



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniero en Automotriz.


AUTORES:


Dylan Sevilla
Dylan Padilla

TUTOR:

MSc. Gabriela Chávez

Análisis de la Distribución de Energía Durante un Siniestro al
Compartimiento Posterior de Vehículos Eléctricos


	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

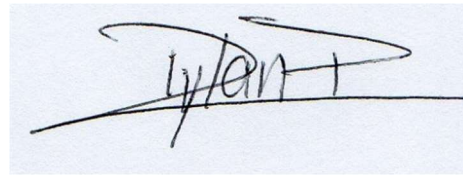
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Dylan David Sevilla Erazo** y **Dylan Ismael Padilla Padilla**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.


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



DYLAN SEVILLA



DYLAN PADILLA


	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN


APROBACIÓN DEL TUTOR

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



Firma profesor

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Dedicatoria


A mi mamá, para regalarle una alegría más de ver el profesional y sobre todo en la gran persona que ha formado, a mi familia para demostrarles quien soy y de que soy capaz, a mi novia que nunca dudo en ver por mi bienestar e impulsarme a seguir cuando me encontraba sin ganas, y a mis padrinos que fueron de gran ayuda para que continúe con mis estudios siempre.

D. Sevilla

A mi familia, por el apoyo incondicional en cada semestre durante estos 4 años, por ser las bases de mis fuerzas, motivaciones y soportes, demostrarme cómo es en realidad el amor de familia y el real, formándome como la persona que soy actualmente y la que quiero gracias a las maravillosas personas que afortunadamente crecí a su lado.

A mi novia Angie, la hermosa chica que es mi pareja, que con mi poco entendimiento estoy seguro de saber que ya encontré a esa persona, tú conviertes mis errores en lecciones cada día, quiero demostrarte que mis errores me vuelven más fuerte que ayer.

D. Padilla

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Agradecimiento

A mi mamá por siempre darme la posibilidad de seguir creciendo en todo aspecto y confiar en mí sin importar el resultado y demostrarle con todo el amor un logro más de mi parte.

A mi tutora que con su conocimiento y paciencia supo guiarnos en este proceso, a mis docentes que no dudaron en aportar con su conocimiento en el momento que más lo necesite, a mis compañeros que complementaron mis ideas y aportaron sus conocimientos para ir escalando juntos, a mis amigos que siempre me dieron una mano cuando lo necesitaba.

A mi compañero Dylan que siempre ve por los demás de manera desinteresada y es un ejemplo de persona, la cual me ha enseñado a ver las cosas de manera positiva en todo momento.


D. Sevilla

A mi familia por amarme y preocuparse cada día, segundo y minuto acerca de todo lo que me rodea y me forma como la persona que quiero ser para ustedes. Cada uno de ellos forma una parte inamovible en mí, porque me conforman lo que soy y no quiero ser nadie más.

A mi chica Angie, mil gracias de ser la mujer que me enseña a valorar, razonar y amar sobre todas las cosas, porque miró en mí algo diferente, siendo una razón más por el cuál respiro, me enseñó que puedo ser una piedra puede brillar.


A mi amigo Dylan, por el esfuerzo y el apoyo durante toda la carrera, porque ha sido como un hermano de familia en todo este proceso y me ha ayudado en lo posible e imposible, demostrándome ser alguien especialmente espectacular con la persona que es y un ejemplo para mí.

D. Padilla

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Índice

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	3
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	4
Introducción	10
Marco teórico	10
Siniestro Vehicular.....	11
Electromovilidad.....	12
Tipos de Vehículos propulsados por electricidad	12
Marcas de vehículos eléctricos en el Ecuador.....	13
Análisis y Simulación	13
Elementos Finitos (Nodos)	14
Desplazamiento.....	14
Condiciones iniciales: Fuerza y Aceleración	15
Materiales.....	15
Especificaciones Nissan Leaf.....	15
Software de diseño CAD y simulación estructural:	15
Metodología	16
Resultados y Discusión	23
Conclusiones.....	25
Bibliografía	24

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Dylan David Sevilla Erazo¹, Dylan Ismael Padilla Padilla²
^{1,2} Universidad Internacional del Ecuador

e-mail¹: dysevillae@uide.edu.ec

e-mail²: dypadillapa@uide.edu.ec

Resumen


El presente estudio se realizó con el fin de analizar el beneficio del neumático de emergencia durante un siniestro posterior vehicular el cual se realizó en un vehículo eléctrico. A partir de esto, se describe los parámetros de estudio, es así cómo, el artículo científico se basará en el análisis de elementos finitos perteneciente al modelo eléctrico Nissan Leaf 2018. La metodología es cuantitativa, con ayuda de programas de software de simulación 3D tales como: Inventor Professional 2024 y SolidWorks 2022 se realizó dos pruebas simulando la fuerza de impacto, es decir, la primera variante es el vehículo sin neumático auxiliar, y la segunda incorporando este elemento. Con una configuración de valores de: Fuerza: 1689.31N, Material Asignado: Aluminio 6061 AHC y con un impacto a una velocidad de 50 km/h con su respectiva estructura autoportante. Después de la simulación, se obtuvo una diferencia una variación significativa respondiendo al alto índice de elasticidad del neumático de emergencia siendo 112 mm de diferencia desde el contacto de este elemento asignado.

Palabras Clave: Siniestro, Simulación, Electromovilidad, Elementos Finitos, Desplazamiento.

Abstract

The present study was conducted in order to analyze the benefit of the emergency tire during a subsequent vehicular accident that was performed on an electric vehicle. From this, the study parameters are described, that is how, the scientific article will be based on the finite element analysis belonging to the electric model Nissan Leaf 2018. The methodology is quantitative, with the help of 3D simulation software programs such as: Inventor Professional 2024 and SolidWorks 2022 two tests were performed simulating the impact force, i.e., the first variant is the vehicle without auxiliary tire, and the second incorporating this element. With a configuration of values of: Force: 1689.31N, Assigned Material: 6061 AHC Aluminum and with an impact at a speed of 50 km/h with its respective self-supporting structure. After the simulation, a significant variation difference was obtained, responding to the high elasticity index of the emergency tire, being 112 mm difference from the contact of this assigned element.

Keywords: Accident, Simulation, Electromobility, Finite Elements, Displacement.

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN


Introducción

En el mundo automotriz se han generado diversos avances en todos los sistemas del vehículo, por lo que la potencia, velocidad y autonomía sin ninguna duda han sido de los principales factores que se han mejorado con el paso del tiempo, para así conseguir características de conducción extraordinarias afirmó Kathmann et al. (2023); sin embargo, debido a un sin número de variables y elementos incrementan el índice de ocasionar colisiones en las vías de tránsito. El estudio de colisiones ha llevado a determinar diversos aspectos que son los causantes de este problema, los impactos entre vehículos suelen darse en todo mundo y existen ciertos escenarios que los provocan.

Según Rahman et al. (2021) las variables que intervienen en las colisiones fueron el horario con mayor frecuencia vehicular, la distracción mediante el celular, el acompañamiento de pasajeros, el consumo de alcohol y la falta de práctica por poca experiencia. Estos sucesos limitaron la capacidad sensorial del conductor afectando sus capacidades auditivas, visual y del tacto. Los choques también son provocados por la disminución de velocidad en vías rápidas, provocando colisiones entre vehículos por no seguir los parámetros de velocidad establecidos por las leyes (Weng et al., 2014).

Según Reyes et al. (2020) existieron un sin número de medios de transporte entre los cuales los vehículos livianos M1 presentan un riesgo de colisión mayor con los siguientes índices entre 0.5 y 0.6 de probabilidad. Este índice presenta la posibilidad de que un siniestro pueda ocurrir comparando la equivalencia entre riesgo y Odds siendo uno la máxima probabilidad de generarse el suceso según Cerda et al. (2013). Esto hace referencia a los tipos de transporte liviano, mediano y pesado.

El estudio se enfocó en el desplazamiento nodal generado por una colisión a un vehículo en la parte posterior (maletero), la cual se da por el alcance de otro vehículo; siendo en la segmentación de accidentes mortales la principal razón desde el año 2015 al 2018 Champahom

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

et al. (2020). Además, este suceso suele suscitarse de manera consecutiva y con mayor periodicidad en un 66% de probabilidades en un entorno urbano. (Dimitriou et al., 2018).


Evitar una colisión puede ser una propuesta complicada, sin embargo, se puede mejorar ciertos atributos del vehículo desarrollando un estudio de absorción de energía que presente deformación, estrés, calidad del material y desplazamiento. El estudio se enfoca en el análisis estructural del compartimiento posterior ante una colisión en la cual se evaluó un vehículo eléctrico Nissan Leaf 2018, que se encuentra presente en el Ecuador según La República EC (2015) el cual presenta la ubicación de la llanta de emergencia bajo el chasis, y se reemplazará por una llanta de tipo galleta dentro del maletero para la simulación. El vehículo no cuenta con el compartimiento por lo que se busca definir este lugar como el más adecuado para su ubicación.

El neumático cuenta con un material con un índice de elasticidad elevado y un coeficiente de amortiguamiento, el cual realizará un efecto de absorción gracias a la capa de aire y demostrará de acuerdo con su nueva ubicación los beneficios que presenta ante colisiones, con la finalidad de conseguir una diferencia significativa en cuanto a la deformación de piezas con material poco elástico (metales) como los ejes y los estribos de los vehículos que se encuentran ubicados de manera lineal a la carga (fuerza) (Pasquale et al., 2022).

Marco teórico

Siniestro Vehicular

Los siniestros son eventos que suceden durante la conducción de un automóvil en la cual se presentan riesgos como una colisión o alguna avería en el vehículo, esto suele suscitarse con mucha frecuencia provocando lesiones, heridos, muertes en las que personas tanto como hombres, mujeres, niños, adulto mayor, jóvenes son víctimas de estos sucesos imprevistos que eventualmente son causados por distracciones, poca experiencia, irresponsabilidad. (Melgar et al., 2005).

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Según los datos extraídos por Congacha et al. (2019) en los años 2015 a 2018 hubo un incremento representativo de 21575 siniestros vehiculares, con 4004 muertos en el Ecuador y en el año 2021 los valores volvieron a aumentar como se muestra en la figura 1 a 21352 accidentes registrados en dicho año.

Figura 1

Siniestros vehiculares registrados desde el año 2012 al 2021.




Nota: El gráfico representa un diagrama de barras que establece la tendencia de los siniestros ocurridos durante los últimos años en el Ecuador. Tomado de la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (p.8).

Electromovilidad

La electromovilidad es un concepto que ha ido tomando fuerza en los últimos años, reemplazando sistemas tradicionales con el fin de usar una energía más limpia, y ahora se quiere consolidar en los medios de transporte. (Universidad Industrial de Santander, 2020)

Los vehículos eléctricos son sistemas que son propulsados por motores que hacen posible el movimiento o avance del automóvil a través de la energía almacenada por las baterías, quizá el problema actual es el modo de carga de este ya que requiere de mayor tiempo a diferencia de combustibles como la gasolina o el diésel, la falta de implementación de voltaje a 220 [V] y la escasez de electrolineras (Chávez, 2020).

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Tipos de Vehículos propulsados por electricidad

Vehículo Eléctrico a Baterías (EV) Es la evolución final a la electromovilidad y demuestra contar con todas las facultades mejoradas, superando al de combustión interna, el único problema es el problema del sistema de recarga de energía que no ha permitido por mucho tiempo su consolidación en el mercado. (Dizo et al., 2021)


Vehículo de Celdas de Combustible (FCEV) Este tipo de vehículos funcionan a través de celdas o pilas que contienen hidrógeno con el fin impulsar al automóvil con sus motores eléctricos. (Hüseyin Turan Arat, 2023)

Marcas de vehículos eléctricos en el Ecuador

En el Ecuador dentro de las marcas más reconocidas y las que buscan despegar en el ámbito de la electromovilidad encontramos a DongFeng, Skywell, BYD, Renault, Nissan, KIA, Audi, Zhidou, Hyundai, entre otros. Actualmente, la marca que ha buscado competir en este ámbito ha sido Nissan, según el autor Reyes (2021) “que en el año 2021 introdujo en Ecuador el Leaf, que actualmente cuenta con más de 500.000 unidades vendidas a nivel global.”, por esta razón se eligió dicho modelo preliminar para este estudio.

Análisis y Simulación

La tecnología nos permite a través de programas computacionales simular procesos mediante condiciones iniciales brindadas por factores físicos que podemos cuantificar y así obtener una magnitud con una respuesta aproximada de un fenómeno real con el propósito de optimizar dicho proceso o mejorarlo. Los programas CAD tienen un añadido el cual es disminuir el tiempo de creación o mejoramiento de piezas gracias a un análisis estático o dinámico de los elementos, con el propósito de demostrar su funcionalidad y calidad. (Erazo, 2022)

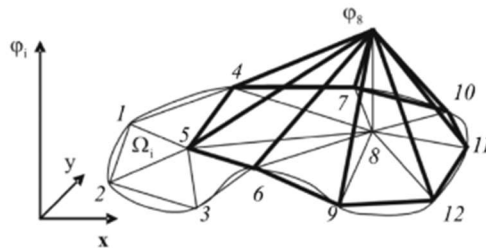
	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Elementos Finitos (Nodos)

El análisis de elementos finitos es un método que tiene el objetivo de seccionar los sólidos con líneas consecutivas en tres dimensiones, por medio de una integración por partes en la cual se toma los puntos referenciales de todo el cuerpo de la pieza analizada, a través de figuras geométricas en las cuales se generan nodos en medio de sus intersecciones como se muestra en la Figura 2, los cuales podrán evidenciar el estudio mediante un mallado que es utilizado en geometrías que son complejas. (Vielma et al., 2019)

Figura 2

Mallado generado por derivadas de acuerdo con los 3 ejes.




Nota: El gráfico representa un cuerpo el cual cuenta con varios nodos segmentados por integrales. Tomado de introducción al método de elementos finitos (p.185), por Muñoz y Casino, 2023.

Se busca determinar los siguientes parámetros visuales y numéricos de las siguientes condiciones:

Desplazamiento

El desplazamiento es una condición en la cual se medirá por medio de los nodos la distancia que han recorrido de acuerdo con la posición inicial del elemento contrastando la posición final en los puntos ubicados en los ejes tridimensionales respectivamente mediante la ecuación 1 (Zienkiewicz et al., 2018).

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Desplazamiento Nodal

$$\mu \approx \hat{u} = \sum N_i a_i^e = [N_i, N_j, \dots] = \{a_i, a_j, \dots\}^e = N a^e \quad \text{Ec. [1]}$$

Condiciones iniciales:

Velocidad

Para el cálculo de la fuerza de impacto se necesita la velocidad de 50 km/h usada en ensayos destructivos de impacto según Asencio (2023) que extrajo las condiciones aplicadas en la EURO-NCAP y las especificaciones del modelo detalladas en la tabla 1.

Materiales

Especificaciones Nissan Leaf


Tabla 1

Nissan Leaf (BEV): Especificaciones y Dimensiones.

Datos	Medidas
Longitud Total	4480mm
Distancia entre Ejes	2700mm
Anchura Total	1790mm
Altura Total	1565mm
Volumen de Maletero	435 L
Espacio de Maletero Con Asiento	790 mm
Espacio de Maletero Anchura Máxima	1130mm
Volumen del Maletero Máximo con Asientos Plegados	1,176 L
Peso	1554-1595 kg
Material	Aluminio 6061 / Acero

Nota: Valores numéricos para la simulación.

Software de diseño CAD y simulación estructural: Inventor Professional 2024 y Solid Works 2023

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Los softwares de simulación pertenecientes a las compañías Autodesk y a Dassault Systemes creadores de los programas Inventor Professional y Solid Works respectivamente, brindan la posibilidad del modelado 3D de elementos complejos con sus medidas exactas, simulación estructural con asistencia del mallado de elementos finitos donde estos permiten validar los resultados contrastándolos en programas mencionados en la figura 3.

Figura 3

Interfaz de inicio del software CAD Inventor Professional 2024 y Solid Works 2023.




Nota: El gráfico muestra la interfaz de los softwares de diseño y simulación. Tomado de Autodesk Inc (p.1) y Dassault Systemes Corporation (p.1), 2023.

Metodología

Con la finalidad de adquirir la mayor precisión posible en el presente estudio se procedió con la adquisición del modelo eléctrico en formato .STL mostrado en la Figura 4, estableciendo la escala de la geometría del vehículo de acuerdo con la Tabla 1 en la que se realizó las adaptaciones del automóvil para la obtención de la carrocería y su estructura autoportante con la inclusión de la llanta de emergencia en el compartimiento posterior indicado en la Figura 5 para poder determinar la diferencia mediante el desplazamiento nodal con y sin ella.

Figura 4

Vehículo en formato. STL para el análisis en el compartimiento posterior

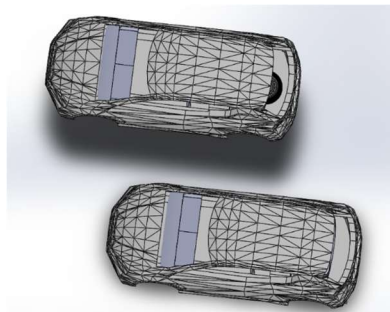
	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN



Nota: El gráfico muestra el mallado del vehículo Nissan Leaf en formato. STL, tomado de Sketchfab (p.1), por Bronce, 2019.

Figura 5


Diseño y Ensamble del Vehículo Con Neumático de Emergencia (Sup.), Sin Neumático (Inf.).



Nota: Vehículo Nissan Leaf con la inclusión del neumático de emergencia en la cajuela y sin él para la simulación de los dos diferentes escenarios, además de la implementación de su estructura autoportante.

Como segundo paso, se establece las condiciones iniciales del estudio descritas en la Figura 6, como la fuerza de impacto, material, etc. Estas se determinan mediante ecuaciones, modelos matemáticos junto investigaciones previas realizadas, se obtuvo lo siguiente: fuerza de impacto de 1689.31[N] o 379,770 [lb], material asignado en la carrocería posterior Aluminio 6061, para el neumático de emergencia caucho y la estructura autoportante el material acero, como se describen en las tablas 2,3 y 4.

Tabla 2

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Condiciones Iniciales (Materiales Asignados) Material Carrocería.

<i>Nombre</i>	<i>Aluminio 6061-AHC</i>	
<i>General</i>	Densidad de Masa	2.7g/cm ³
	Límite de Elasticidad	275 MPa
	Resistencia Máxima a tracción	310 Mpa
<i>Tensión</i>	Módulo de Young	68.9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.33 su
	Módulo Cortante	25.9023 GPa
<i>Nombre(s) de pieza</i>	Nissan Leaf Cajuela con Llanta.ipt	

Nota: Características Técnicas de Material de carrocería.

Tabla 3

Condiciones Iniciales (Materiales Asignados) Material Neumático

<i>Material</i>	<i>Caucho</i>
<i>Densidad</i>	0.93 g/cm ³
<i>Masa</i>	0.000274611 kg
<i>Área</i>	919.667 mm ²
<i>Volumen</i>	295.28 mm ³
<i>Centro de Gravedad</i>	X=3.83578 mm
	Y=0.595 mm
	Z=11.5758 mm

Nota: Características Técnicas de Material de neumático de emergencia.


	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Tabla 4

Condiciones Iniciales (Materiales Asignados) Material Estructura Autoportante

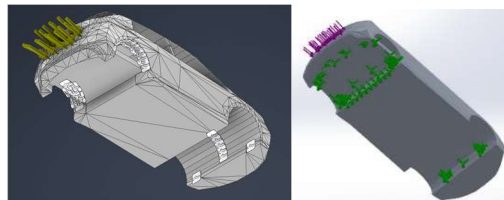
<i>Nombre</i>	<i>Acero</i>	
<i>General</i>	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
<i>Tensión</i>	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	80.7692 GPa
<i>Nombre(s) de pieza</i>	Jaula Nissan Leaf.ipt	

Nota: Características Técnicas de Materiales de estructura Autoportante.

Las fijaciones para el estudio de deformación se las insertó en los ejes de transmisión indicadas en la Figura 7, es decir, un total de cuatro por las cuatro ruedas del vehículo.

Figura 7

Fijaciones de Simulación de 4 ejes (Inventor (Izq.), Solid Works (Der.).



Nota: Vehículo Nissan Leaf con la aplicación de sujeciones en cada llanta del automóvil.

Posteriormente se genera el mallado de la geometría Figura 8 para iniciar el análisis estático del presente estudio. Del cuál, el software de simulación analizando 60396 nodos del ensamble.


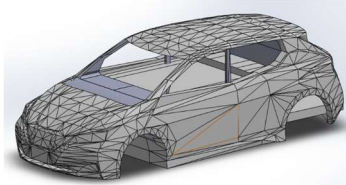
	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Figura 8

Mallado de la geometría en base a sus nodos Número De Nodos (Solid Works).

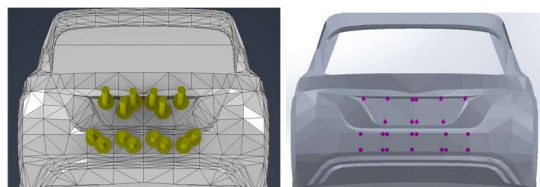


Nota: Softwares de Simulación validando el mallado de la estructura del vehículo Nissan Leaf 2018.

La distribución de la fuerza de impacto se la realizó de forma que se asemeje lo máximo posible a un siniestro por colisión trasera, con un total de 14 puntos en la sección trasera de la carrocería del vehículo como se aprecia en la Figura 9 la cual va a ser el primer contacto reflejado durante el siniestro.

Figura 9

Vista Frontal de Distribución de Fuerzas (Inventor (Izq.), Solid Works (Der.))




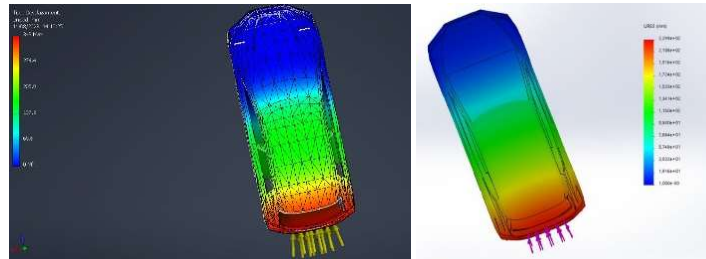
Nota: Vehículo Nissan Leaf con la aplicación de fuerza de impacto en los puntos de impacto.

En cuanto a resultados obtenidos en ambos programas tanto en el software Inventor Profesional como en SolidWorks se obtuvo los siguientes resultados visuales mostrados en la Figura 10 y 11.

Figura 10

Desplazamiento sin neumático de emergencia (Inventor (Izq.), Solid Works (Der.))

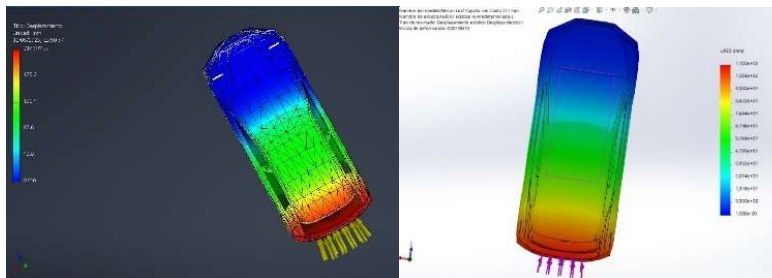
	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN



Nota: Resultados numéricos en [mm] y visuales del desplazamiento nodal en el vehículo Nissan Leaf sin el neumático de emergencia.

Figura 11

Desplazamiento con neumático de emergencia (Inventor (Izq.), Solid Works (Der.))



Nota: Resultados numéricos en [mm] y visuales del desplazamiento nodal en el vehículo Nissan Leaf con el neumático de emergencia integrado.

En las siguientes tablas 5, 6, 7 y 8 se ven reflejados los resultados numéricos en cuanto a tensión, deformación y desplazamiento en sus respectivas unidades donde nos enfocamos en el apartado de desplazamiento máximo siendo la mayor distancia registrada durante el siniestro en el análisis.

Tabla 5

Tabla de resultados análisis sin neumático de emergencia (Inventor Professional 2024)

INVENTOR PROFESSIONAL 2024

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

<i>Nombre</i>	Mínimo	Máximo
<i>Volumen</i>	159500000000 mm ³	
<i>Masa</i>	1595 kg	
<i>Tensión de Von Mises</i>	23347.5 MPa	185380000 MPa
<i>Primera tensión principal</i>	-29751600 MPa	181751000 MPa
<i>Tercera tensión principal</i>	-169008000 MPa	21604700 MPa
<i>Desplazamiento</i>	0 mm	226.022 mm
<i>Coefficiente de seguridad</i>	0.00000111663 su	0.00886604 su

Nota: Resultados numéricos obtenidos en modelo sin neumático de emergencia en programa de simulación (Inventor Professional 2024) .

Tabla 6


Tabla de resultados análisis sin neumático de emergencia (Solid Works 2023)

<i>SOLID WORKS 2023</i>			
<i>Nombre</i>	Tipo	Mín.	Máx.
<i>Tensiones I</i>	VON: Tensión de von Mises	2,162e+09 N/m ² Nodo: 12595	1,266e+13 N/m ² Nodo: 6482
<i>Desplazamientos I</i>	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 580	2,299e+02 mm Nodo: 14699
<i>Deformaciones unitarias I</i>	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3,158e-02 Elemento: 7615	1,595e+02 Elemento: 4038

Nota: Resultados numéricos obtenidos en modelo sin neumático de emergencia en programa de simulación (Solid Works 2023) .

Tabla 7

Tabla de resultados análisis con neumático de emergencia (Inventor Professional)

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

INVENTOR PROFESSIONAL 2024

<i>Nombre</i>	Mínimo	Máximo
<i>Volumen</i>	159500000000 mm ³	
<i>Masa</i>	1595 kg	
<i>Tensión de Von Mises</i>	6690.53 MPa	50424000 MPa
<i>Primera tensión principal</i>	-8358350 MPa	49020800 MPa
<i>Tercera tensión principal</i>	-45710000 MPa	6657320 MPa
<i>Desplazamiento</i>	0 mm	117.505 mm
<i>Coefficiente de seguridad</i>	0.00000410519 su	0.0309392 su

Nota: Resultados numéricos obtenidos en modelo con neumático de emergencia en programa de simulación (Inventor Professional 2024) .

Tabla 8

Tabla de resultados análisis con neumático de emergencia (Solid Works 2023)


SOLID WORKS 2023

<i>Nombre</i>	Tipo	Mín.	Máx.
<i>Tensiones I</i>	VON: Tensión de von Mises	1,081e+09 N/m ² Nodo: 12595	6,332e+12 N/m ² Nodo: 6482
<i>Desplazamientos I</i>	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 580	1,150e+02 mm Nodo: 14699
<i>Deformaciones unitarias I</i>	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1,579e-02 Elemento: 7615	7,977e+01 Elemento: 4038

Nota: Resultados numéricos obtenidos en modelo con neumático de emergencia en programa de simulación (Solid Works 2023) .

Resultados y Discusión

En el estudio se puede mostrar que la absorción de energía gracias al límite elástico del material de la carrocería y del neumático de emergencia al ser mayor en comparación a materiales rígidos, permite evitar un daño estructural y reducir el peligro que presenta estos elementos durante la colisión, así como lo afirma Idrees et al. (2023) el cual realizó pruebas en el bastidor de un


	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

vehículo con materiales livianos. Aunque es importante tener en cuenta que la estructura principal del automóvil, su chasis autoportante, que cuenta con una armadura en la cual sus nodos están distribuidos estratégicamente para conseguir una base compacta, esto es determinado por la curva que señala el punto plástico de Krupkoswi, el espesor del material y la orientación de las piezas para conseguir una deformación programada como señala (Pasquale et al., 2022).

Se debe resaltar que todas estas características de dichos elementos deben trabajar en conjunto para obtener un resultado óptimo que conlleva a varios estudios y pruebas de simulación de acuerdo con las situaciones y condiciones de colisiones de vehículos posibles. Tomando como ejemplo los resultados obtenidos del artículo de investigación Comparative design and analysis of roll cage for automobiles de Safiuddeen et al. (2020), el cual tomó como vehículo de prueba el modelo R8 de Audi, como software de simulación Solid Works 2020 y como material de estudio acero. El autor calculó resultados de acuerdo con la deformación principal máxima un valor de 3987.6 [mm] debido a que la fuerza de impacto empleada en este caso fue de 10970000 [N], en contra parte, este estudio se lo calculó con 1689.31 [N]. Además, que puede ser influenciado debido a que el vehículo de estudio pertenece a una rama diferente junto a sus características técnicas, proporcionando una ingeniería más elevada en cuánto su estructura, en contraste del vehículo Nissan Leaf.

Una vez explicado esto, del presente análisis de simulación se obtuvieron los siguientes resultados correspondientes al desplazamiento máximo provenientes de la Figura 10, es decir al modelo sin neumático, en el software perteneciente a Inventor presentó un valor de 226.022 [mm], para corroborar el dato calculado, el simulador Solid Works 2023, obtuvo de resultado 229.90 [mm], a comparación de los resultados pertenecientes a la Figura 11, la cual es del modelo ya incluye el neumático, el resultado en el programa Inventor el valor de 117.505 [mm] y en la aplicación Solid Works 2023, se obtuvo 115.000 [mm].

Posteriormente se detalla los resultados obtenidos de la Tensión de Von Misses reflejado en el esfuerzo del material respectivo al modelo sin neumático. Los valores máximos son de

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN


185380000 [MPa], y en SolidWorks 2023 fue un valor de 2162000 [MPa]. A comparación del estudio, los resultados registrados con el neumático de emergencia presente en el compartimiento posterior la tensión máxima de Von Misses, de 50424000 [MPa] y el resultado en SolidWorks fue de 6330000000 [MPa].

Conclusiones

En conclusión, en este artículo científico se demostró que el estudio y análisis de una colisión trasera vehicular de motorización eléctrica entre una carrocería vacía a comparación de una con un neumático de emergencia puede influenciar durante el siniestro del automotor en la cual se recomienda implementar el espacio para la llanta de emergencia. Porque según nuestros resultados en la simulación, se desplazaría 11.4 [cm] menos, lo que implica un porcentaje de riesgo menor en un 39% ya que el siniestro se redujo de un 100% a un 61%.

Como se pudo demostrar, el uso y ubicación del neumático de emergencia en la parte posterior de una carrocería de un vehículo eléctrico sirvió de ayuda a favor de menor desplazamiento en una colisión posterior automovilística, demostrando ser así, con la justificación de que este elemento está fabricado con materiales flexibles y de características elásticas capaces de absorber energía. Agregar que los materiales asignados a las dos simulaciones influyen en los resultados por lo que se podría profundizar más en un estudio específicamente de la llanta y las propiedades de los materiales.


El neumático de emergencia demostró no solo ser una herramienta auxiliar en caso de presentar una llanta del vehículo desinflada o pinchada, sino también útil gracias a su cantidad de masa y ubicación en la cual cuenta con sujeciones fijas que permiten un índice de absorción extra durante el siniestro vehicular, mostrado en los resultados con un índice del 39% gracias a la reducción de desplazamiento de la carrocería en 11.4 [cm] aproximadamente la cual influir en salvar a los ocupantes ubicados en los asientos posteriores.

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN


Se garantiza gracias a la utilización de dos softwares de simulación que los resultados son válidos, ya que al trabajar solamente con un programa podríamos crear un entorno irreal y sin respaldo de los valores numéricos obtenidos, mientras que con dos programas se utilizan las mismas condiciones iniciales, lo que hace que este resultado sea más efectivo y confiable para aportar con la investigación que se hace sobre carrocerías y estructuras de vehículos. Estos resultados deben ser tomados como un aporte para la investigación de siniestros en el futuro

Bibliografía


- Congacha, A., Barba, J., Palacios, L., & Delgado, J. (2019). Caracterización de los Siniestros Viales en el Ecuador. *NovaSinergia*. <https://doi.org/10.37135/unach.001.04.02>
- Pasquale, A., Champaney, V., Kim, Y., Hascoet, N., Ammar, A., & Chinesta, F. (2022). A parametric metamodel of the vehicle frontal structure accounting for material properties and strain-rate effect: application to full frontal rigid barrier crash test. *Heliyon*, 8(12), e12397–e12397. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12397>
- Asencio, M. (2023). *Estudio del Comportamiento Estructural por Impacto Frontal sobre un Chasis de Kart a través del Método de Elementos Finitos*. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5827/1/UIDE-G-TMA-2023-13.pdf>
- Autodesk. (2023). *Software Autodesk Inventor | Consulta los precios y compra Inventor 2024 oficial*. Autodesk.com. <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Sketchfab. (2019). *Sketchfab*. Sketchfab. <https://sketchfab.com/3d-models/nissan-leaf-2018-44c1adc081b04051abba11bdb77c1075>
- Chávez, C. (2020). Aplicaciones de energía cinética en electromovilidad autónoma y sostenible. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 167–180. <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768213016/html/>
- Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. (2023). *Solid Works*. Obtenido de <https://www.solidworks.com/es/support/free-downloads/>

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

- Erazo, V. (2022). El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina. *Scielo*, 33(2), 297–308. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000200297>
- Tapia, E. (2022). *16 marcas compiten con vehículos eléctricos en Ecuador*. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/vehiculos-electricos-ecuador/>
- Mora,Édgar, E. & Hernández Albañil, H. (2017). Análisis de fallas de estructuras y elementos mecánicos. Editorial Universidad Nacional de Colombia. <https://www.mdconsult.internacional.edu.ec:2057/es/lc/uide/titulos/129070>
- Panorama Electrico. (2021). In *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables*. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/PanoramaElectricoV-Julio-Baja.pdf>
- Gorky, G., & Pulles, S. (2023). *Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito*. Dominiodelasciencias.com. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2291/4961>
- Noorumar, G., Rogovchenko, S., Robbersmyr, K. G., & Vysochinskiy, D. (2022). Vehicle crashworthiness performance in frontal impact: Mathematical model using elastic pendulum. *Mechanics Research Communications*, 124, 103954–103954. <https://doi.org/10.1016/j.mechrescom.2022.103954>
- Dižo, J., Blatnický, M., Semenov, S., Mikhailov, E., Kostrzewski, M., Drożdziel, P., & Šťastniak, P. (2021). *Electric and plug-in hybrid vehicles and their infrastructure in a particular European region*. *ScienceDirect*, 55, 629–636. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.029>
- Weng, J., Meng, Q., & Yan, X. (2014). Analysis of work zone rear-end crash risk for different vehicle-following patterns. *ScienceDirect*, 72, 449–457. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.08.003>

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

- Jiang, K., Bezold, A., & Broeckmann, C. (2019). Numerical modeling of the progressive damage in the microstructure of WC-Co hardmetals under fatigue loading. *ScienceDirect*, 23, 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.01.128>
- La República. (2015). *Nissan Leaf presente en evento “Life is on Ecuador 2015”* | *La República EC*. La RepúblicaEC. <https://www.larepublica.ec/blog/2015/11/14/nissan-leaf-presente-en-evento-life-is-on-ecuador-2015/>
- Dimitriou, L., Stylianou, K., & Abdel-Aty, M. (2018). Assessing rear-end crash potential in urban locations based on vehicle-by-vehicle interactions, geometric characteristics and operational conditions. *Elsevier*, 118, 221–235. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.024>
- Reyes, L., Martínez, V., Lardelli, P., Moreno, E., Molina, D., & Jiménez, E. (2020). Association between type of vehicle and the risk of provoking a collision between vehicles. *ScienceDirect*, 34(4), 350–355. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.10.007>
- Rahman, A., Hossain, M., Mitran, E., & Sun, X. (2021). Understanding the contributing factors to young driver crashes: A comparison of crash profiles of three age groups. *Transportation Engineering*, 5, 100076–100076. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100076>
- Nissan Motor Corporation. (2020). *NISSAN LEAF 100% ELÉCTRICO*. Retrieved August 8, 2023, from <https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/cl/fichastecnicas/FICHA%20TECNICA%20LEAF.pdf>
- Nissan Motor Corporation. (2023). *Dimensiones y especificaciones | Nissan LEAF - Coche familiar eléctrico | Nissan*. Nissan. <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf/dimensiones-especificaciones.html>
- Stephanía, L. (2019). Ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos como TPI según la percepción de sus conductores en la ciudad de Bogotá. *Unipiloto.edu.co*. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4898>
- Ortiz, J. (2019). *EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE UN AUTOMÓVIL A COMBUSTIÓN INTERNA Y UN AUTOMÓVIL ELÉCTRICO EN EL CONTEXTO COLOMBIANO MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA VIVIANA*

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

ZULUAGA HIGUITA Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Ambiental.

<https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/8d70a177-5d7e-4171-9d81-b34283c1a08c/content>

Vielma, P., Cordero, F., & Calderón, G. (2019). El método de los elementos finitos para problemas de difusión con dos fases: XFEM y XFEM+. *Revista UIS Ingenierías*, 18(1), 213–222. <https://www.redalyc.org/journal/5537/553762463020/html/>

Benito Muñoz, J. J. & Saleté Casino, E. (2023). Introducción al método de los elementos finitos. 1. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.

<https://www.mdconsult.internacional.edu.ec:2057/es/ereader/uide/227608?page=1>

Mohamed, S., Mohamed, K., & Al-Harhi, H. (2017). Investigating Factors Affecting the Occurrence and Severity of Rear-End Crashes. *Transportation Research Procedia*, 25, 2098–2107. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.403>

Palit, T., Bari, M., & Karmaker, C. (2022). An integrated Principal Component Analysis and Interpretive Structural Modeling approach for electric vehicle adoption decisions in sustainable transportation systems. *Decision Analytics Journal*, 4, 100119–100119.

<https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100119>

Champahom, T., Jomnonkwao, S., Watthanaklang, D., Karoonsoontawong, A., Chatpattananan, V., & Ratanavaraha, V. (2020). Applying hierarchical logistic models to compare urban and rural roadway modeling of severity of rear-end vehicular crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 141, 105537–105537. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105537>


INEC. (2021). *Estadísticas de Transporte*.

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2021/2021_SINIESTROS_PPT.pdf

Chávez, V. (2020). *Revistas UIS Ingenierías*. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020015>

Idrees, U., Ahmad, S., Shah, I., Talha, M., Shehzad, R., Amjad, M., & Rahimian, S. (2023).

Finite element analysis of car frame frontal crash using lightweight materials. *Mağalla Al-Abhāt Al-Handasiyyat*, 11(1), 100007–100007. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100007>

	Universidad Internacional del Ecuador
	DOCUMENTO N°: UIDE- MAT-EIA
	INGENIERIA AUTOMOTRIZ
	TITULACIÓN

Zienkiewicz, O. (2018). El método de elementos finitos. Obtenido de

<https://www.mdconsult.internacional.edu.ec:2057/es/ereader/uide/100522>

Kathmann, T., Reh, D., & Arlinghaus, J. C. (2023). Exploiting the technological capabilities of autonomous vehicles as assembly items to improve assembly performance. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, 6, 100111–100111.

<https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100111>

Melgar, M., & Guerrero C. (2005). Los siniestros en el seguro del automóvil: un análisis econométrico aplicado. <https://www.redalyc.org/pdf/301/30123117.pdf>

Cerda, J., Vera, C., & Rada, G. (2013). Odds ratio: aspectos teóricos y prácticos. *Revista Médica de Chile*, 141(10), 1329–1335. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872013001000014>

Hüseyin Turan Arat. (2023). Recycling and reusing batteries: A significant way for effective sustainability of FCEVs and EVs. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(60), 23272–23278. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.189>

Idrees, U., Ahmad, S., Imtiaz Alam Shah, Muhammad Talha, Rehman Shehzad, Amjad, M., & Rahimian, S. (2023). Finite element analysis of car frame frontal crash using lightweight materials. *Mağallaı̄ Al-Abḥāt Al-Handasiyyāı̄*, 11(1), 100007–100007.

<https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100007>

T. Safiuddeen, Balaji, P., S. Dinesh, B.Md. ShabeerHussain, & M.R. Giridharan. (2021).

Comparative design and analysis of roll cage for automobiles. *Materials Today: Proceedings*,

39, 183–200. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.489>