancia, esta energía es equivalente al producto de la fuerza promedio y la deflexión, por tanto la energía de deformación almacenada en el componente deformado, forma la ccuación 1.

Ecuación 1

Ecuación para la Energía de Deformación Inicial

$$U = \frac{FY}{2} = \frac{F^2}{2K}$$

Donde:

U = Energía de deformación

F = Fuerza media

Y = deformación

K = constante del material

Al sustituir K, la energía de deformación para compresión y tensión, se genera la ecuación 2.

Ecuación 2

Ecuación para la Energía de Deformación General

$$U = \frac{F^2\, L}{2\, A\, E}$$

Donde:

A = Área

E = Módulo de elasticidad longitudinal

L = Longitud

Partiendo de la ecuación para la energía de deformación general, se es necesario conocer las siguientes propiedades del material:

- Elasticidad: es la capacidad del material para volver a su forma y dimensiones originales una vez que se elimina la carga que lo deforma.
- Deformación plástica: el material no regresa a su forma y dimensiones originales después de que se suspende la carga aplicada a temperatura ambiente, debido a que experimenta cambios termodinámicos irreversibles sin alcanzar el punto de ruptura. Para que recupere la forma y dimensiones se es necesario trabajar en frío, pero la estructura granular sufrirá cambios, así como las propiedades físicas, mecánicas y químicas. Punto que se considera cuando se realiza trabajos de recuperación y/o reparación de estructuras.

2.7 Colisión

Las fuerzas de impacto o actuantes hacen desviar el seguimiento de la trayectoria pudiendo ser:

- Internas: se generan por la inercia de los ocupantes, la masa, el peso y la velocidad de desplazamiento.
- Externas: se originan debido a la resistencia de los obstáculos en el camino, de manera frontal y/o lateral.

El impacto de una colisión ocurre cuando 2 cuerpos en movimiento chocan entre sí, el tiempo por lo general es muy corto debido a que uno de los cuerpos ejerce oposición, generando fuerzas impulsivas.

En un desplazamiento del vehículo lo más común de colisión es el choque entre 2 o más vehículos donde se genera un cambio de movimiento debido a las fuerzas internas. Los impactos pueden ser:

- Central: ocurre cuando la dirección del movimiento de los centros de masa de ambos vehículos sigue una línea que pasa a través de sus respectivos centros de masa.
- Oblicuo: cuando entre los dos vehículos ocurre un impacto donde uno del otro tiene velocidades de dirección y magnitud desconocida.

En el caso de la colisión se habla en función de la ocurrencia, siendo:

- De tipo simple: donde interviene un solo automotor.
- De tipo múltiple: donde interviene dos o más automotores, un automotor con un peatón y/u obstáculo.

Partiendo de la ocurrencia se da lugar a:

- Volcamiento: cuando el automotor se apoya sobre las 2 ruedas del mismo lado girando en sentido transversal a la dirección del movimiento (sea derecha o izquierda). Si gira 90° se queda sobre el costado de la posición normal de desplazamiento. Si gira 180° el vehículo queda apoyado sobre el techo. Y si gira 270° (3/4 de vuelta) respecto a la posición normal y una vuelta queda en posición normal con afectación del techo que ha hecho de "trampolín" para el siguiente giro.
- Salto: pérdida temporal del contacto de las ruedas con la carretera, regresando posteriormente a su posición normal de movimiento.
- Frontal: dos vehículos en movimiento, con sus partes frontales, se enfrentan directamente. La intensidad del impacto dependerá de la fuerza con la que se encuentren.
- Posterior: dos vehículos en movimiento con los elementos posteriores se encuentran uno detrás al otro. El grado de impacto dependerá de la fuerza de encuentro que han tenido. Es el suceso más raro que puede existir pero se genera por lo general en vehículos cuando se encuentra con marcha atrás.

- Frontal – posterior: dos vehículos o más con o sin movimiento con los elementos delanteros y posteriores se encuentran delante y detrás al (los) otro(s). El grado de impacto dependerá de la fuerza de encuentro que han tenido. Es lo más común y en algunos casos son impactos por alcance ya que un vehículo desacelera o frena bruscamente produciendo que el vehículo que viene en la parte posterior se impacte y si el impacto es considerable genera que el vehículo impactado se desplace hacia delante sin control chocando con el que está delante de él (choque múltiple).
- Lateral: cuando los vehículos se impactan sin coincidencia (frontal o posterior), es decir el vehículo que impacta se acerca por un costado del otro vehículo, generando un impacto que va de 0° a 180°.

Capítulo III

Metodología

3.1 Métodos

Los métodos a utilizar se emplean para el diseño geométrico 3D de la estructura del guardafango delantero izquierdo; asignación de material basado en la utilización para estructuras de carrocería del vehículo; aplicación de fuerzas y condiciones de impacto para simulación de colisión a distintos niveles; generación de mallado para mayor precisión, análisis de estructura para evaluación de sucesos por impacto, deformaciones generadas y factor de seguridad, verificando los resultados con datos experimentales para la optimización topológica y la mejora de la forma..

3.2 Tipo de Estudio

El tipo de estudio a aplicar es cualitativo, cuantitativo, experimental y de simulación por ordenador. Se aplica métodos de ingeniería asistida por ordenador (CAE) para análisis de deformación programada estructural del guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc, por medio de la simulación se observa las deformaciones presentes a distinto nivel de impacto de colisión lateral. El análisis incluye la validación de resultados por medio de comparaciones experimentales en la variación de la forma del guardafango izquierdo cuando se aplica fuerzas de impacto. Este enfoque permite conocer la resistencia del componente estructuralmente cuando sufre un impacto lateral.

3.2.1 Investigación Descriptiva

El análisis descriptivo en la investigación del guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto consiste en realizar simulaciones para contrarrestar los resultados mediante simulación CAE. Se generan pruebas virtuales de impacto lateral por colisión, resistencia al impacto y análisis de deformaciones. Se observara la deformación programada estructural y el factor de seguridad replicando impactos por colisión lateral a distintos niveles. Los datos obtenidos se

comparan para conocer la fuerza de impacto mayor que puede soportar sin destrucción del componente.

3.2.2 Método Descriptivo

El método descriptivo implica someter el guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto a pruebas físicas controladas para validar los resultados del análisis CAE. Se aplicarán fuerzas de impacto lateral en niveles leves, medios y altos, mediante la realización de pruebas de resistencia y factor de seguridad. Los resultados obtenidos se compararán con las predicciones del modelo computacional, ajustando los parámetros si es necesario para garantizar la precisión de la simulación y asegurar la seguridad del guardafango en condiciones reales de uso.

3.3 Materiales de Estudio

El objetivo del proyecto es simular y analizar las deformaciones que ocurren en el guardafango delantero izquierdo del vehículo, cuando sufre una colisión basados en la estructura del elemento como en el material de construcción, a través de la simulación, se proporciona un aporte técnico para el estudio de las estructuras de la carrocería del vehículo que son afectadas por impactos externos en una colisión a distintos niveles (lateral, frontal, superior e inferior). Así también se involucran análisis del componente mediante el uso del software de diseño asistido por computadora (CAD), se determina el factor de seguridad con el que se ha diseñado. Los resultados se analizan y evalúan según los parámetros de resistencia de materiales y estructuras, así como la geometría de un guardafango delantero a escala, la seguridad que ofrece el componente, la protección que brinda a los ocupantes del vehículo dentro de la carrocería y las deformaciones causadas por una colisión lateral. La metodología de investigación se basa en:

- Modelaje y análisis de la forma del guardafango delantero izquierdo.
- Análisis de resultados mediante CAD.

- Proceso de evaluación de la estructura a través de CAD.
- Interpretación, simulación y evaluación de respuestas del componente.

3.4 Geometría del Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc

La figura 19 presenta el guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc.

Figura 19

Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc

La tabla 1 presenta las características de diseño del guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc en estudio.

Tabla 1

Características de Diseño del Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc

Característica técnica	Descripción
Altura	85 cm
Ancho	45 cm en la parte más ancha
Profundidad	25 cm
Material de fabricación	Aleación de acero estampado, cuando es de procedencia de marca genuina Aleación de plástico reforzado, cuando es de procedencia de marca alterna

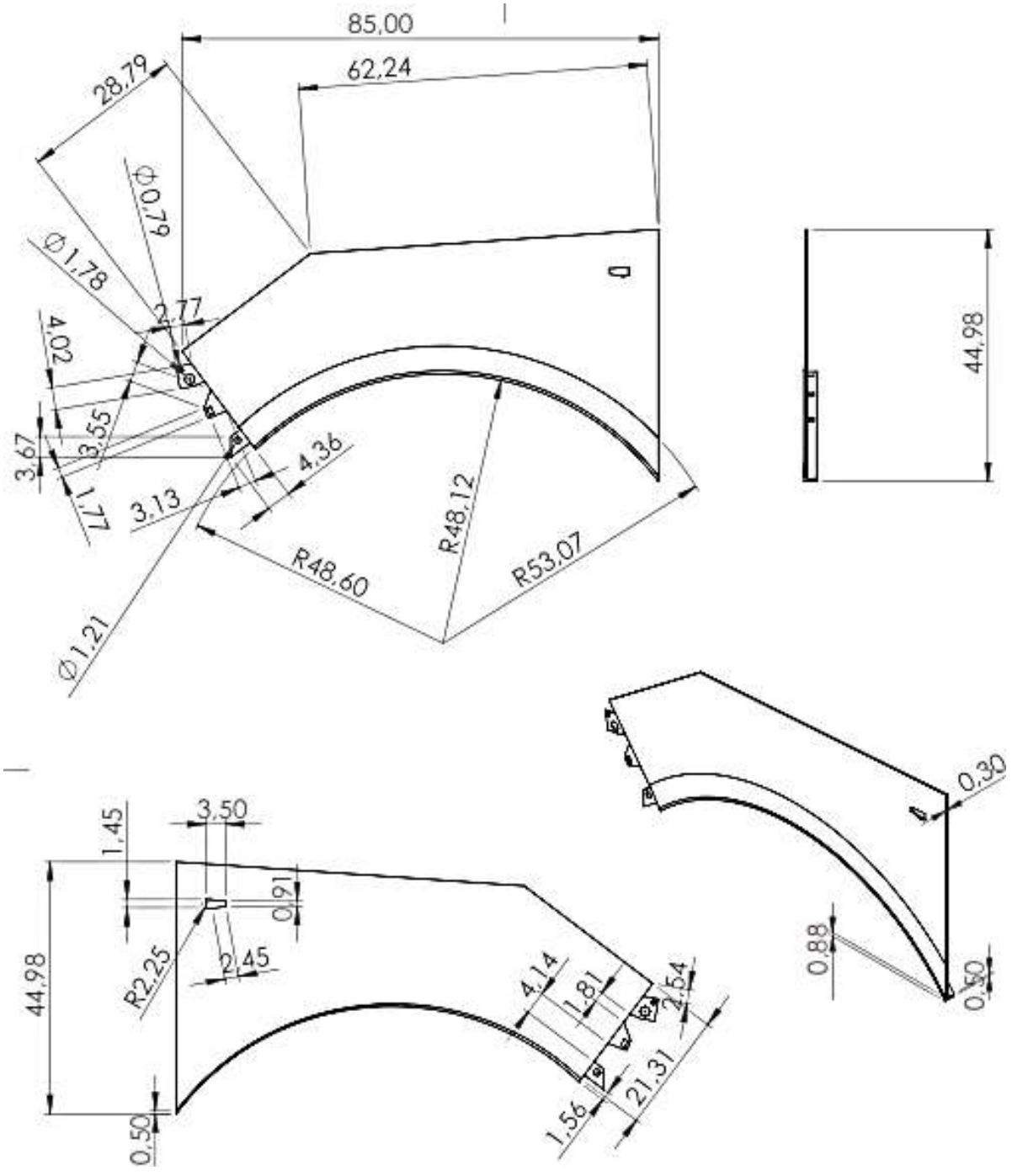
3.5 Modelado y Análisis de la Geometría del Guardafango Delantero Izquierdo

3.5.1 Modelado y Análisis del Guardafango Delantero Izquierdo

Para realizar el diseño del guardafango del Kia Soluto 1.4 cc en el software SolidWorks, se realiza el boceto 2D basándose en el plano que se observa en la figura 20. El plano se encuentra realizado con las medidas reales a escala.

Figura 20

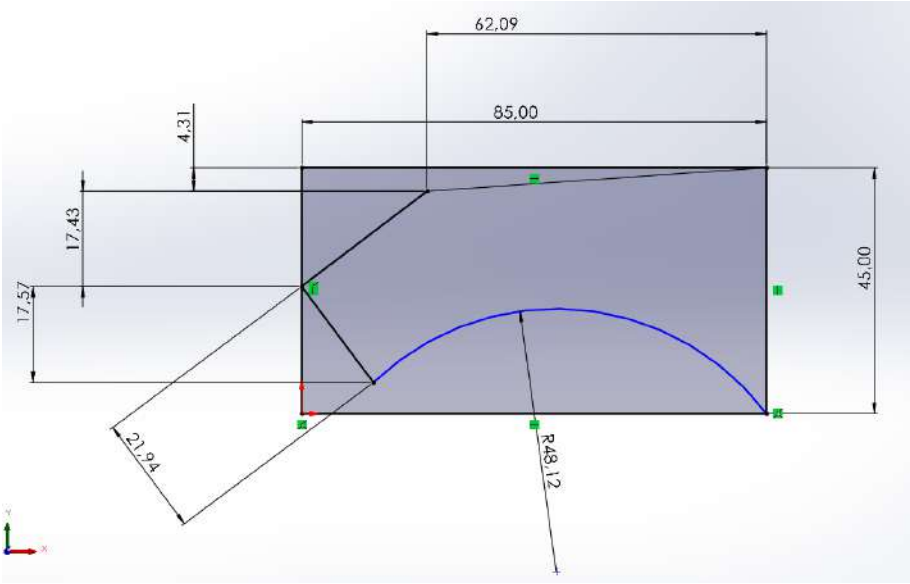
Plano del Guardafango del Kia Soluto 1.4 cc



Se genera el bosquejo 2D en el software como se muestra en la figura 21.

Figura 21

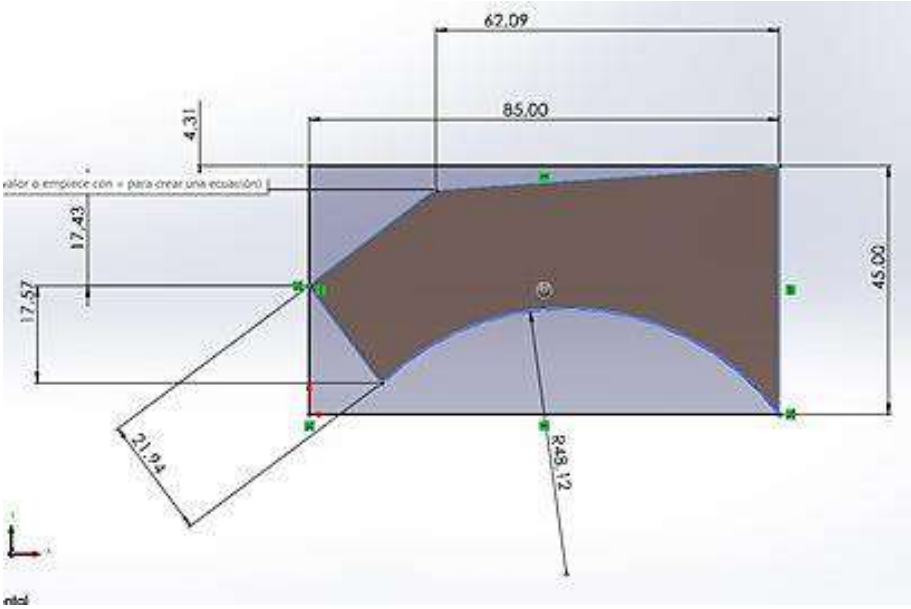
Bosquejo 2D del Guardafango del Kia Soluto 1.4 cc



Para dar inicio a la forma 3D se realiza una extrusión a 1cm de la parte sombrada que se muestra en la figura 22.

Figura 22

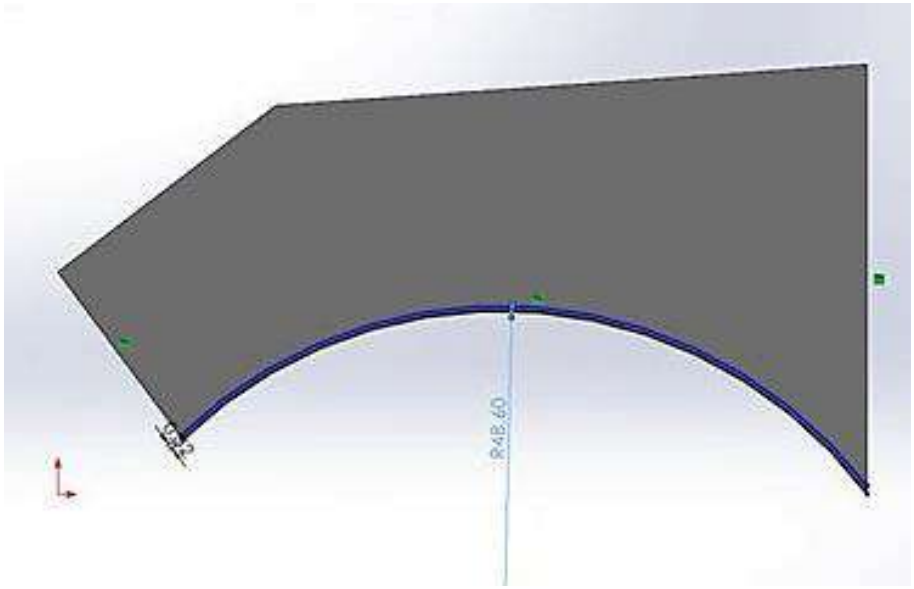
Extrusión del Diseño Plano



A continuación se genera un croquis que servirá de guía para extruir la parte media del guardafango, como se muestra en la figura 23.

Figura 23

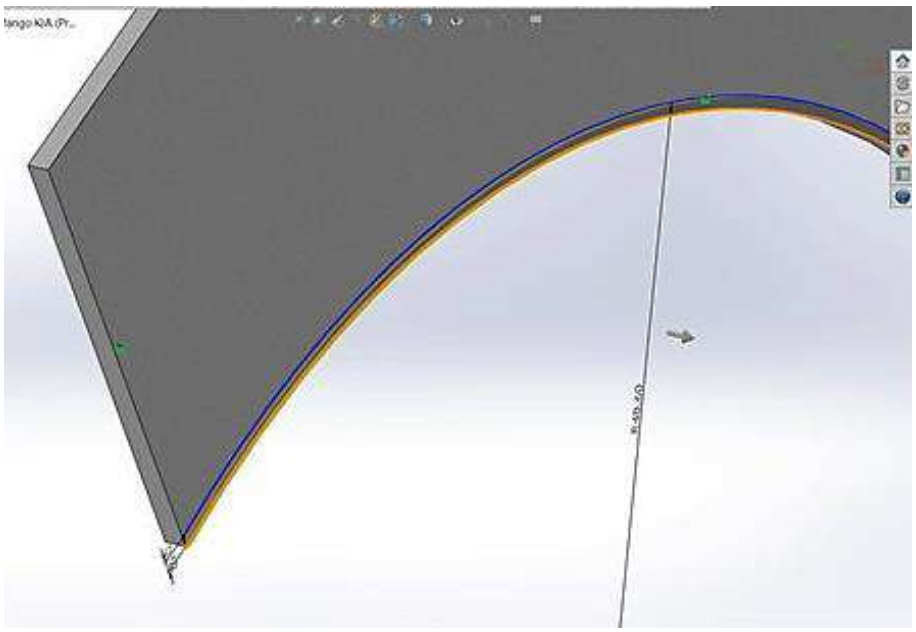
Croquis en la Zona Media



Se procede con la extrusión hacia dentro de la zona media a 0.2 cm, como se ilustra en la figura 24.

Figura 24

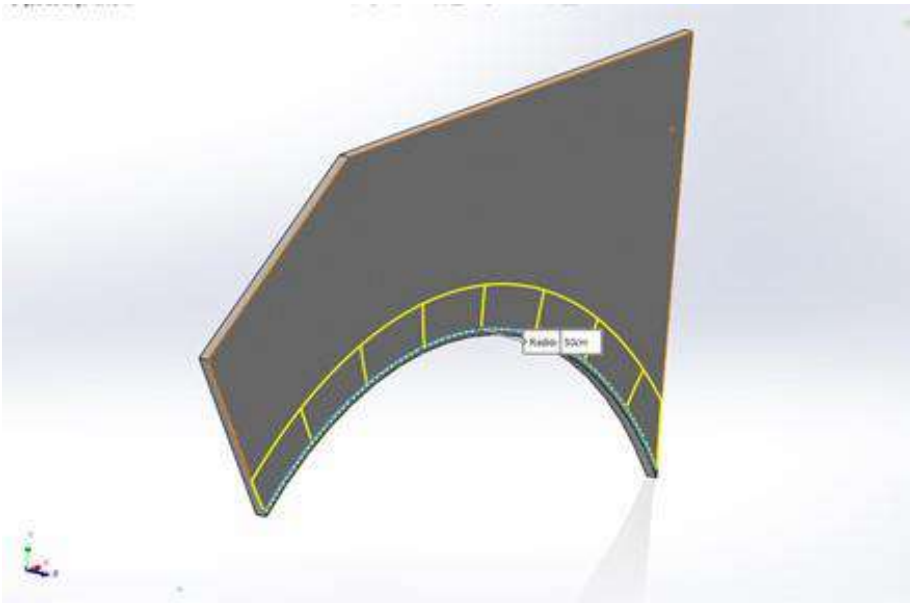
Extrusión en la Zona Media



Para dar la forma curva se procede a utilizar el comando de redondeo. Ver figura 25.

Figura 25

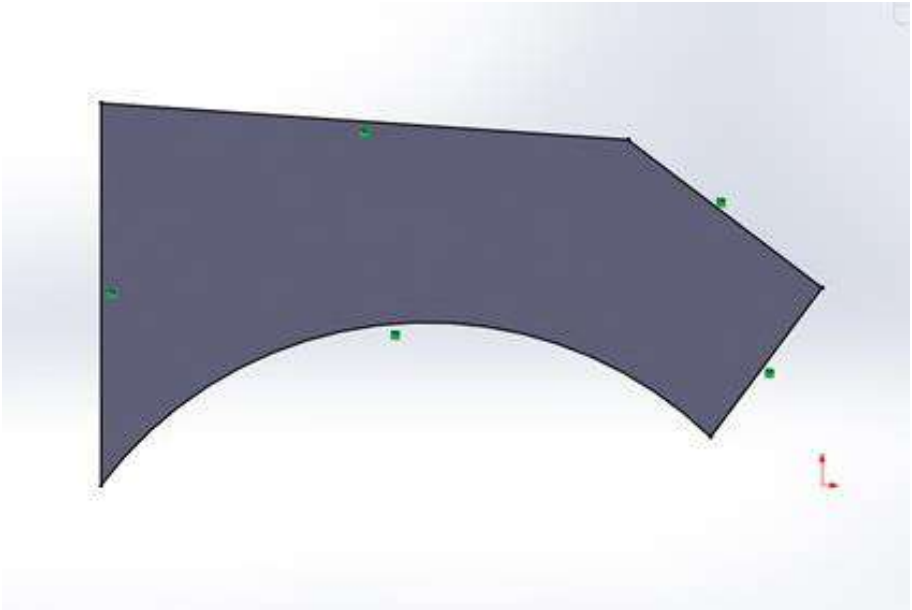
Redondeo en la Zona Media



Debido a que el guardafango no es plano en su cara lateral externa se debe dar el realce de curva y para ello primero se crea un croquis la zona lateral como se ilustra en la figura 26.

Figura 26

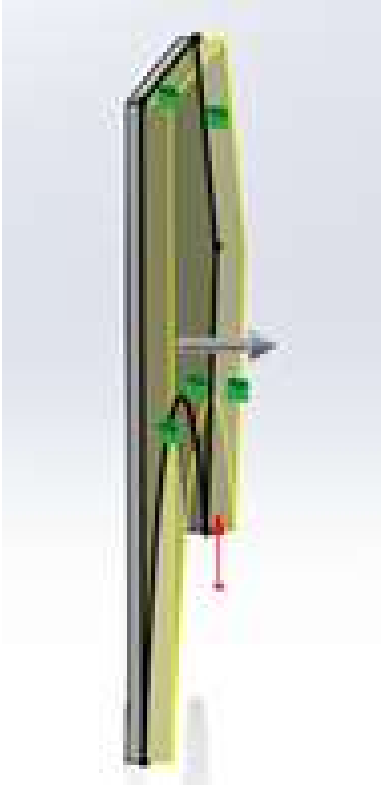
Croquis en la Cara Lateral Externa



Se procede con la extrusión en la cara lateral externa a 1.7 cm como se muestra en la figura 27.

Figura 27

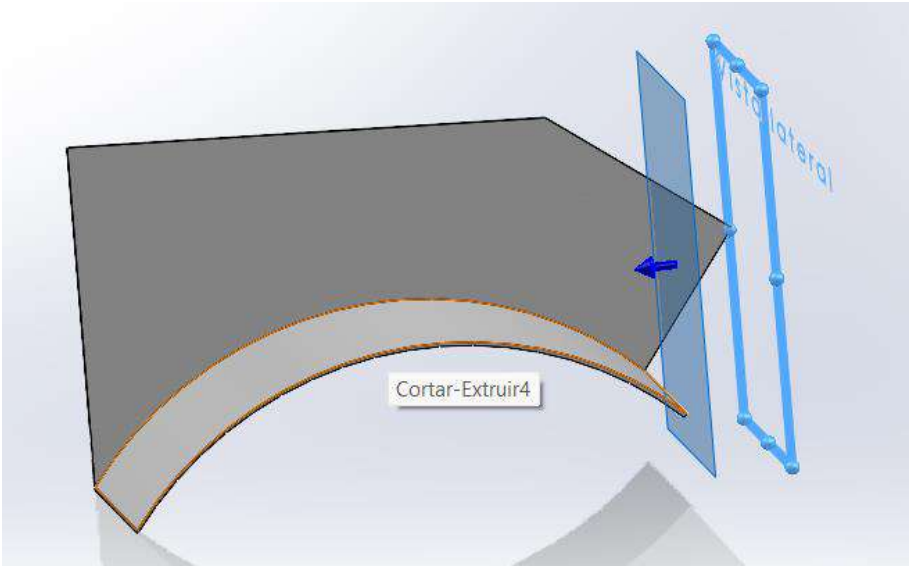
Extrusión en la Cara Lateral



El guardafango del Kia Soluto conlleva un orificio donde se inserta la luz direccional, se procede a realizar una geometría de planos con la vista lateral como se ilustra en la figura 28.

Figura 28

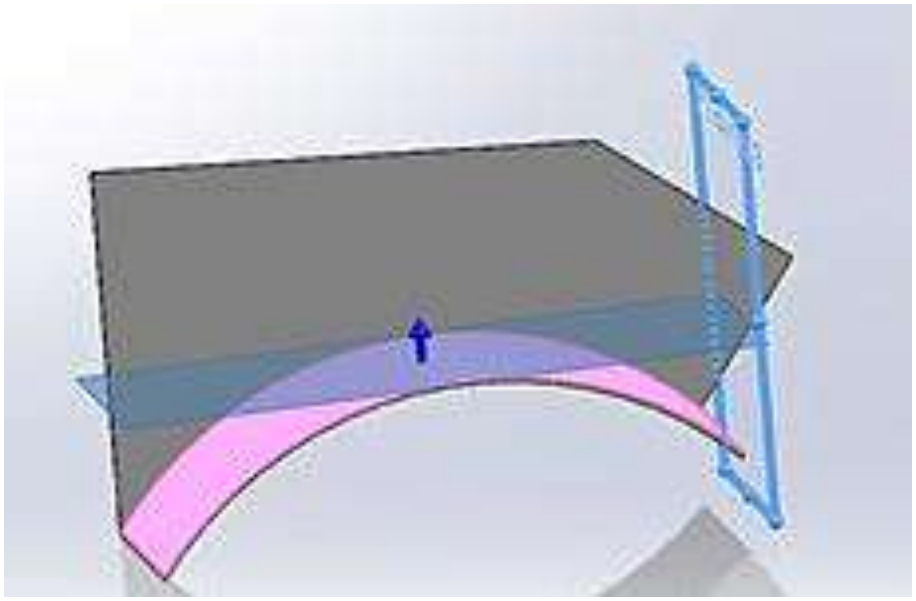
Geometría de Planos con la Vista Lateral



Se realiza un cambio de dirección de uno de los planos de geometría realizado como se muestra en la figura 29.

Figura 29

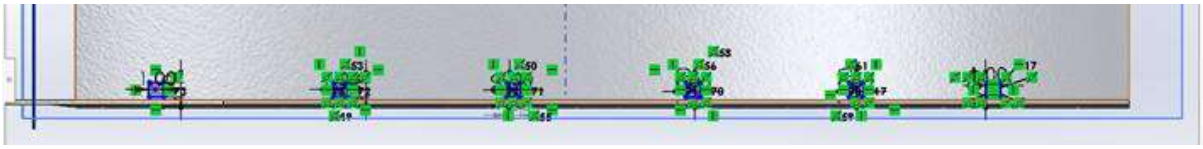
Cambio de Dirección en una de las Geometría de Planos Realizado



A partir del plano que se modificó se procede a generar seis cuadros de 0.1 x 0.1 cm que servirán de guía para generar el orificio donde va la luz direccional. Ver figura 30.

Figura 30

Generación de 6 Cuadros Guía



A los cuadros generados se aplica el comando “Envolver” como se ve en la figura 31.

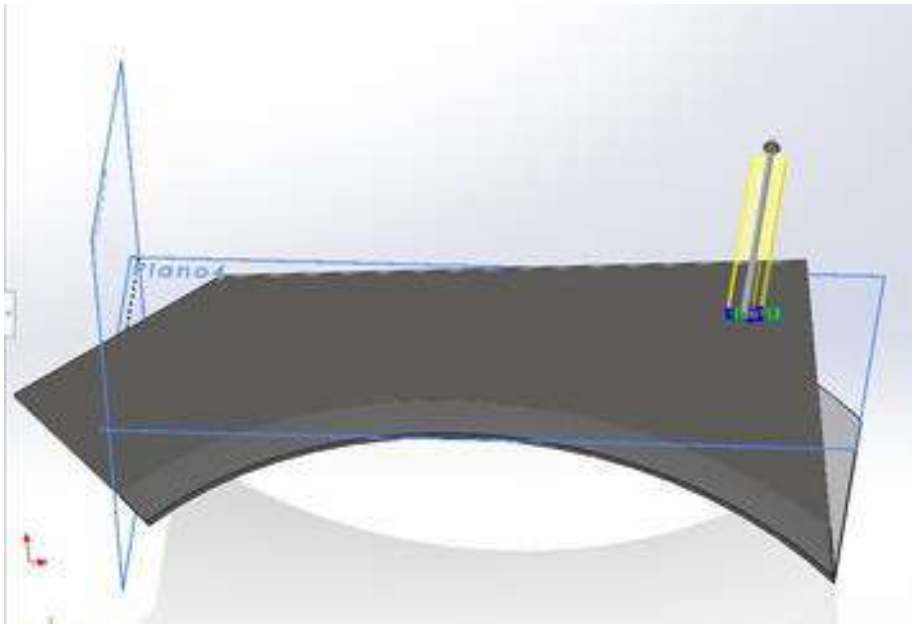
Figura 31

Aplicación del Comando “Envolver”

A continuación se realiza la extrusión de la zona en trabajo como se ve en la figura 32.

Figura 32

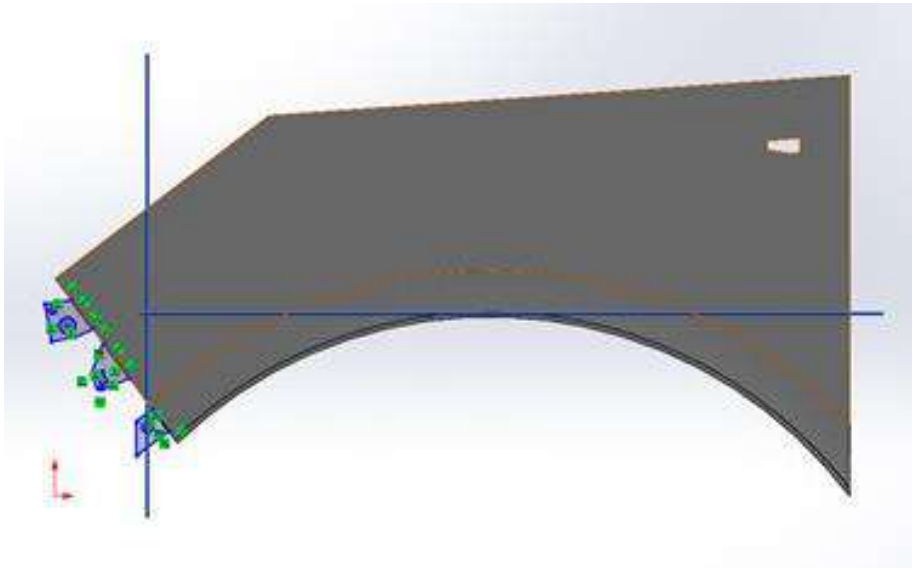
Aplicación del Comando "Extruir"



Se realiza un nuevo croquis para poder generar la curvatura en la zona media del guardafango. Ver figura 33.

Figura 33

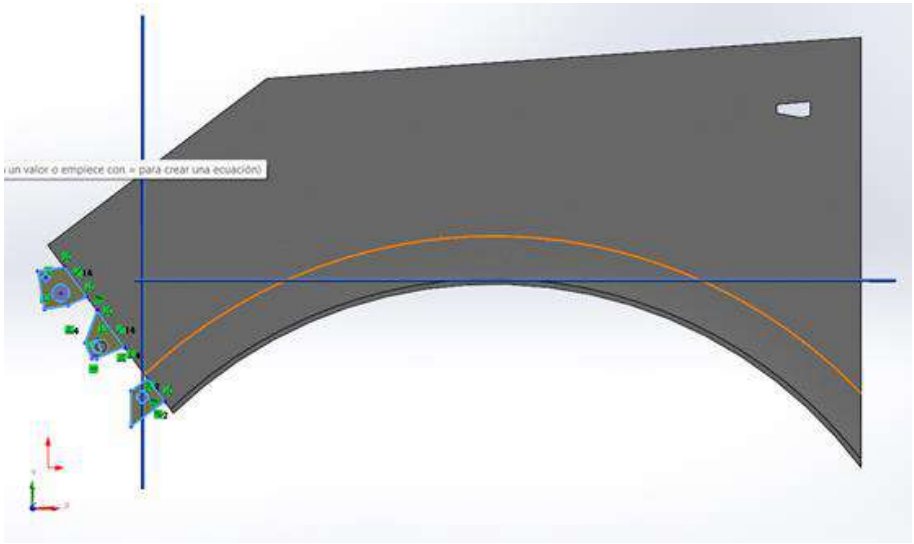
Croquis para Generar Curvatura en la Zona Media



Para finalizar con el diseño del guardafango se realiza la extrusión en la zona media como se ve en la figura 34.

Figura 34

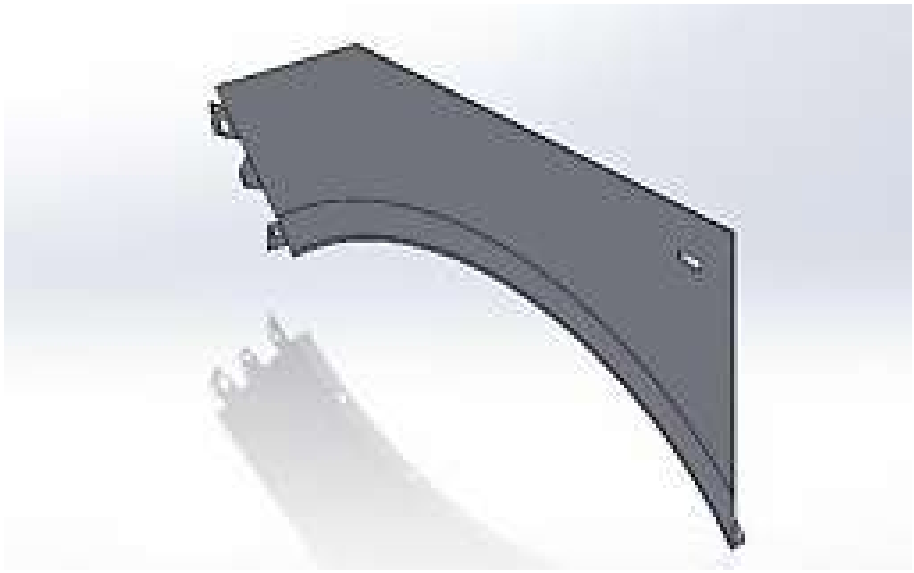
Extrusión para Generar Curvatura en la Zona Media



En la figura 35 se aprecia el resultado final.

Figura 35

Diseño Final del Guardafango del Kia Soluto 1.4 cc



3.6 Proceso de Análisis del Material

3.6.1 Consideraciones Iniciales para el Caso 1 – Carga de 138900 N

Se considera que la colisión que va recibir el guardafango izquierdo será con un vehículo sedán de un peso promedio de 1000 kg. La masa se toma del promedio que un vehículo Soluto año 2023 pesa (entre 950 y 1040 kg sin carga alguna).

Para determinar la fuerza de impacto, se aplica la segunda Ley de Newton, que indica que la fuerza es igual al cambio en la cantidad de movimiento dividido por el tiempo. La fórmula correspondiente se presenta en la ecuación 3.

Ecuación 3

Fuerza de Impacto

$$F = \frac{\triangle_p}{\triangle_t}$$

Donde:

F = Fuerza de impacto

$\triangle_p$ = cambio en la cantidad de movimiento (momentum)

$\triangle_t$ = intervalo de tiempo durante el cual ocurre el impacto

Para el cálculo de $\triangle_p$ se aplica la ecuación 4.

Ecuación 4

Cambio del Movimiento

$$\triangle_p = m * \triangle_v$$

Donde:

$\triangle_v$ = velocidad de impacto

Para el primer caso de análisis se considerará una velocidad de impacto de 13.89 m/seg (50 km/h) en un periodo de tiempo de alrededor de 0.1 seg (correspondiente a valores típicos en colisiones vehiculares por alcance). En aplicación de la ecuación 4 se obtiene la ecuación 5.

Ecuación 5

Cambio del Movimiento – Caso 1

$$\triangle_p = m * \triangle_v$$

$$\triangle_p = 1000\ kg * \ 13.89\ m/seg$$

$$\triangle_p = \mathbf{13890\ kg\ m/seg}$$

Al aplicar la ecuación 3, se obtiene la ecuación 6.

Ecuación 6

Fuerza de Impacto – Caso 1

$$F = \frac{\triangle_p}{\triangle_t}$$

$$F = \frac{13890\ kg\ m/seg}{0.1\ seg}$$

$$\boldsymbol{F = 138900\ N}$$

Por ende el primer caso de análisis se basará en una fuerza de impacto de 138900 N.

A continuación se determina las propiedades del material del guardafango acorde al manual del fabricante para así definir los parámetros de análisis de la estructura al que se someterá al aplicar la fuerza de impacto a 138900 N. Ver tabla 2.

Tabla 2

Propiedades del Material – Caso 1

Propiedad	Observación
Material	AISI 1020 Acero laminado en frío
Límite de tracción	4.2 e + 08 N/m^2
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico	3.5 e + 08 N/m^2
Densidad	7870 kg/m^3
Módulo elástico	2.05 e + 11 N/m^2
Coeficiente de Poisson	0.29

La tabla 3 presenta los valores de las restricciones aplicadas en el plano de coordenadas (x, y, z) para el análisis de la estructura.

Tabla 3

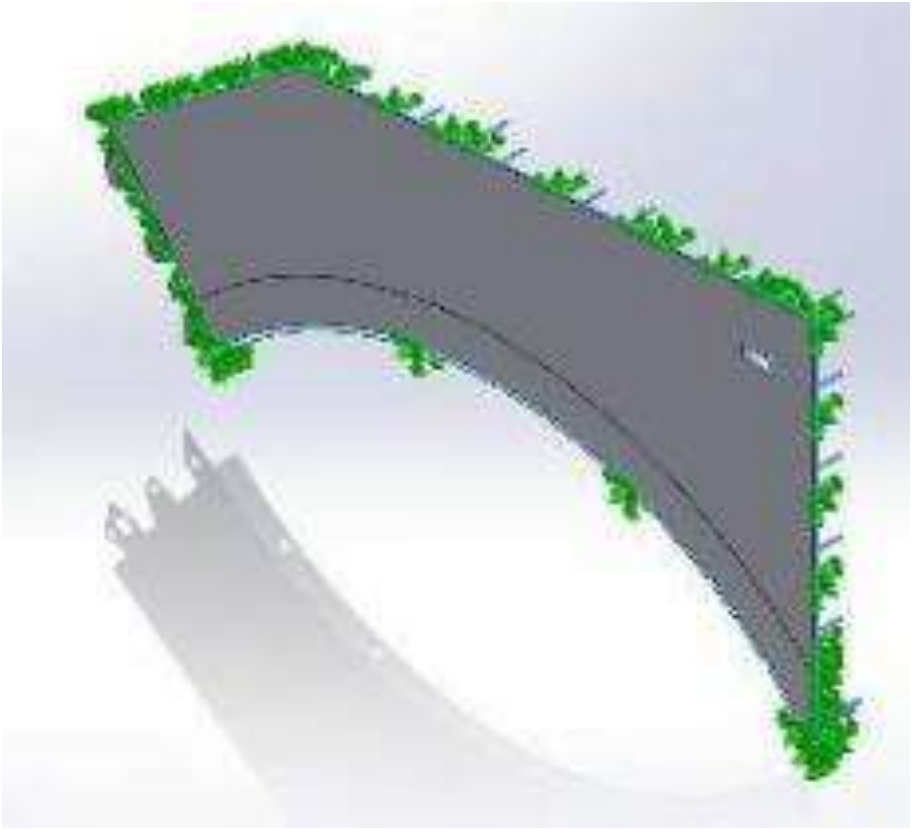
Sujeciones – Caso 1

Eje de Coordenadas	Fuerza de reacción (N)
X	0.0261688
Y	-0.00476074
Z	-138899
Resultante	138899

La figura 36 ilustra el guardafango aplicada la sujeción.

Figura 36

Aplicación de Sujeciones al Guardafango – Caso 1



La tabla 4 presenta los valores de las fuerzas de reacción en el eje de coordenadas, asignados para la simulación en el caso 1, donde se aplica una fuerza de impacto de 138900 N al guardafango.

Tabla 4

Fuerzas de Reacción para el Caso 1

	Fuerza de Reacción (N)
X	0.0261688
Y	-0.00476074
Z	-138899
Resultante	138899

La tabla 5 presenta los valores de las fuerzas de cuerpo libre, en el eje de coordenadas, asignados para la simulación en el caso 1, donde se aplica una fuerza de impacto de 138900 N al guardafango.

Tabla 5

Fuerzas de Cuerpo Libre para el Caso 1

Eje de coordenadas	**Fuerza de Cuerpo libre (N)**
X	0.0183563
Y	0.0108643
Z	0.228149
Resultante	0.229144

La tabla 6 presenta los valores de mallado que se aplicará para el estudio de estructura del guardafango delantero izquierdo al aplicar la fuerza de impacto de 138900 N como simulación de una colisión por alcance.

Tabla 6

Información de Mallado para el Caso 1

Mallado	Observación
Tipo de malla	Malla sólida
Tamaño mínimo del elemento	2.77117 cm
Tamaño máximo de elemento	0.300661 cm
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Mallador utilizado	Malla basada en curvatura de combinado
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	6170
Número total de elementos	2869
Cociente máximo de aspecto	40.33
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	5.19
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	4.39

3.6.2 Consideraciones Iniciales para el Caso 2 – Carga de 277800 N

Se considera el mismo peso promedio de 1000 kg del caso 1, pero en este caso con una velocidad de impacto de 27.78 m/seg (100 km/h) en un periodo de tiempo de alrededor de 0.1 seg (correspondiente a un valor típico en colisiones donde se impactan dos vehículos a velocidad media en circulación o un vehículo en circulación con velocidad media con otro detenido). En aplicación de la ecuación 4 se obtiene la ecuación 7.

Ecuación 7

Cambio del Movimiento – Caso 2

$$\triangle_p = m * \triangle_v$$

$$\triangle_p = 1000\ kg * \ 27.78\ m/seg$$

$$\boldsymbol{\triangle_p = 27780\ kg\ m/seg}$$

En aplicación de la ecuación 3 se obtiene la ecuación 8.

Ecuación 8

Fuerza de Impacto – Caso 2

$$F = \frac{\triangle_p}{\triangle_t}$$

$$F = \frac{27780\ kg\ m/seg}{0.1\ seg}$$

$$\boldsymbol{F = 277800\ N}$$

Por ende el segundo caso de análisis se basará en una fuerza de impacto de 277800 N. A continuación se determina las propiedades del material del guardafango acorde al manual del fabricante para así definir los parámetros de análisis de la estructura al que se someterá al aplicar la fuerza de impacto a 277800 N. Ver tabla 7.

Tabla 7

Propiedades del Material – Caso 2

Propiedad	Observación
Material	AISI 1020 Acero laminado en frío
Límite de tracción	4.2 e + 08 N/m^2
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico	3.5 e + 08 N/m^2
Densidad	7870 kg/m^3
Módulo elástico	2.05 e + 11 N/m^2
Coeficiente de Poisson	0.29

La tabla 8 especifica los valores de las restricciones aplicadas en el plano de coordenadas (x, y, z) para el análisis estructural.

Tabla 8

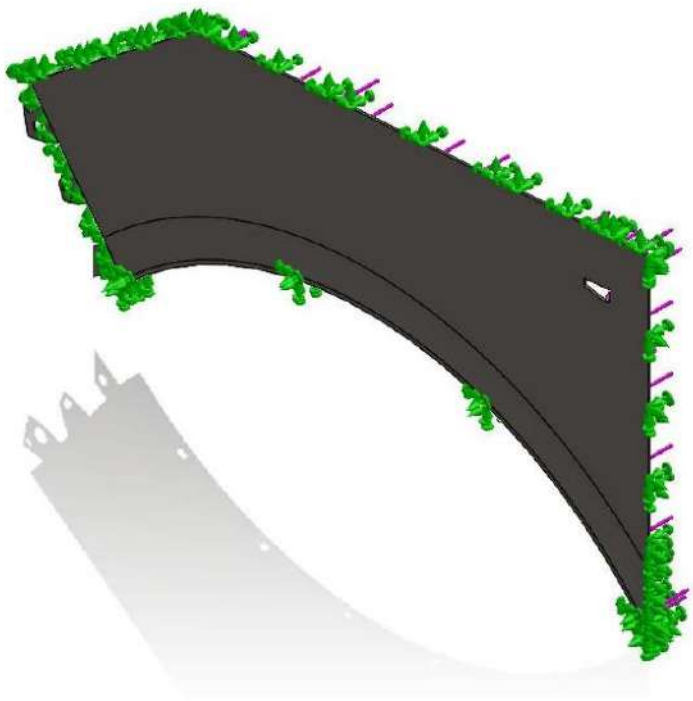
Sujeciones – Caso 2

Eje de Coordenadas	Fuerza de reacción (N)
X	0.0124512
Y	-0.00854492
Z	-277799
Resultante	277799

En la figura 37 se aprecia el guardafango aplicada las sujeciones.

Figura 37

Aplicación de Sujeciones al Guardafango – Caso 2



La tabla 9 presenta los valores de las fuerzas de reacción en el eje de coordenadas, asignados para la simulación en el caso 2, donde se aplica una fuerza de impacto de 277800 N al guardafango.

Tabla 9

Fuerzas de Reacción para el Caso 2

	Fuerza de Reacción (N)
X	0.0261688
Y	-0.00854492
Z	-277799
Resultante	277799

La tabla 10 presenta los valores de las fuerzas de cuerpo libre en el eje de coordenadas, asignados para la simulación en el caso 2, donde se aplica una fuerza de impacto de 277800 N al guardafango.

Tabla 10

Fuerzas de Cuerpo Libre para el Caso 2

Eje de coordenadas	**Fuerza de Cuerpo libre (N)**
X	0.0280762
Y	-0.0163574
Z	-0.981201
Resultante	0.981739

La tabla 11 presenta los valores de mallado que se utilizarán para el análisis estructural del guardafango delantero izquierdo, al aplicar una fuerza de impacto de 277800 N como simulación de una colisión de impacto medio.

Tabla 11

Información de Mallado para el Caso 2

Mallado	Observación
Tipo de malla	Malla sólida
Tamaño mínimo del elemento	2.77117 cm
Tamaño máximo de elemento	0.300661 cm
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Mallador utilizado	Malla basada en curvatura de combinado
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	6170
Número total de elementos	2869
Cociente máximo de aspecto	40.33
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	5.19
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	4.39

3.6.3 Consideraciones Iniciales para el Caso 3 – Carga de 500000 N

Se considera el mismo peso promedio de 1000 kg del caso 1, pero en este caso con una velocidad de impacto de 50 m/seg (180 km/h) en un periodo de tiempo de alrededor de 0.1 seg (correspondiente a un valor típico en colisiones donde se impactan dos vehículos a alta velocidad en circulación o un vehículo en circulación con velocidad alta con otro detenido). En aplicación de la ecuación 4 se obtiene la ecuación 9.

Ecuación 9

Cambio del Movimiento – Caso 3

$$\triangle_p = m * \triangle_v$$

$$\triangle_p = 1000\ kg * \ 50\ m/seg$$

$$\boldsymbol{\triangle_p = 50000\ kg\ m/seg}$$

En aplicación de la ecuación 3 se obtiene la ecuación 10.

Ecuación 10

Fuerza de Impacto – Caso 3

$$F = \frac{\triangle_p}{\triangle_t}$$

$$F = \frac{50000\ kg\ m/seg}{0.1\ seg}$$

$$\boldsymbol{F = 500000\ N}$$

Por ende el segundo caso de análisis se basará en una fuerza de impacto de 500000 N.

A continuación se determina las propiedades del material del guardafango acorde al manual del fabricante para así definir los parámetros de análisis de la estructura al que se someterá al aplicar la fuerza de impacto a 500000 N. Ver tabla 12.

Tabla 12

Propiedades del Material – Caso 3

Propiedad	Observación
Material	AISI 1020 Acero laminado en frío
Límite de tracción	4.2 e + 08 N/m^2
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico	3.5 e + 08 N/m^2
Densidad	7870 kg/m^3
Módulo elástico	2.05 e + 11 N/m^2
Coeficiente de Poisson	0.29

La tabla 13 especifica los valores de las restricciones aplicadas en el plano de coordenadas (x, y, z) para el análisis estructural.

Tabla 13

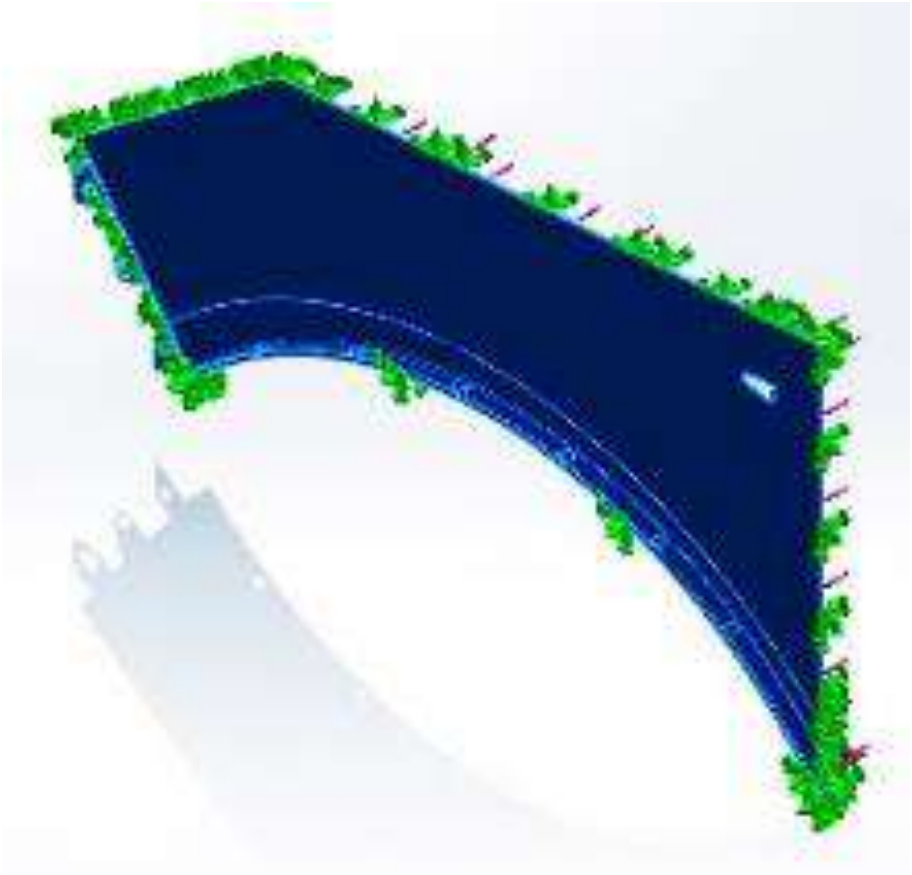
Sujeciones – Caso 3

Eje de Coordenadas	Fuerza de reacción (N)
X	-0.00357056
Y	-0.376953
Z	-499999
Resultante	499999

En la figura 38 se muestra el guardafango con las sujeciones aplicadas.

Figura 38

Aplicación de Sujeciones al Guardafango – Caso 3



La tabla 14 presenta los valores de las fuerzas de reacción en el eje de coordenadas, asignados para la simulación en el caso 3, donde se aplica una fuerza de impacto de 500000 N al guardafango.

Tabla 14

Fuerzas de Reacción para el Caso 3

	Fuerza de Reacción (N)
X	-0.00357056
Y	-0.376953
Z	-499999
Resultante	499999

La tabla 15 presenta los valores de las fuerzas de cuerpo libre en el eje de coordenadas, asignados para la simulación en el caso 2, donde se aplica una fuerza de impacto de 500000 N al guardafango.

Tabla 15

Fuerzas de Cuerpo Libre para el Caso 3

Eje de coordenadas	**Fuerza de Cuerpo libre (N)**
X	0.0276794
Y	-0.376953
Z	-6.40625
Resultante	6.41739

La tabla 16 presenta los valores de mallado que se utilizarán para el análisis estructural del guardafango delantero izquierdo, al aplicar una fuerza de impacto de 500000 N como simulación de una colisión de impacto grave.

Tabla 16

Información de Mallado para el Caso 3

Mallado	Observación
Tipo de malla	Malla sólida
Tamaño mínimo del elemento	2.77117 cm
Tamaño máximo de elemento	0.300661 cm
Mallador utilizado	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Número total de elementos	2869
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	6170
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	5.19
Cociente máximo de aspecto	40.33
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	4.39

3.7 Factor de Seguridad

Utilizando la herramienta de factor de seguridad que ofrece SolidWorks, se determina el factor de seguridad en cada caso de simulación del guardafango. Donde:

- Factor de seguridad menor a 1: componente ha fallado.
- Factor de seguridad igual a 1: componente ha empezado a fallar
- Factor de seguridad superior a 1: componente es seguro.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

4.1 Análisis de Datos Obtenidos

4.1.1 Análisis de Tensión Von Mises – Caso 1

La tabla 17 presenta la fuerza de impacto que se aplicará en el eje de coordenadas (x, y, z) para el análisis del guardafango ante una colisión lateral en el caso 1, con un valor de 138900 N.

Tabla 17

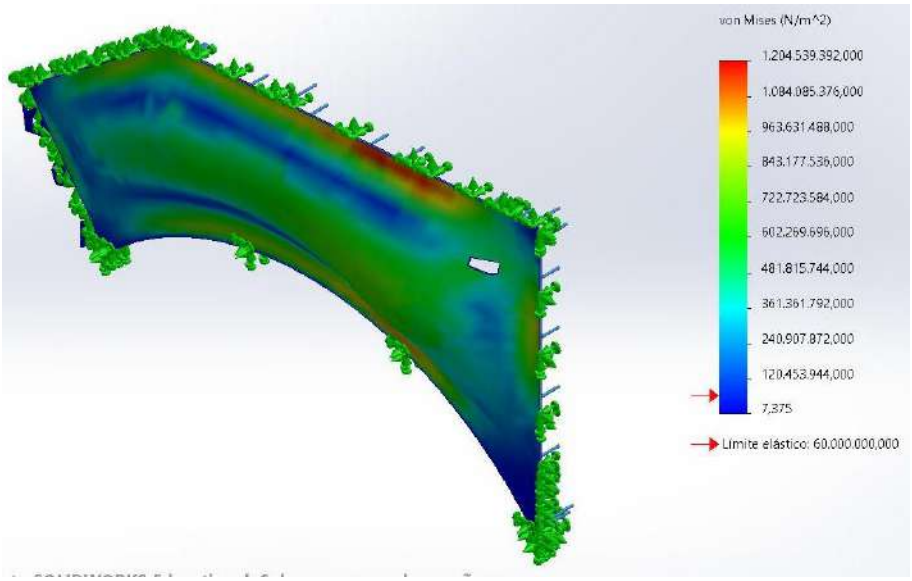
Fuerza de impacto – Caso 1

Carga	Detalle de la Carga
Fuerza de impacto	138900 N

La tensión de Von Mises que presenta el guardafango aplicado la fuerza de impacto de 138900 N es un mínimo de 7375 N/m^2 y un máximo de 1204539392.000 N/m^2. Consulte la figura 39.

Figura 39

Tensión de Von Mises – Caso 1



4.1.2 Análisis de Tensión Von Mises – Caso 2

La tabla 17 presenta la fuerza de impacto que se aplicará en el eje de coordenadas (x, y, z) para el análisis del guardafango ante una colisión lateral en el caso 2, con un valor de 277800 N.

Tabla 18

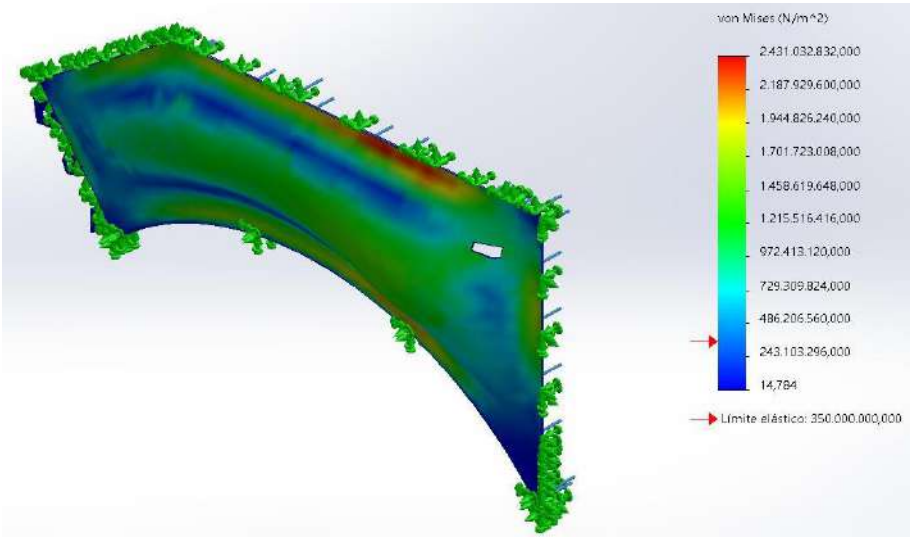
Fuerza de impacto – Caso 2

Carga	Detalle de la Carga
Fuerza de impacto	277800 N

La tensión de Von Mises que presenta el guardafango aplicado la fuerza de impacto de 277800 N es un mínimo de 14784 N/m^2 y un máximo de 2431032832.000 N/m^2. Consulte la figura 40.

Figura 40

Tensión de Von Mises – Caso 2



4.1.3 Análisis de Tensión Von Mises – Caso 3

La tabla 17 presenta la fuerza de impacto que se aplicará en el eje de coordenadas (x, y, z) para el análisis del guardafango ante una colisión lateral en el caso 3, con un valor de 500000 N.

Tabla 19

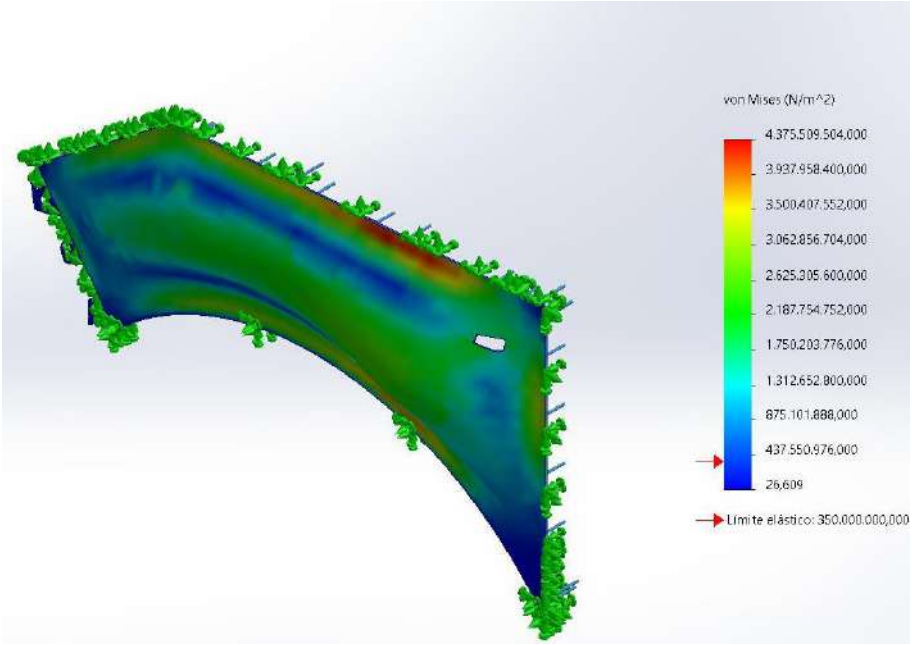
Fuerza de impacto – Caso 3

Carga	Detalle de la Carga
Fuerza de impacto	500000 N

La tensión de Von Mises que presenta el guardafango aplicado la fuerza de impacto de 500000 N es un mínimo de 26609 N/m^2 y un máximo de 4375509504.000 N/m^2. Consulte la figura 41.

Figura 41

Tensión de Von Mises – Caso 3

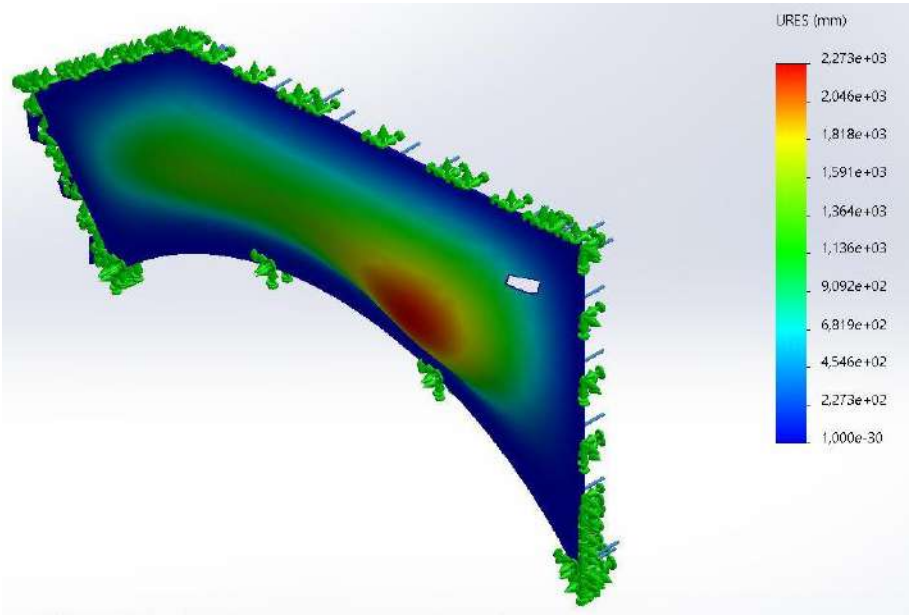


4.1.4 Análisis de Desplazamiento – Caso 1

El desplazamiento del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 138900 N es un mínimo de 0.00 e^{+00} mm y un máximo de 2.273 e^{+03} mm, como se muestra en la figura 42.

Figura 42

Análisis de Desplazamiento – Caso 1

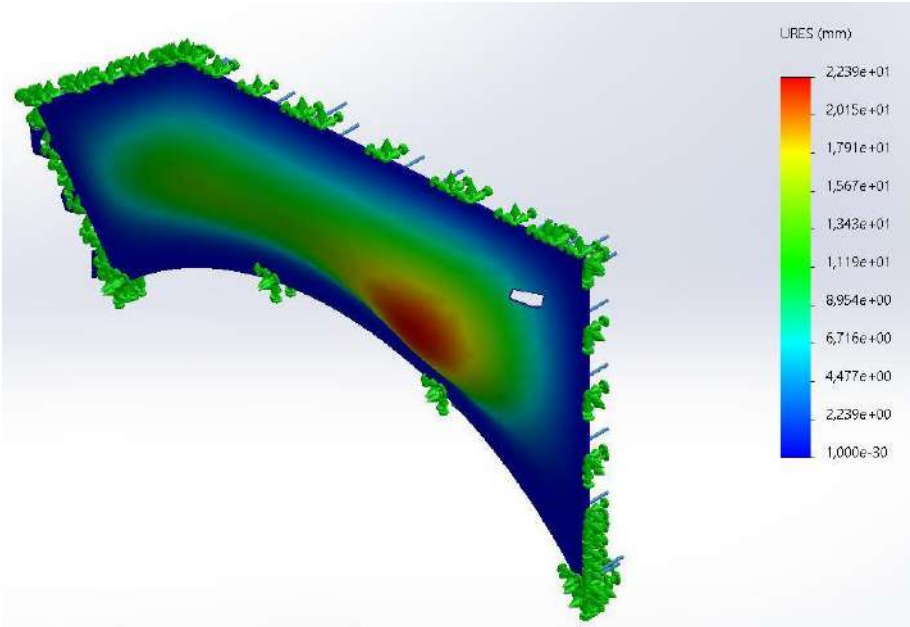


4.1.5 Análisis de Desplazamiento – Caso 2

El desplazamiento del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 277800 N es un mínimo de 0.00 e^{+00} mm y un máximo de 2.239 e^{+01} mm, como se muestra en la figura 43.

Figura 43

Análisis de Desplazamiento – Caso 2

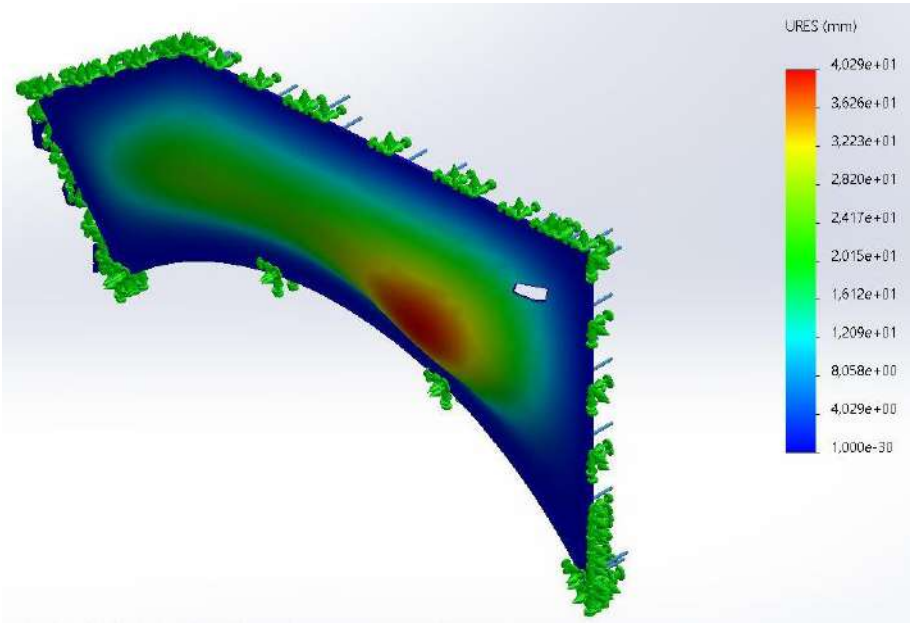


4.1.6 Análisis de Desplazamiento – Caso 2

El desplazamiento del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 500000 N es un mínimo de 0.00 e^{+00} mm y un máximo de 4.029 e^{+01} mm, como se muestra en la figura 44.

Figura 44

Análisis de Desplazamiento – Caso 3

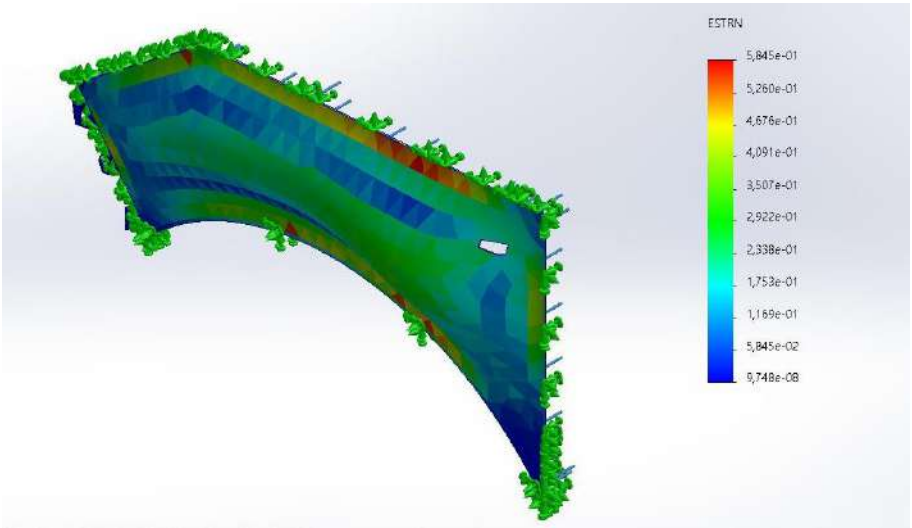


4.1.7 Análisis de Deformaciones – Caso 1

La deformación unitaria del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 138900 N es un mínimo de 9.748 e^{-08} y un máximo de 5.845 e^{-01}, como se muestra en la figura 45.

Figura 45

Análisis de Deformación – Caso 1

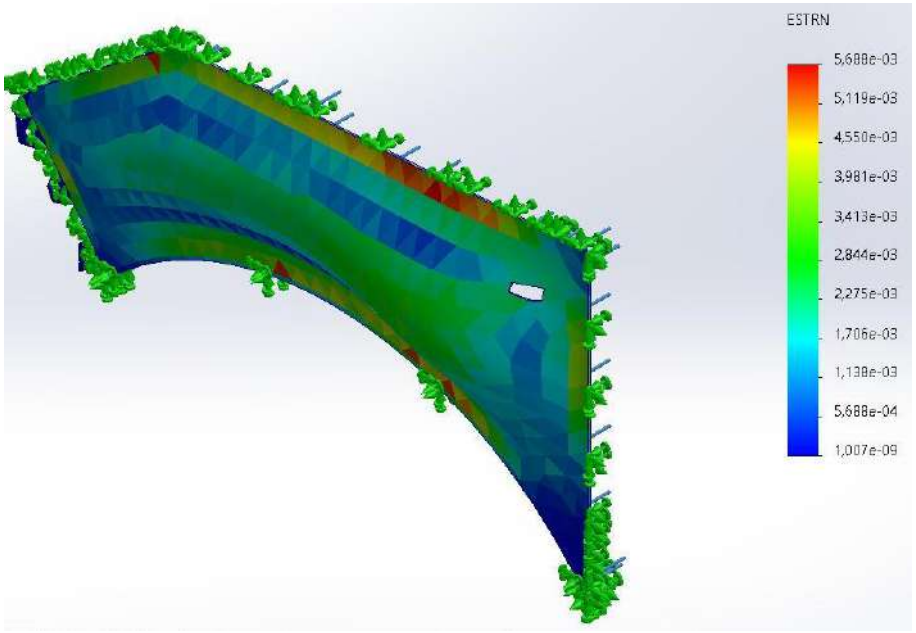


4.1.8 Análisis de Deformaciones – Caso 2

La deformación unitaria del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 277800 N es un mínimo de 1.007 e^{-09} y un máximo de 5.688 e^{-03}, como se muestra en la figura 46.

Figura 46

Análisis de Deformación – Caso 2

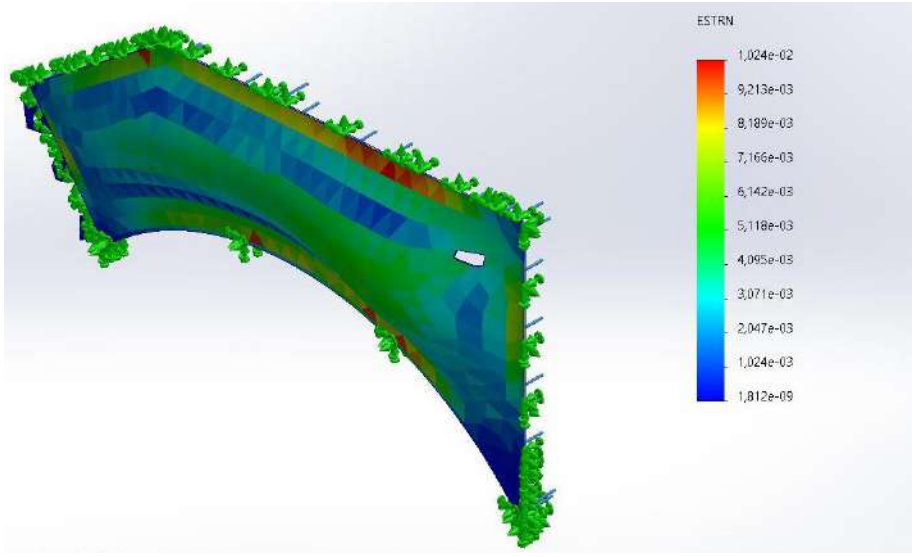


4.1.9 Análisis de Deformaciones – Caso 3

La deformación unitaria del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 500000 N es un mínimo de 1.812 e^{-09} y un máximo de 1.024 e^{-02}, como se muestra en la figura 47.

Figura 47

Análisis de Deformación – Caso 3

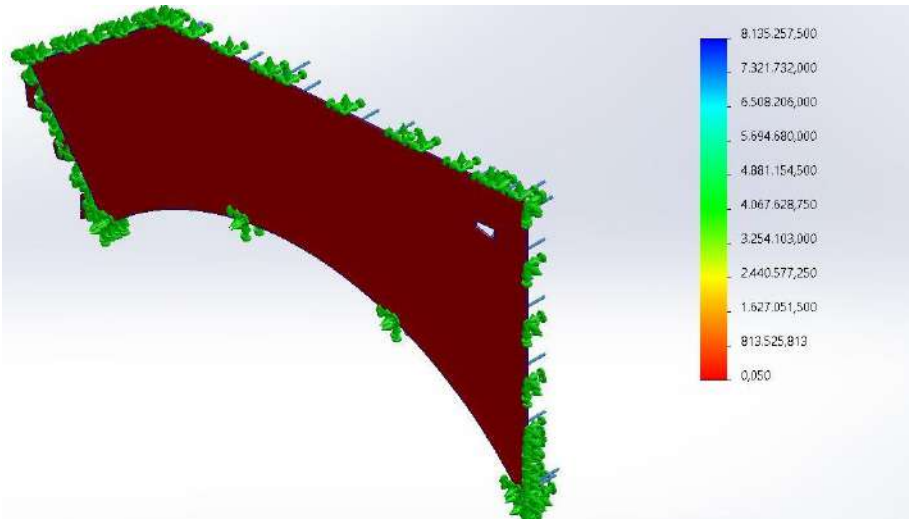


4.1.10 Análisis de Factor de Seguridad – Caso 1

El factor de seguridad del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 138900 N va de un rango de un mínimo de 0.050 y un máximo de 8135257.500, como se muestra en la figura 48.

Figura 48

Análisis de Factor de Seguridad – Caso 1

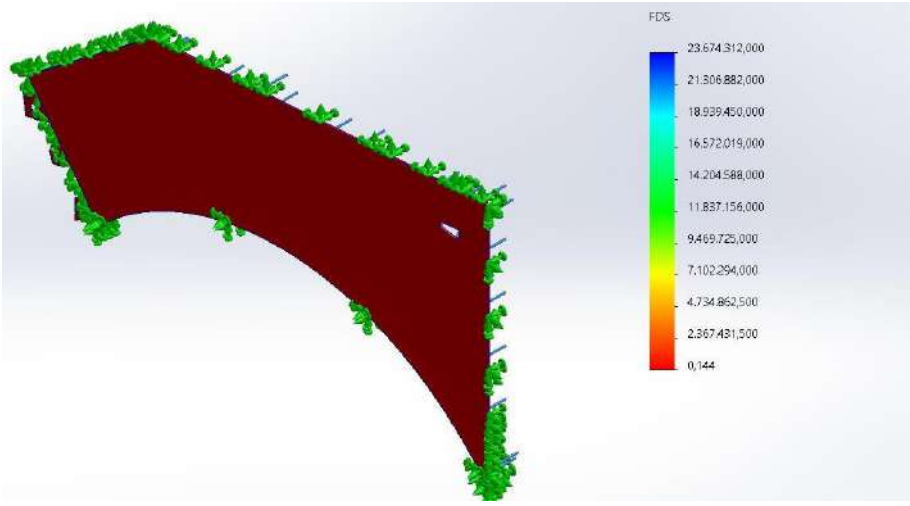


4.1.11 Análisis de Factor de Seguridad – Caso 2

El factor de seguridad del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 277800 N va de un rango de un mínimo de 0.144 y un máximo de 23674312.00, como se muestra en la figura 49.

Figura 49

Análisis de Factor de Seguridad – Caso 2

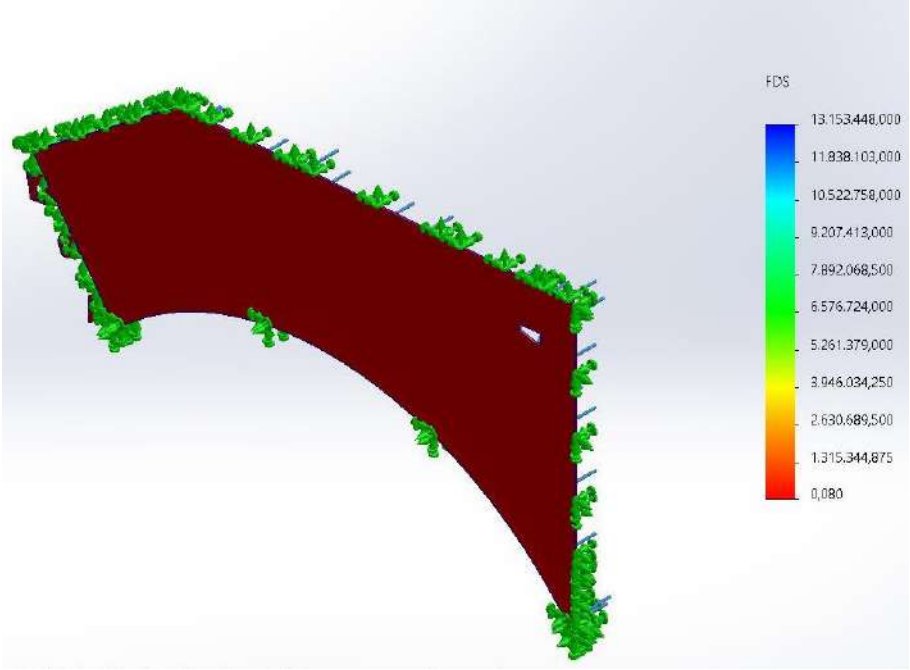


4.1.12 Análisis de Factor de Seguridad – Caso 3

El factor de seguridad del guardafango al aplicarse una fuerza de impacto de 500000 N va de un rango de un mínimo de 0.08 y un máximo de 13153448.00, como se muestra en la figura 50.

Figura 50

Análisis de Factor de Seguridad – Caso 3



4.2 Resumen de Datos Obtenidos

La tabla 20 resume de manera comparativa los resultados obtenidos, detallando cada caso con las fuerzas de impacto aplicadas al guardafango en una colisión lateral, el análisis realizado y los rangos de valores mínimo y máximo.

Tabla 20

Resultados Generales Obtenidos

Caso	Fuerza de Impacto (N)	Análisis	Mínimo	Máximo
1	138900	Tensión Von Mises (N/m^2)	7.375	1204539392.000
2	277800		14.784	2431032832.000
3	500000		26.609	4375509504.000
1	138900	Desplazamiento (mm)	$0.00\ e^{+00}$	$2.273\ e^{+03}$
2	277800			$2.239\ e^{+01}$
3	500000			$4.029\ e^{+01}$
1	138900	Deformación unitaria	$9.748\ e^{-08}$	$5.845\ e^{-01}$
2	277800		$1.007\ e^{-09}$	$5.688\ e^{-03}$
3	500000		$1.812\ e^{-09}$	$1.024\ e^{-02}$
1	138900	Factor de seguridad (-)		0.05
2	277800			0.14
3	500000			0.08

Conclusiones

Se analizó la deformación programada estructural del guardafango delantero izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc ante una colisión lateral por medio de ingeniería asistida por computador.

Se creó un modelo tridimensional del guardafango delantero izquierdo, junto con su simulación de deformación, para obtener los resultados de tensión, desplazamiento, deformación y FDS generados al aplicar diversas fuerzas de impacto en una colisión lateral.

Se determinó los parámetros de evaluación para selección y análisis de material ideal para soporte de impactos laterales en caso de colisiones laterales en guardafangos del vehículo, tomando en cuenta para la simulación una comparativa de tres fuerzas de impacto de 138900, 277800 y 500000 N y así obtener la tensión de Von Mises, desplazamiento, deformación y FDS.

Se elaboró el diseño geométrico del guardafango delantero izquierdo mediante la creación de un modelo tridimensional, acompañado de la simulación de fuerzas de impacto correspondientes, concluyendo que en ningún caso el material con que se construye originalmente (aleación de acero estampado) el componente es totalmente seguro, solo en el primer caso está dentro de lo aceptable ya que en caso de cualesquier colisión se deforma; por cuanto se puede decir que si se llegase a utilizar el guardafango alterno con material de aleación de plástico reforzado no soportaría ningún impacto ante una colisión. Se llega a esta conclusión debido a que con la fuerza de impacto mínima aplicada de 138900 N representada por un impacto con un vehículo sedán de un peso promedio de 1000 kg sin carga alguna y con velocidad a 50 km/h (13.89 m/seg) en un periodo de tiempo de alrededor de 0.1 seg, ya se genera una deformación unitaria de 9.748 e^{-08} a 5.845 e^{-01}, sin desplazamiento inicial del componente (por tratarse de colisión lateral más no frontal o posterior), con desplazamiento final de 2.273 e^{+03} mm (correspondiente a la descolocación del componente de su ubicación por el impacto sufrido), tensión mínima de 7.375 N/m^2 y un factor de seguridad menor a 1

(0.05), y aunque en la práctica se traduce como reparación de la pieza más no el cambio, al reparar el factor de seguridad se va reducir más, es decir se va obtener una pieza frágil.

Se determinó que al aplicar la fuerza de impacto de 277800 N representada por un impacto con un vehículo sedán de un peso promedio de 1000 kg sin carga alguna y con velocidad a 100 km/h (27.78 m/seg) en un periodo de tiempo de alrededor de 0.1 seg se genera una deformación unitaria de 1.007 e^{-09} a 5.688 e^{-03}, sin desplazamiento inicial del componente, con desplazamiento final de 2.239 e^{+01} mm, tensión mínima de 14.784 N/m^2 y un factor de seguridad menor a 1 (0.14). En la práctica se traduce como posible reparación de la pieza o el cambio, acorde al criterio del enderezador, desde un punto de vista técnico y de seguridad se recomienda reemplazar la pieza.

Se determinó que al aplicar la fuerza de impacto de 500000N representada por una colisión con un vehículo sedán de un peso promedio de 1000 kg sin carga interna alguna y a una velocidad de 180 km/h (50 m/seg) en un periodo de tiempo de alrededor de 0.1 seg, se genera una deformación unitaria de 1.812 e^{-09} a 1.024 e^{-02}, sin desplazamiento inicial del componente pero sí con desplazamiento final de 4.029 e^{+01} mm, se genera una tensión mínima de 26.609 N/m^2 y un factor de seguridad menor a 1 (0.08). En la práctica estos resultados se traducen como cambio de la pieza, más no reparación.

Recomendaciones

Se recomienda realizar análisis de deformaciones en los demás componentes estructurales del Kia Soluto utilizado en este proyecto para conocer si como el guardafango no representa un factor de seguridad mínimo lo es con los demás, así como también proponer el uso de otro material que se más seguro en estructuras expuestas a una colisión.

Se sugiere que futuras simulaciones y análisis de componentes y estructuras similares a éste, se basen en conocimientos técnicos, computacionales, de desarrollo e integridad física. Esto permitirá estudiar la capacidad de las personas para generar y crear elementos fundamentados en procedimientos.

Impartir cursos sobre los materiales empleados en la industria automotriz e industrial, con el fin de conocer sus aplicaciones, orígenes, aleaciones, entre otros aspectos.

Bibliografía

Andueza, L. (21 de Septiembre de 2015). Autodesk Fusion 360: Análisis de Esfuerzos. http://dimcad3d.com/2015/09/21/fusion360-fem/

Ashby, M. F. (2000). *Material Selection in Mechanical Desing. Butterworth Heinemann*. http://www.utc.fr/~hagegebe/UV/MQ12/CORRECTIONS_TD/%5BASHBY99%5D%20-

Autodesk Support. (8 de Octubre de 2023). Como refinar la malla en los nodos seleccionados en robot structural analysis. https://www.autodesk.es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/How-to-refine-mesh-in-selected-points-in-Robot-Structural-Analysis.html

Carlider. (2022). *¿Qué partes tiene un neumático?* https://www.carlider.es/Que-partes-tiene-un-neumatico_es_1_36_0.html

Cengel, Y. A., y Cimbala, J. M. (2012). *Mecanica de Fluidos. Fundamentos y aplicaciones* (Segunda ed.). México, México: MCGraw Hill. https://archive.org/details/mecanicadefluidosfundamentoyunusa.cengel/page/n3/mode/2up

De la Torre, J. P. (2021). *Eso no estaba en mi libro de historia del automovilismo.* Almuzara,. https://books.google.com.ec/books?id=0NtFEAAAQBAJ

Frausto-Robledo, A. (26 de Mayo de 2022). Autodesk AutoCAD 2023 — AI, Upskilling Users and Performance. https://architosh.com/2022/05/autodesk-autocad-2023-ai-upskilling-users-and-performance/

Gesellschaft, D., y Zysammenarbeit, T. (1980). *Tecnología del automóvil Tomo 2.* Reverte.

Ingemecanica. (s.f.). *Ingemecanica*. https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html#google_vignette

Moncayo Ortiz, L. F. (28 de Febreo de 2011). Cálculo y análisis dinámico del automóvil durante su desplazamiento en carretera.

Plaza, D. (24 de Abril de 2021). *Jaula antivuelco o de seguridad: qué es y cuáles son sus características*. https://www.motor.es/que-es/jaula-antivuelco-seguridad

Prototicad3d. (2017). Cómo hacer soldaduras con Autodesk Inventor. https://www.prototicad3d.com/2017/02/como-hacer-soldaduras-con-autodesk.html

Rivera Berrío, J. G. (2022). *FÍSICA VOLUMEN I.* Córdoba, España: RED Descartes.

Singiresu, R. S. (2012). *Vibraciones Mecánicas* (Quinta ed.). México, México: Pearson Educación.

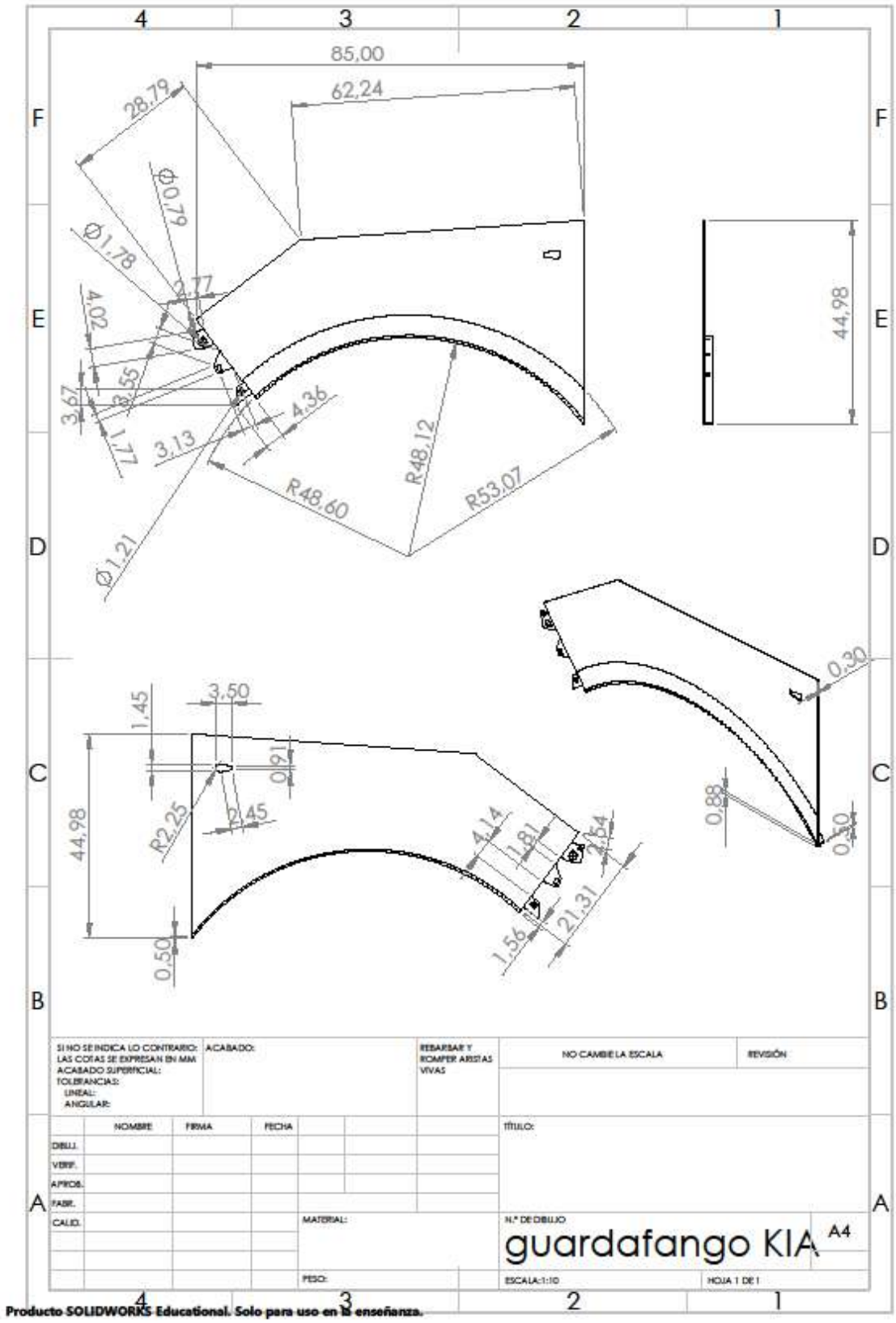
Tavera, B. (7 de Septiembre de 2023). Aplicación de Autodesk Robot Structural Analysis y Revit para Proyectos Estructurales. https://www.inesa-tech.com/blog/aplicacion-de-autodesk-robot-structural-analysis-y-revit-para-proyectos-estructurales/

Transitovial. (10 de Agosto de 2020). *Deformacion programada de carrocería*. https://www.transitovial.cl/deformacion-programada-de-carroceria-2/

Vera, E. (2017). *Propuesta de diseño ergonómicoen butacas de vehículos monoplaza, para equipos ecuatorianos participantes de la Formula Student.* Quito: UISEK.

Anexos

A. Plano del Guardafango Delantero Izquierdo del KIA Soluto 1.4 cc



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.