



# Diseño 3d y Análisis de Ingeniería Mediante Software NX para la Implementación de Simulador de Impacto Vehicular

Vaquera-González, E. <sup>1</sup>; Román-Landeros, D. A. <sup>1</sup>; Serrano-Hernández, A. <sup>1</sup>.

## Datos de Adscripción:

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, División de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico N° 1555 . Periférico Lerdo Km. 14.5, Placido Domingo, 35150 Lerdo, Dgo. México

✉ evaquera@itslerdo.edu.mx

**Resumen** - La investigación exhaustiva sobre los simuladores de impacto ha sido fundamental para considerar las situaciones que pueden surgir en accidentes viales. Esta comprensión detallada de la importancia y la relevancia de los simuladores ha conducido al diseño de un prototipo basado en una amplia gama de fuentes de investigación. Además, se han llevado a cabo pruebas de simulación minuciosas en cada componente del simulador, teniendo en cuenta tanto su estructura como sus dimensiones a tamaño real. Estas pruebas han proporcionado valiosos datos sobre la deformación de materiales, que a su vez han informado sobre los ajustes necesarios en el diseño, permitiendo una mejora continua en el proceso. La realización de este tipo de proyectos es de suma importancia, ya que promueve la innovación dentro de la institución y contribuye significativamente al desarrollo académico y práctico de los alumnos y profesores. Al ofrecer herramientas y recursos avanzados como este simulador de impacto, se facilita el aprendizaje y se enriquece la experiencia educativa, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real en el campo de la ingeniería automotriz. En la siguiente investigación se detalla el diseño del prototipo del simulador de impacto, los cálculos de las fuerzas que se aplicaran en las simulaciones de esfuerzo, los análisis de ingeniería, los cuales validaran ingenierilmente el diseño para su fabricación mediante los factores de seguridad previamente calculados, de igual manera se llevara a cabo la manufactura del simulador de impacto. Todo esto para observar el comportamiento de los materiales al momento de un impacto, sin dejar a un lado la importancia del uso del cinturón de seguridad.

**Palabras clave** - Accidentes, Deformación, Diseño, Impacto, Innovación, Simulador

**Abstract** - Extensive research on impact simulators has been essential to consider the multiple situations that can arise in a road accident. This detailed understanding of the importance and relevance of simulators has led to the design of a prototype based on a wide range of research sources. In addition, detailed simulation tests have been carried out on each component of the simulator, taking into account both its structure and its full-size dimensions. These tests have provided valuable data on material deformation, which in turn has informed necessary adjustments to the design, allowing for continuous improvement in the process. Carrying out this type of project is of utmost importance,

since it promotes innovation within the institution and contributes significantly to the academic and practical development of students and teachers. By offering advanced tools and resources like this impact simulator, learning is facilitated, and the educational experience is enriched, preparing students to face real-world challenges in the field of automotive engineering. The following investigation will detail the design of the prototype of the impact simulator, the calculations of the forces that will be applied in the stress simulations, the engineering analyses, which will engineering validate the design for its manufacture using previously calculated safety factors. In the same way, the manufacturing of the impact simulator will be carried out. All this to observe the behavior of the materials at the time of an impact, without leaving aside the importance of using the seat belt.

**Keyword** - Accidents, Deformation, Design, Impact, Innovation, Simulator

## I. INTRODUCCIÓN

El simulador de impacto es un sistema para realizar ensayos de impacto vehicular para así poder comprobar la velocidad pasiva de los vehículos y poder evaluar el nivel de protección que ofrecen a los pasajeros. (Universidad Politécnica de Madrid, 2024)

Comúnmente este tipo de simuladores abarca diferentes áreas del sector de investigación e innovación ya que la fabricación de automóviles cada vez se está innovando y es necesario realizar pruebas para comprobar la seguridad de los vehículos que saldrán al mercado para saber si serán seguros para el uso de estos mismos, sin embargo la realización de este tipo de simuladores requiere de una gran cantidad de dinero y no siempre se pueden realizar las pruebas a todos los automóviles que están siendo fabricados por lo tanto existen simuladores de impacto que te permiten recrear un accidente automovilístico sin la necesidad de contar con un automóvil (Illescas P., 2009)

Los simuladores de impacto de autos se basan en modelos matemáticos y físicos para simular con precisión las fuerzas y las deformaciones que ocurren durante una colisión. Estos modelos se combinan con datos reales sobre vehículos y materiales para recrear las condiciones de un accidente (Siemens Digital Industries Software, 2024).

Existen diferentes tipos de simuladores de impacto, desde simulaciones por ordenador hasta instalaciones físicas más complejas. Algunos simuladores de impacto utilizan maniqués instrumentados con sensores para medir las fuerzas y los efectos del impacto en el cuerpo humano.

Estos simuladores son utilizados por fabricantes de automóviles y organismos de seguridad para evaluar y mejorar el diseño de los vehículos, probar nuevos sistemas de seguridad y evaluar la efectividad de los dispositivos de retención, como cinturones de seguridad y airbags (Condes, 2005)

Además, los simuladores de impacto de autos también se utilizan en investigaciones científicas para analizar y comprender mejor las lesiones causadas por accidentes de tráfico, así como para desarrollar soluciones de seguridad más efectivas (Alegsa, 2023) El objetivo de este proyecto es diseñar y analizar ingenierilmente un simulador de impacto vehicular para concientizar a la población sobre el uso adecuado del cinturón de seguridad y así reducir el porcentaje de muertes en accidentes automovilísticos. El alcance que se espera es en las diferentes áreas que se encuentran dentro y fuera del instituto.

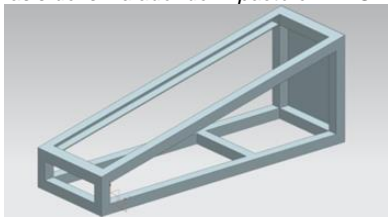
## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

### 2.1 Diseño de prototipo principal

Se llevó a cabo el prediseño de un simulador de impacto con el objetivo de crear una estructura basada en una construcción existente, utilizando medidas completamente aleatorias. El primer paso en este proceso fue la creación de un chasis y una jaula representativa, además de un ensamblaje preliminar, para obtener una idea visual y funcional de cómo podría ser un diseño final de un simulador.

**Figura 1**

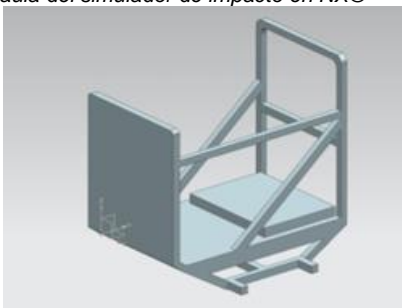
*Prediseño de chasis del simulador de impacto en NX©*



El diseño continuó con la instalación de tres barras laterales: dos diagonales y una horizontal. Estas barras proporcionan un refuerzo adicional al chasis de la jaula, mejorando su resistencia al recibir el impacto. Además, se incorporó un soporte esencial para la colocación de un asiento de auto y una pared frontal destinada a colocar una protección para el usuario, garantizando su seguridad durante el uso del simulador.

**Figura 2**

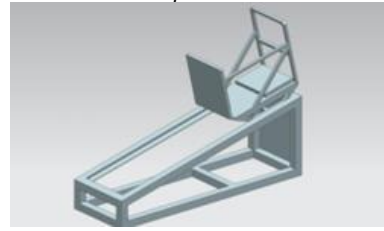
*Prediseño de jaula del simulador de impacto en NX©*



Se tiene un ensamblaje de ambas piezas que permite apreciar una idea muy básica utilizada para la creación de un prototipo mejor estructurado, con parámetros, cálculos y medidas especificadas. Este ensamblaje inicial sirvió como una base fundamental, sobre la cual se desarrolló un diseño más detallado y preciso, asegurando una mayor congruencia y funcionalidad en el prototipo final.

**Figura 3**

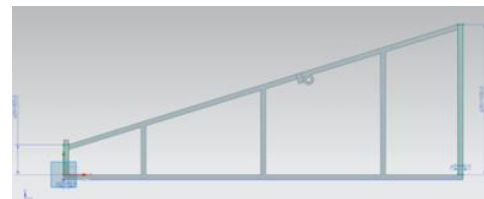
*Preensamble del simulador de impacto en NX©*



La altura máxima del chasis se estableció en 1.5 metros para lograr una inclinación adecuada, que corresponda a los parámetros requeridos de la jaula al momento de accionar el simulador. Esta altura es crucial para garantizar que el simulador funcione correctamente y cumpla con los estándares de seguridad y eficiencia necesarios.

**Figura 4**

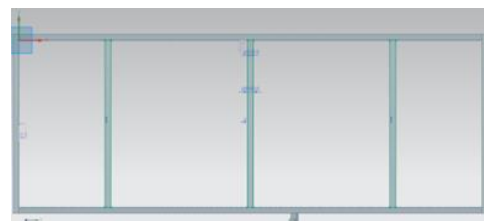
*Diseño de soportes principales en NX©*



Para la parte inferior del chasis, se agregaron tres barras de 1.4 metros con el fin de mejorar la estabilidad de la base del chasis en contacto con el suelo cuando el simulador está en funcionamiento. Además, estas barras contribuyen a un diseño más estético y mejor estructurado.

**Figura 5**

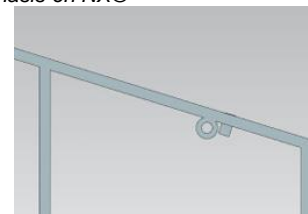
*Diseño para reforzamiento inferior en NX©*



En la parte lateral del chasis, se realizó una modificación para instalar un sistema de accionamiento que permite detener y soltar la jaula mediante un pasador con una palanca. La estructura tiene un diámetro interno de 1 pulgada, teniendo en cuenta las dimensiones que puede tener una chumacera fuera del entorno de diseño.

**Figura 6**

*Parte lateral del chasis en NX©*



## 2.2 Simulaciones de esfuerzo mediante software

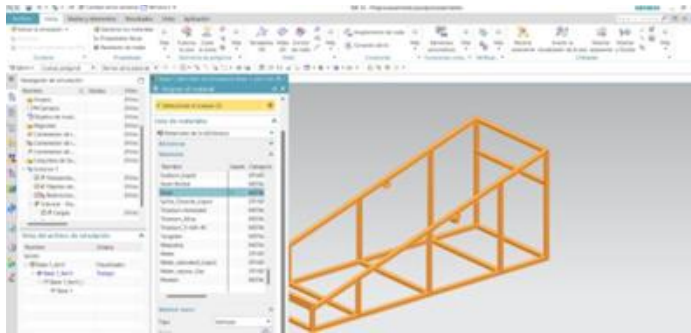
En el apartado de posprocesamiento del software se utilizó el apartado de análisis estructural para así generar una simulación nueva específicamente para el análisis del impacto que se recibirá en la zona específica.

**Figura 7**  
 Apartado de FEM y SIM para la simulación en NX©



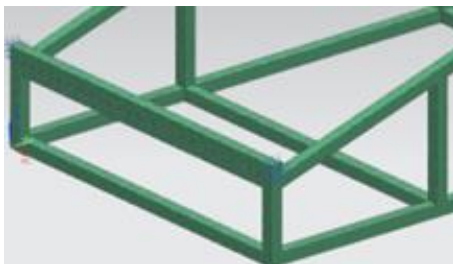
En el siguiente apartado se agregó el mallado de las piezas a analizar y la selección de materiales para simular la deformación y esfuerzo de las piezas según el material que se utilice ya que cada material se comporta diferente debido a sus distintas propiedades.

**Figura 8.**  
 Asignación de materiales de la base en NX©



Se le colocó una restricción tipo fija a las partes de las estructuras que no recibirán ningún impacto por lo que no tendrán que soportar ningún esfuerzo debido a la zona donde se presentará el impacto.

**Figura 9**  
 Creación de restricción fija en NX©



Lo siguiente a realizar fue colocar la carga necesaria en la parte del cuerpo que no se encuentra con algún tipo de restricción, este

valor fue determinado tomando en cuenta la inclinación de la figura y el peso que se tiene en la jaula responsable de realizar la carga, tomando en cuenta que el peso del objeto es de 341 kilos, se procede a utilizar las componentes del peso del objeto a lo largo y perpendicular al plano inclinado. (Budynas & Nisbett, 2008)

Formula 1 Formula para carga necesaria

$$F_{paraleta} = (m)(g)(\sin\theta) \quad (1)$$

Donde:

$F_{paraleta}$  es el componente del peso del objeto a lo largo del plano inclinado.

$m$  es la aceleración debido a la gravedad, que es aproximadamente  $9.8 \text{ m/s}^2$

$\theta$  es el ángulo del plano inclinado que se encuentra a  $17^\circ$

Y se sustituyeron los valores en la fórmula 2:

$$F_{paraleta} = 341 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times \sin(17^\circ) \quad (2)$$

Se calcula el valor de  $\sin(17^\circ)$

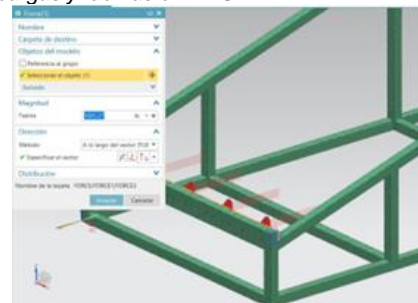
$$\sin(17^\circ) = 0.2924$$

Se sustituye el valor en la fórmula 3:

$$F_{paraleta} = 341 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.2924 \approx 1005.27 \text{ N} \quad (3)$$

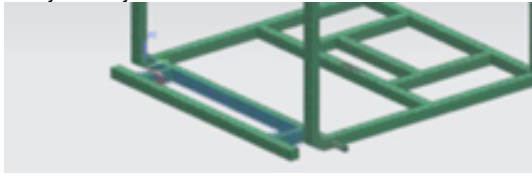
La obtención de este resultado se colocó en el apartado de fuerzas del software y se seleccionó la parte donde la base recibirá el impacto que en su caso fue la parte interna de la zona frontal de la estructura.

**Figura 10**  
 Apartado de cargas y fuerzas en NX©



Para la parte de la jaula se hizo el mismo procedimiento, utilizando el mismo material en y colocando una restricción fija en las zonas cercanas que no recibirán ningún impacto ni esfuerzo.

**Figura 11**  
Restricción fija en la jaula en NX©



Para colocar la carga necesaria en la parte del cuerpo que no se encuentra con algún tipo de restricción, este valor fue determinado tomando en cuenta la inclinación de la figura base y el peso que tiene en la jaula responsable de realizar el recorrido y la carga. El total fue de 1005.27 N.

**Figura 12**  
Carga en zona de impacto de la jaula en NX©



### 2.3 Selección de materiales

Después de hacer las simulaciones se buscaron distribuidores y proveedores de material de acero, con la finalidad de encontrar el mejor material calidad – precio.

**Tabla 1**  
Dimensiones, precios de materiales y cantidades de piezas a usar

| Materiales                  | Cantidad | Precio unitario | Precio total   |
|-----------------------------|----------|-----------------|----------------|
| PRT 2x2" Calibre 14         | 10       | \$495           | \$4950         |
| Polines 1x3 1/2" Calibre 16 | 2        | \$412           | \$824          |
| Disco para sierra circular  | 2        | \$50            | \$100          |
| Discos para desbaste        | 5        | \$30            | \$150          |
| Rodamientos 40mm x 68 mm    | 4        | \$220           | \$880          |
| Asiento de automóvil        | 1        | \$450           | \$450          |
| Rollo micro alambre 0.030   | 2        | \$300           | \$600          |
| Maquina p/soldar inverter   | 1        | \$3000          | \$3000         |
| Amortiguadores de automóvil | 2        | \$50            | \$50           |
| <b>TOTAL</b>                |          |                 | <b>\$11004</b> |

Se cortaron los materiales de las medidas que se tenían en el diseño antes realizado en el software, para el apartado del chasis dejando ángulos de 90° en las esquinas para cualquier modificación.

**Figura 13**  
Perfiles cortados a medida



Para la estructura de la jaula se cortaron los materiales sin hacer ninguna modificación a las medidas previamente vistas en el diseño del software.

**Figura 14**  
Corte de perfiles para jaula



### 2.4 Soldado de los materiales previamente cortados

Para comenzar la unión entre todos los componentes del chasis lo primordial fue cuadrar la base que sostiene todos los soportes y refuerzos soldando los dos tramos de perfil

**Figura 15**  
Unión de refuerzos inferiores



Lo siguiente a realizar fue colocar los soportes de 1.5 m y sus componentes de la parte trasera del chasis para así tener una mejor referencia y que la altura quedara acorde a lo especificado en el diseño.

**Figura 16**  
*Soportes traseros del chasis*



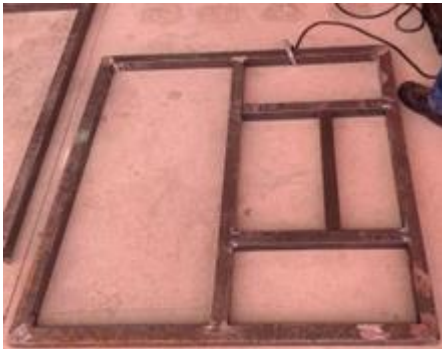
Se realizaron las uniones con soldadura de los soportes donde van recargados los rieles en diagonal, para que éstos quedaran de manera fija tomando en cuenta la desviación o deformación que tienen los materiales tras el contacto con la soldadura.

**Figura 17**  
*Soportes laterales en vertical*



Los siguiente es soldar la base de la jaula para poder montar el asiento y la jaula al chasis y los rieles.

**Figura 18**  
*Soportes para base del asiento*



Para la parte frontal de la jaula se procedió a soldar los perfiles de 90 cm y el perfil en horizontal de 1.2 m con la misma indicación que en la parte trasera con 5cm hacia adentro de la base para una simetría entre la parte trasera y la parte frontal.

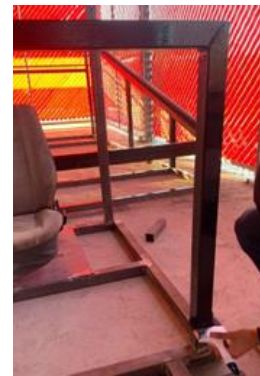
**Figura 19**  
*Empotramiento y fijación del asiento*



### 2.5 Acabados estéticos

Se realizaron acabados estéticos de pintura al chasis, la base del asiento, la jaula y los rieles.

**Figura 20**  
*Acabado estético a todo el simulador*



## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Resultado análisis estructural a la base.

Los resultados del análisis estructural a la base arrojaron como datos el esfuerzo nodal máximo al momento de recibir el impacto de la jaula teniendo un total de 25.15 MPa lo cual indica el punto máximo de esfuerzo hacia la pieza restringida. El esfuerzo máximo generado por la carga aplicada se distribuye hacia las zonas donde se encuentran las restricciones fijas el animado arrojado por el software permite visualizar el momento exacto en el que se encuentra en su punto máximo de deformación sin embargo esta animación solo muestra una representación de cómo se podría apreciar la deformación del material. Una vez teniendo el resultado de 25.15 MPa se procedió a utilizar la fórmula 4 para calcular el factor de seguridad tomando en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Resistencia última del material}}{\text{Carga aplicada}} \quad (4)$$

Donde:

Resistencia última del acero comercial: 250 MPa

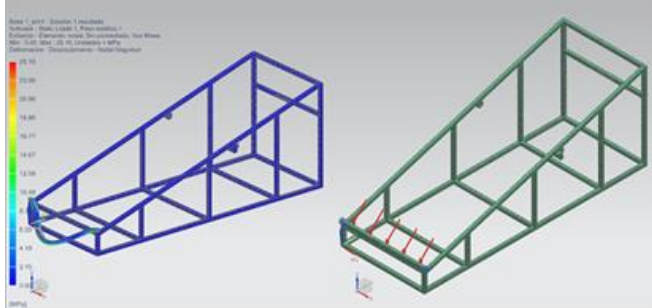
Carga aplicada: 25015 MPa

Se obtiene que:

Sustitución y resolución de fórmula (5) de seguridad

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{250 \text{ MPa}}{25.15 \text{ MPa}} = 9.94 \quad (5)$$

**Figura 21**  
Resultado de análisis en chasis



### 3.2 Resultado análisis estructural a la pieza idealizada de la base.

El resultado de someter la estructura de la base permitió apreciar el esfuerzo máximo que se tuvo al momento de aplicar la carga en la zona superior de la estructura, tomando en cuenta los cálculos que se realizaron previamente al análisis se tiene que el esfuerzo nodal máximo al que está sometida la jaula es de 15.07 MPa donde la zona que se tiene con mayor esfuerzo sometido tiende a ser en la zona donde se encuentran los soportes verticales, el asistente de animado muestra una representación de la deformación de la pieza al ser sometida al análisis, sin embargo, al igual que el análisis de la base este simplemente muestra cómo se podría apreciar la pieza al momento de la deformación.

Tomando en cuenta el resultado del análisis estructural siendo este de 15.07 se procedió a calcular el factor de seguridad al momento de aplicar la carga tomando en cuenta la fórmula 6:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Resistencia última del material}}{\text{Carga aplicada}} \quad (6)$$

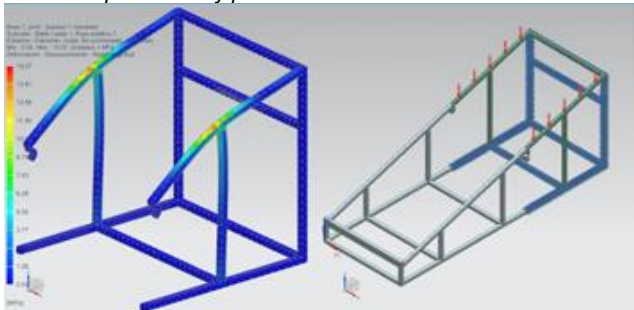
Donde:

Resistencia última del acero comercial: 250 MPa  
Carga aplicada: 15.07 MPa

Se obtiene que en la fórmula 7:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{250 \text{ MPa}}{15.07 \text{ MPa}} = 16.5 \quad (7)$$

**Figura 22**  
Deformación por fricción y peso en Chasis



En la tabla 2 se aprecian los resultados concisos de los análisis mediante software antes mencionados, en los cuales se visualiza la factibilidad del simulador de impacto.

**Tabla 2**  
Resultados análisis estructurales

| Esfuerzo Máximo | Esfuerzo Mínimo | Factor de seguridad | Resiste el impacto: Si/No |
|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------|
| 25.15 Mpas      | 0 Mpas          | 9.94                | Si                        |
| 15.07 Mpas      | 0 Mpas          | 16.5                | Si                        |

Las pruebas de funcionamiento al simulador se llevaron a cabo en el laboratorio de sistemas automotrices donde se trabajó la mayor parte del tiempo en perfeccionar los procesos para llevar a cabo las pruebas, en un principio la idea de realizar pruebas de funcionamiento era simplemente realizarlas en el software NX, sin embargo, se optó por realizar las pruebas en físico para poder comprobar el funcionamiento correcto de los elementos con los que fue elaborado cada una de las partes del simulador.

Se realizaron dos pruebas sin la necesidad de un usuario en la jaula ya que la intención era apreciar cómo es que se podría apreciar el impacto desde fuera, en la primera prueba se tuvo un error al momento de tener montada la jaula uno de los soportes con rodamientos se desprendió de su lugar y se tuvo que volver a colocar de tal manera que esta vez quedara bien asegurado.

### 3.3 Resultado de pruebas de impacto

Se realizaron dos pruebas sin la necesidad de un usuario en la jaula ya que la intención era apreciar cómo es que se podría apreciar el impacto desde fuera, en la primera prueba se tuvo un error al momento de tener montada la jaula uno de los soportes con rodamientos se desprendió de su lugar y se tuvo que volver a colocar de tal manera que esta vez quedara bien asegurado.

**Figura 23**  
Resultado en pruebas físicas del simulador



En la segunda prueba se pudo apreciar como la jaula tuvo un recorrido con una velocidad constante hasta el punto de llegar hacia la zona frontal del chasis obteniendo como resultado un impacto contundente y un funcionamiento correcto de cada una de las estructuras diseñadas y analizadas para la implementación.

**Figura 24**  
Acabado final del simulador de impacto



### 3.4 Funcionamiento general del sistema

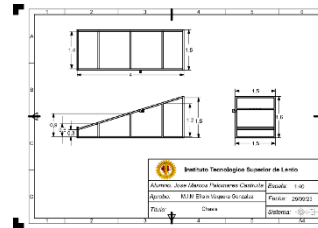
El simulador de impacto tiene un principio de funcionamiento que va enfocado a conocer los impactos y daños que sufren los materiales en una colisión vehicular, sin dejar a un lado la importancia del uso del cinturón de seguridad. El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- Escenario de impacto: Se define el tipo de impacto a simular, como colisiones frontales, laterales, traseras, o vuelcos. Esto puede incluir la velocidad del impacto, el ángulo de colisión y otras condiciones relevantes. En este caso el impacto será frontal, dejando caer la jaula del copiloto para que se impacte con una barrera de metal propia de la estructura del simulador.
- Montaje de la prueba: La jaula del copiloto se encuentra sobre una plataforma móvil que permitirá recrear el escenario de impacto.
- Generación del impacto: La jaula del copiloto es impulsada a una velocidad determinada hacia una barrera fija. En otros casos, se puede utilizar una plataforma que acelera y luego detiene bruscamente el vehículo para simular un choque.
- Creación del modelo de elementos finitos: Se crea un modelo virtual del vehículo o vehículos utilizando un software de simulación de elementos finitos. Esto implica dividir la geometría del vehículo en elementos más pequeños y definir las propiedades materiales y geométricas de cada componente.
- Generación de informes: Se elaboran informes detallados que documentan los hallazgos del experimento, incluyendo recomendaciones para mejorar la seguridad del vehículo.
- Mejoras en diseño: Los datos y conclusiones obtenidas del simulador de impacto se utilizan para realizar mejoras en el diseño del simulador y sus materiales, optimizar sistemas de seguridad y cumplir con las normativas de seguridad vial.

### 3.5 Planos generales del sistema

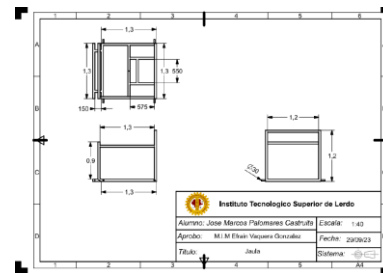
A continuación, se muestran los planos de fabricación del simulador de impacto, los cuales fueron obtenidos después de modelar el sistema en el software de NX de Siemens.

**Figura 25**  
Plano de estructura del simulador de impacto

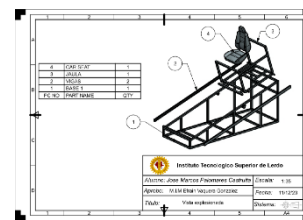


**Figura 26**  
Plano de de impacto

la jaula del simulador



**Figura 27**  
Plano vista explosionada del simulador de impacto



## IV. CONCLUSIONES

La ejecución meticulosa de cada actividad dentro del marco del proyecto ha resultado fundamental para el desarrollo y la adquisición de habilidades específicas en el ámbito del diseño. Particularmente, se ha centrado en aspectos cruciales como la concepción inicial del diseño y la implementación de las diversas partes del prototipo principal del simulador. Asimismo, el análisis estructural exhaustivo de cada componente ha proporcionado una comprensión profunda de su funcionamiento interno y las propiedades inherentes de los materiales utilizados, generando resultados satisfactorios y visualmente claros al interactuar con el entorno de simulación de movimiento proporcionado por el software especializado.

Este enfoque también ha sido esencial para la selección y evaluación de materiales idóneos para la construcción de las estructuras del simulador, contribuyendo así a la optimización del rendimiento y la seguridad del dispositivo. Durante el proceso de

## VI. REFERENCIAS

manufactura, se ha prestado una atención meticulosa a cada detalle conforme a los planos y especificaciones previamente establecidos, superando los desafíos y limitaciones encontrados en cada etapa de la producción.

Además, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de diferentes escenarios y condiciones para anticipar el comportamiento y desempeño del diseño final. Esto ha implicado la realización de pruebas de funcionamiento del simulador con el objetivo principal de evaluar las propiedades y características de los materiales empleados, así como de concienciar a los usuarios sobre la importancia del uso del cinturón de seguridad en todo momento durante la conducción, mediante la simulación de impacto estático y otras situaciones representativas de riesgo.

Es importante mencionar que para esta primera etapa del proyecto del simulador de impacto se tuvo un alcance que consistió en el diseño, cálculo, análisis y fabricación de la máquina, por lo que para futuras etapas del proyecto se proponen las siguientes recomendaciones:

Para la estructura de la base, se recomienda instalar un accionador que permita regresar la jaula a su posición original de manera automática, utilizando algún tipo de motor automatizado. Esto evitará complicaciones al dejar de utilizar el simulador y reducirá los riesgos asociados con la operación manual. Además, se sugiere la instalación de sensores que detecten la fuerza y la velocidad en las partes esenciales de la jaula o la base.

En cuanto a la estructura de la jaula, se recomienda mejorar la seguridad de la parte frontal utilizando un material más resistente. Asimismo, se deben reemplazar los soportes para los rodamientos con materiales más duraderos y robustos que los utilizados anteriormente.

Antes de realizar cualquier modificación física, se aconseja mejorar el diseño según las recomendaciones anteriores y visualizar estos cambios en un software de simulación. Esto permitirá evaluar cómo quedará el diseño final sin complicaciones adicionales, garantizando que las modificaciones sean efectivas y seguras antes de implementarlas físicamente.

## V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen en primera instancia al titular de la subdirección de posgrado e investigación del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo el MDGPT, Jesús Alejandro Valdés Nieblas por su apoyo y gestión de recursos para la realización de esta primera etapa del proyecto. El agradecimiento se extiende a los estudiantes de ingeniería en Sistemas Automotrices que a lo largo de los años han colaborado con su dedicación y esfuerzo en la participación de este tipo de proyectos, fortaleciendo la innovación científica tecnológica que se desarrolla dentro de la institución. Se Agradece también al Tecnológico Nacional de México por el impulso tecnológico a los diferentes campus alrededor del país, en este caso al Tecnológico Nacional de México Campus Lerdo.

- Aceroform. (2023). *¿Qué es el PTR?* <https://www.aceroform.com.mx/blog/ptr/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20ptr%3F,tama%C3%B1o%20ni%20soportar%20gran%20peso>
- Aceroform. (2023). *Laminado | ¿Qué es y cuál es su proceso?* <https://www.aceroform.com.mx/blog/laminado/>
- Aceromafe (2023). *Tratamientos térmicos del acero: tipos y características.* <https://www.aceromafe.com/tratamientos-termicos-del-acero/>
- Alegsa, L. (04 de octubre de 2023). *¿Qué es un simulador de choques por ordenador?* Alegsa: <https://www.alegsa.com.ar/Comentario-ia/8547.php#gsc.tab=0>
- AYJ transmisiones y equipos. (2024). *Maquinado o mecanizado: qué es, cómo funciona y cuáles son sus ventajas* <https://www.ajtransmisiones.com/blog/que-es-maquinado>
- Bonilla, A., & Martínez, L. (2013). *Guía TECNOPYME fase II. Herramientas de Diseño e Ingeniería. CAP. 1.* [Archivo PDF]. [https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca\\_GT\\_capitulo1.pdf](https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GT_capitulo1.pdf)
- Budynas, R., & Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). Mc Graw Hill Interamericana. <https://termoaplicadaunefm.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/disecc3b1o-en-ingenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf>
- Centelsa (2016) *Proceso de Estirado-Trefilado.* <http://centelsa.com/procesos-centelsa-proceso-de-estirado/>
- Condes, N. J. (2005). *Simulación de ensayos de choque en vehículos: validación de un modelo de dummy en 2 dimensiones.* Universidad Carlos III de Madrid: <https://hdl.handle.net/10016/8679>
- Dassault Systèmes. (2022). *Extrusión.* <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/extrusion>
- Dassault Systèmes. (2022) *Fundición.* <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/casting>
- Derichebourg España. (10 de enero de 2020,). *Tipos de acero.* <https://www.derichebourgespana.com/tipos-de-acero/>
- Eraso G. O. (2008). *Procesos de Manufactura.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia. [https://www.academia.edu/45119412/procesos\\_de\\_manufactura\\_en\\_ingenierc3%8da\\_industrial](https://www.academia.edu/45119412/procesos_de_manufactura_en_ingenierc3%8da_industrial)
- Frías, J., & O'Brien, C. (2005). *La administración del diseño y la mercadotecnia, ¿un mismo objetivo?* [Ponencia] MX Design Conference. <https://mxdesign.disenio.iberomx.com/conference/2005/HTMls-PDFs/AdmondelDisenoyMerca.pdf>
- Illescas P. D. (2009). *Simulación de un choque frontal de un vehículo automóvil contra diferentes tipos de barrera.* Universidad Carlos III de Madrid: <https://hdl.handle.net/10016/7532>
- Khan Academy (2017). *¿Qué son los choques elásticos e inelásticos?* <https://es.khanacademy.org/science/physics/linear-momentum/elastic-and-inelastic-collisions/a/what-are-elastic-and-inelastic-collisions>
- Laboratuvar (2017). *Pruebas de resistencia al impacto.* <https://www.eurolab.com.tr/es/sektorel-test-ve-analizler/endustriyel-testler/darbe-dayanim-testleri>
- Posicionando, M. (10 de abril de 2021). *Todo sobre el forjado de metales.* <https://distribuidordealuminio.net/blog/todo-sobre-el-forjado-de-metales/>





- Rapiddirect. (17 de mayo de 2023). *Tabla de resistencia del metal: Qué material tiene la resistencia ideal del metal.* <https://www.rapiddirect.com/es/blog/carta-de-fuerza-del-metal/#:~:text=Como%20suena%20el%20nombre%2C%20la,una%20m%C3%A1quina%20de%20prueba%20universal.>
- RMC. (22 de mayo de 2021). *Gray cast iron Mechanical properties.* <https://es.steel-foundry.com/news/gray-cast-iron-mechanical-properties/>
- Ruiz, A. (2023). *¿Cuántos tipos de diseño existen actualmente?* ESDSIGN. <https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/disenocuantos-tipos-de-disenocuantos-existen-actualmente>
- San Juan, D. (2015). Soldadura: métodos y fundamentos. *Revista Cero Grados.* <https://Ogrados.com/soldadura-metodos-y-fundamentos/>
- SDI (2022). *Procesos de manufactura.* <https://sdindustrial.com.mx/blog/proceso-de-manufactura/#%C2%BFQue-es-un-proceso-de-manufactura>
- Siemens Digital Industries Software. (2024). *Diseño asistido por ordenador (CAD).* <https://www.sw.siemens.com/es-ES/technology/computer-aided-design-cad/>
- Some. (2022). *La embutición profunda de chapa metálica y sus aplicaciones industriales.* <https://www.some.es/es/La-embuticion-profunda-de-chapa-metalica-y-sus-aplicaciones-industriales>
- Torices, A. (4 de diciembre de 2023,). PTR: *¿Qué es? Conoce sus medidas y calibres.* <https://acerostorices.mx/perfiles-comerciales/ptr/#:~:text=Tipos%20de%20PTR,2%20formas%3A%20Cuadrado%20y%20rectangular.>
- ULMA Forged Solutions (1 de septiembre de 2023) *El acero: características, propiedades y usos.* <https://www.ulmaforge.com/noticia/el-acero-caracteristicas-propiedades-y-usos/>
- Universidad Politécnica de Madrid. (2024). *Simulador de impactos.* Hub Digital de innovación: <https://www.upm.es/recursosidi/infraestructura/simulador-de-impactos/>

## VII. AUTORES

---

Efrain Vaquera Gonzalez

 <https://orcid.org/0009-0002-9123-6977>

Arturo Serrano Hernandez

 <https://orcid.org/0009-0001-1302-5747>

Diego Alberto Roman Landeros

 <https://orcid.org/0000-0002-0671-7577>