



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

Instituto Tecnológico de Aguascalientes

Velasco-Ortega, José Guadalupe; Vidal-Flores, Giovanni
Metodología Predictiva para el Análisis de Asiento
Trasero en Pruebas de Anclaje de Cinturón de Seguridad.
Conciencia Tecnológica, núm. 65, 2023, Enero-Junio, pp. 21-32
Instituto Tecnológico de Aguascalientes

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94475786003>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

UNAM redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Metodología Predictiva para el Análisis de Asiento Trasero en Pruebas de Anclaje de Cinturón de Seguridad.

Predictive Methodology for Rear Seat Analysis in Seat Belt Anchorage Testing.

José Guadalupe Velasco-Ortega
POSGRADO CLATEQ A.C., México
jose.guadalupe.velasco.ortega@gmail.com

Recibido: 11 mayo 2023
Aceptado: 28 junio 2023

Giovanni Vidal-Flores
CLATEQ A.C., México
Giovanni.vidal@ciateq.mx

Resumen:

Se presenta una metodología a seguir para el análisis de un asiento trasero durante la prueba de anclaje del cinturón de seguridad, establecida en la norma FMVSS 210 por sus siglas en inglés Federal Motor Vehicle Safety Standards. Es importante destacar que el cinturón de seguridad reduce el riesgo de lesiones, y en caso de colisión, el cinturón ayuda a distribuir la fuerza del impacto en una superficie más grande es decir la estructura metálica del asiento, lo que se busca es minimizar el riesgo de lesiones graves. La metodología propuesta tiene el fin de predecir el desempeño como función del desplazamiento de la estructura metálica mediante el uso del elemento finito (FEM). En esta metodología, se analiza la menor cantidad de elementos que compone la estructura del asiento con el propósito de reducir el tiempo del análisis, considerando solo los elementos y componentes que tienen mayor efecto con el desempeño del cinturón de seguridad, generando el análisis más rápido y eficiente. Al contrastar los resultados obtenidos a través del análisis mediante elemento finito con las pruebas reales se determinó que el método FEM es eficaz para predecir los puntos débiles de la estructura metálica que influyen en el desplazamiento y/o deformación del asiento durante la prueba.

Palabras clave: FVMSS 210, método de elemento finito, asiento trasero, prueba de anclaje, cinturón de seguridad.

Abstract:

A methodology is presented for analysis of a rear seat during the Safety Belt Anchorage test established in FMVSS 210 [1], which stands for Federal Motor Vehicle Safety Standards. It is important to note that the safety belt reduces the risk of injury, and in the event of a collision, the belt helps distribute the force of the impact over a larger surface area, namely the metal structure of the seat. The goal is to minimize the risk of serious injuries.

The goal of proposed methodology is to predict the performance as a function of displacement of the metal structure by using Finite Element Method (FEM). In this methodology, the minimum number of elements that make up the seat structure is analyzed in order to reduce analysis time, considering only the elements that play and have effect on the performance of the safety belt, thus generating a faster and more efficient analysis. By comparing the results obtained through Finite Element Method with the actual test, it was determined that the FEM method is effective in predicting the weak points of the metal structure that influence the displacement and/or deformation of the seat during the test.

Keywords: FVMSS 210, finite element method, rear seat, anchorage test, seat belt.

Introducción

Hoy en día gracias a los medios de comunicación que están evolucionando día con día, es posible comunicarse e interactuar en tiempo real a cualquier parte en el mundo con acceso a internet mediante una video llamada, mensajes de texto, etc. Así como también los medios transporte como los aviones, los trenes, los barcos y los automóviles. Estos últimos contribuyen para que las personas se trasladen de un punto a otro para establecer contacto con otras personas de otras entidades. Ya forman parte de la vida cotidiana de las personas.

Los autos es el medio de transporte más usado en una ciudad. En la actualidad existen diferentes tipos de automóviles clasificados de acuerdo con el tipo de motor o energía, los cuales son, los automóviles de combustión interna los cuales utilizan combustibles fósiles, los automóviles eléctricos que usan la energía

eléctrica acumulada en sus baterías y finalmente se tienen los automóviles híbridos los cuales utilizan tanto combustibles fósiles como energía eléctrica u otras.

Desde hace más de un siglo las empresas automotrices han estado trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías para toda clase de vehículos, impactando en lo estético del vehículo, en el funcionamiento, en la eficiencia del motor, el uso que se da al vehículo, y como punto importante en la seguridad del ocupante.

Así mismo en las últimas décadas un aspecto fundamental a nivel global, el cuidado del medio ambiente, por lo que las empresas automotrices se han enfocado a la reducción de los gases contaminantes originados por la quema del combustible fósil de los motores de combustión. Han desarrollado vehículos de motores pequeños de 4 o 3 cilindros ayudados por un elemento como un turbo compresor, lo que reduce el uso de combustible.

Para lograr utilizar estos tipos de motores pequeños es importante reducir el peso del vehículo sin afectar la seguridad de los ocupantes.

Para compensar las limitaciones que ocasiona el utilizar motores pequeños, las empresas automotrices desarrollan nuevas tecnologías y materiales más ligeros sin afectar las propiedades mecánicas, así como también diseñando una estructura capaz de aguantar impactos con el menor peso.

Por tal motivo esta investigación va dirigida al estudio del diseño de la estructura metálica del asiento trasero mediante la predicción del performance usando una metodología originada de un estudio de elemento finito. Con el propósito de asegurar el performance y calidad del asiento, mejorando la estructura utilizando la menor cantidad de partes. Un análisis del estado del arte mundial demuestra que la mayoría de las investigaciones van enfocadas a la predicción de la estructura metálica.

Estado del Arte

En los últimos años han existido gran cantidad de estudios sobre el uso del FEA/FEM con el objetivo de analizar e identificar fallas de diseño o áreas para de mejora, antes de iniciar la producción de un elemento o una parte de una estructura metálica durante la prueba de anclaje del cinturón de seguridad. Sin embargo, estas investigaciones van enfocadas a los asientos frontales. A continuación, se describen brevemente alguno de estos trabajos que hacen uso de ese análisis.

A M Manea, M D Iozsa, C Stan y A Ionita et al. [2] realizaron una investigación Finite element análisis for testing safety-belt anchorages para asientos frontales, donde a través del análisis del elemento finito modelo estático, se analizó dos tipos de estructuras de asientos, donde utilizando diferentes materiales y espesores, donde aumentan un 29.2% de la masa entre una estructura y otra, con el fin de comparar la afectación de los puntos de anclaje del cinturón manteniendo las mismas características de estos de acuerdo a la regulación. Los resultados obtenidos mostraron que para ambas estructuras los puntos de anclaje soportaron la fuerza de tracción aplicada. A través de esta investigación se puede identificar que este tipo de estudios FEM ayuda a detectar áreas de mejora sobre la estructura sin afectar el desempeño de este.

Peicheng Shi, Zengwei Xu et al [3] describen como con el uso de un análisis FEM se mejoró el diseño del asiento y se aseguró el desempeño de seguridad del asiento en el vehículo antes de correr pruebas reales. Para este análisis se apoyaron del software HyperWorks y configurando la carga y el tiempo de acuerdo con GB 14167-2013 de la República de China, obteniendo el diagrama de tensión-deformación de los asientos de vehículos correspondientes. Proponen un cambio en la estructura basado en los resultados del análisis. Los resultados del análisis cumplen es su totalidad con la norma nacional y los requisitos de resistencia del material, lo cual tiene una importante significaco como guía para reducir los costos de desarrollo, acortar el ciclo de desarrollo y mejorar la tasa de aprobación de las pruebas físicas.

Ankit Jhinkwan1, [4] destaca la relevancia de la simulación en la estructura metálica del asiento del conductor, la cual permite analizar su comportamiento mediante una simulación de elementos finitos basada

en las normas ECE R17, FVMSS 207 y AIS. Los resultados revelaron que la estructura original no cumplía con dichas normas, lo que llevó a la necesidad de incorporar un doble reclinator para asegurar que pudiera soportar la deflexión máxima requerida.

Fundamentos Teóricos

En México durante el 2021 hubo 32,714 accidentes de tránsito terrestre, donde 4401 víctimas donde perdieron la vida en estos accidentes [5]. Por lo que hoy en día es fundamental el uso del cinturón de seguridad en los vehículos con el fin de evitar accidentes fatales. Por esta razón las empresas automotrices trabajan y diseñan sus vehículos para proteger al ocupante durante los accidentes. El cinturón de seguridad tiene un papel muy importante para evitar y minimizar las lesiones de los ocupantes durante un impacto. Para ello existen diversas regulaciones para los Cinturones de Seguridad (Automotive Vehicles Safety Belt Anchorages), entre ellas las siguientes son las más importantes: FMVSS 209, 210 para Estados Unidos, la UN R14 para la Unión Europea y la AIS-015 para la India. En consecuencia, la estructura del asiento de cada vehículo debe de ser sometido a rigurosas validaciones físicas para confirma su rendimiento y cumplir con las regulaciones establecidas por los mercados.

La estructura de los asientos es metálica, conformados por tubos, alambres y placas (Brackets) de aceros. Los cuales son ensamblados mediante soldadura y uniones como tornillos, pernos y remaches.

Para garantizar que la estructura no falle durante las pruebas físicas y se generen pérdidas económicas por herramientas por realizar algún cambio o alguna modificación en la misma estructura, adición de refuerzos como placas o alambre, es necesario realizar pruebas digitales mediante software especializados.

Cada elemento y cada estructura son generados en CAD (Computer Aided Desing), elimina la necesidad de generar prototipos, aumentos en la productividad, más rapidez en el desarrollo de nuevos productos y genera productos más competitivos. Existen dos métodos muy usados: CAE y FEM.

El FEM por sus siglas en inglés *Finite Element Method* (método de elemento finito) es una técnica avanzada de diseño avanzada que ha hecho posible gracias al desarrollo de herramientas sofisticada de modelado de sólidos CAD 3D sofisticadas [6]. Este método divide el dominio de la solución en regiones forma sencillas o elementos [7].

El CAE por sus siglas en inglés *Computer-Aided Engineering* (Ingeniería asistida por computadora) consiste en el uso del software para la simulación de rendimiento de un conjunto de elementos con el objetivo de mejorar los diseños del producto. Se dividen en tres fases principales que son la simulación, validación y optimización.

En resumen, FEM es una técnica específica que se utiliza para analizar y simular el comportamiento de estructuras y sistemas utilizando ecuaciones diferenciales parciales, mientras que CAE es un término más amplio que abarca una variedad de técnicas y herramientas utilizadas en la ingeniería para analizar y simular productos y sistemas. FEM es una de las técnicas utilizadas dentro de la CAE.

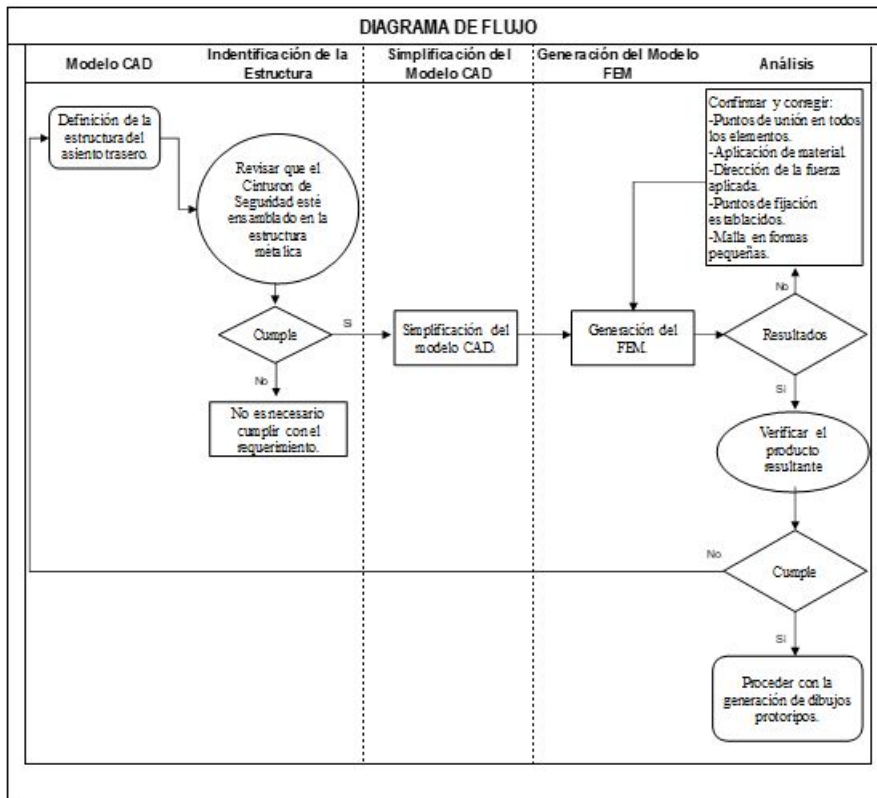
En las últimas décadas, el FEM ha tenido gran difusión, siendo pauta a la creciente cantidad de ingenierías y especialidades en las diversas ramas, que utilizan este método. Empleando paquetes computacionales ("softwares"). En la actualidad la mayoría de las empresas utilizan computadoras cada vez más poderosas con herramientas de gráficas y gran capacidad para realizar cálculos, por lo que ha permitido que existan gran diversidad de paquetes profesionales de método de elemento finito en el mercado como son: la familia de COSMOS (COSMOS/M, Cosmos/DesignSTAR, CosmosWork, CosmosEge), ANSYS, NASTRAN, PASTRAN, ABAQUS, etc., y otros paquetes de CAD que tienen incluidos o a su vez se adhieren módulos express para el método de elemento finito, como son: El Mechanical, Inventor de Autodesk, Pro Ingenier, Catia, NX de Siemens, SolidWorks , entre otros.

El campo de aplicación de esta técnica es muy amplio: como en la industria aeroespacial, en la arquitectura, en la industria automotriz, diseño de equipos, diseño de herramientas, en la biomecánica, entre muchos otros.

Materiales y métodos

A continuación, se presenta la metodología empleada para determinar los pasos y confirmaciones a seguir para realizar el análisis FEM utilizando el software NX de Siemens, esto para confirmar los puntos débiles de la estructura Tabla 1.

TABLA 1.
El diagrama de flujo describe el proceso de la generación del análisis del FEM



1. Modelado CAD de la estructura del asiento.

Se genera un modelo 3D con todos los elementos que conforman la estructura metálica del asiento trasero, ver Figura 1. Para el caso de NX Siemens se genera un archivo model con bodys por cada componente del ensamble para facilitar el análisis FEM.

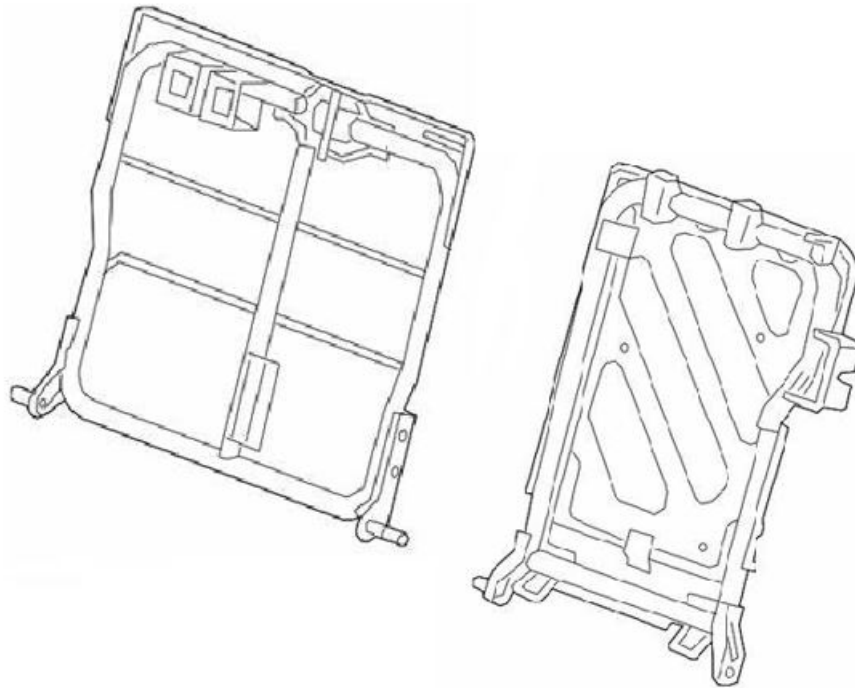


FIGURA 1.
Muestra los tipos de estructura de los respaldos de asiento trasero,
tipo alambre del lado izquierdo y tipo panel del lado derecho.

2. Identificación y selección de la estructura.

Se identifican todos los elementos que tienen contacto con los puntos de fijación del asiento a la estructura del vehículo. Ya que son los aquellos elementos que van a interactuar y ayudar con el desempeño del cinturón de seguridad absorbiendo las fuerzas generadas, ver Figura 2.

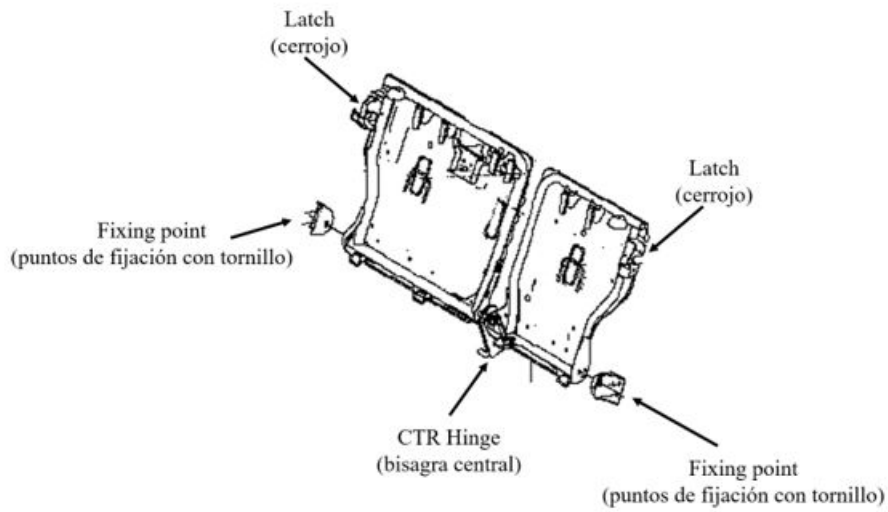


FIGURA 2.

Estos puntos son diferentes para cada uno de los vehículos, por lo que es necesario consultar las especificaciones para poder determinarlos.

3. Simplificación del modelado CAD.

En este punto se eliminan aquellos elementos que no tienen efecto o contacto con los puntos de fijación en la estructura del vehículo, ver Figura 3.

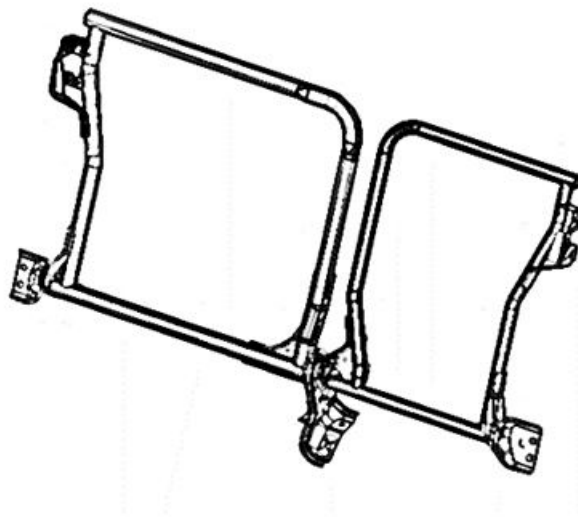


FIGURA 3.

Simplificación de la estructura.

4. Generación del modelo FEM.

Este proceso se realiza con el paquete Nastran, el cual está incluido dentro de los módulos del NS Siemens, con el que ayuda al análisis estático de una estructura.

Los espesores de cada uno de los elementos deberán de estar de acuerdo con el modelo 3D generado como se observa en la Figura 4 y Figura 5. El material que se elige de la base de datos que tiene el sistema para poder hacer el cálculo es un acero estructural:

- Densidad: $\rho = 7.872 \times 10^{-6} \frac{kg}{mm^3}$
- Módulo de Young: $E = 200 \times 10^6 KPa$
- Relación de Poisson: $\mu = 0.25$

Las condiciones asignadas al modelo FEM son:

- a) Los puntos de fijación (suelo del vehículo) se considera como soporte fijo, con un total de 6 grados de libertad.
- b) El *latch* se considera como soporte fijo, al igual que los puntos de fijación del suelo del vehículo.
- c) Las propiedades mecánicas del acero son a 20°C, configuración de origen.
- d) La fuerza que se le aplica es en dirección -X con respecto al origen de vehículo, con un ángulo de 5°, y con una altura en Z correspondiente al centro de gravedad del asiento trasero, esto con base al requerimiento del FMVSS.
- e) La fuerza aplicada al modelo FEM es de $22700 \frac{kgf}{s}$.
- f) Las uniones de los elementos se realizan mediante cordones de soldadura, según se indica en el dibujo correspondiente.

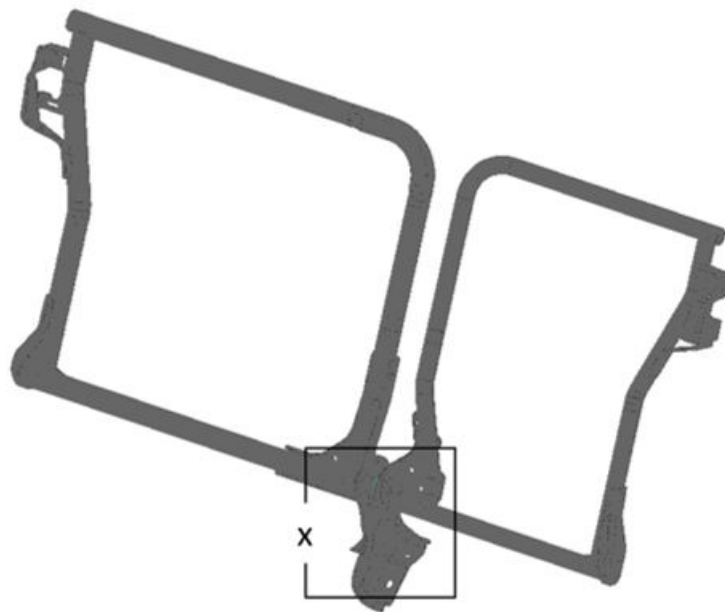


FIGURA 4.

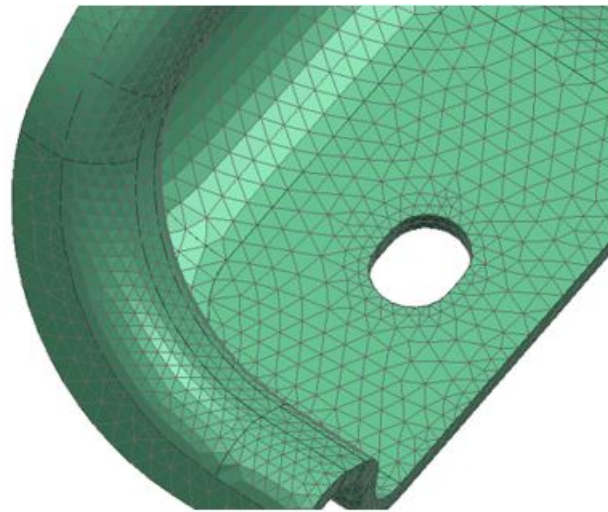


FIGURA 5

Detalle x donde se muestra de la malla generada en cada elemento.

Se genero la malla con un modelo con la especificación CTETRA (10), es decir, un elemento de tipo tetraedro con 10 nodos en la malla. Un tetraedro es un elemento finito tridimensional con forma de pirámide compuesta por cuatro caras triangulares teniendo 10 nodos para definir este tetraedro, como se muestra en la Figura 6.

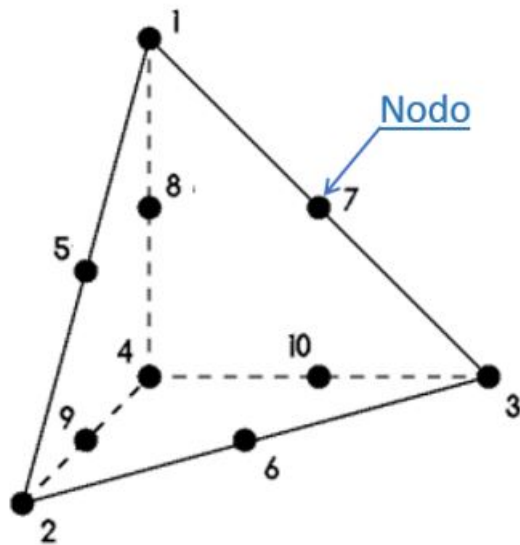


FIGURA 6.

Esquema de la malla tridimensional utilizada.

Resultados y discusión

Resultados

En la Figura 7, se presentan los desplazamientos máximos correspondientes a la aplicación de la fuerza horizontal de acuerdo con el requerimiento del FVMSS. En ella se puede observar que el desplazamiento está dentro de la especificación con un margen del 33.3% de lo requerido por la empresa automotriz.

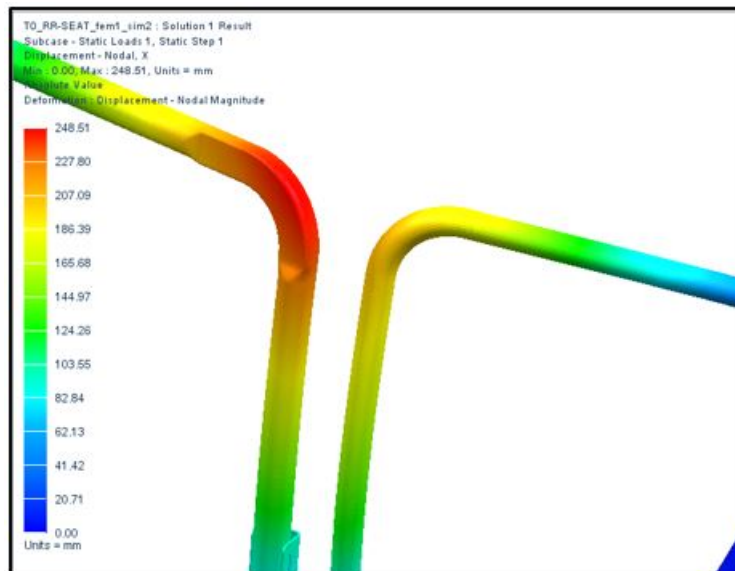


FIGURA 7.
Distribución de desplazamiento.

En la Figura 8, se muestra la prueba física aplicada al asiento trasero con base al FMVSS y a los márgenes requeridos por la empresa automotriz. El resultado fue obtenido fue $x: 265.51mm$ con un resultado satisfactorio.



FIGURA 8.
Prueba real.

Esta prueba se realizó en un Laboratorio certificado.

La prueba se llevó a cabo sobre un equipo especial capaz de aplicar cargas mediante pistones hidráulicos sobre el asiento, ya sea frontal o para asientos trasero, como se muestra en la Figura 9. La forma de fijar las alturas y los puntos de fijación varía según las especificaciones requeridas.

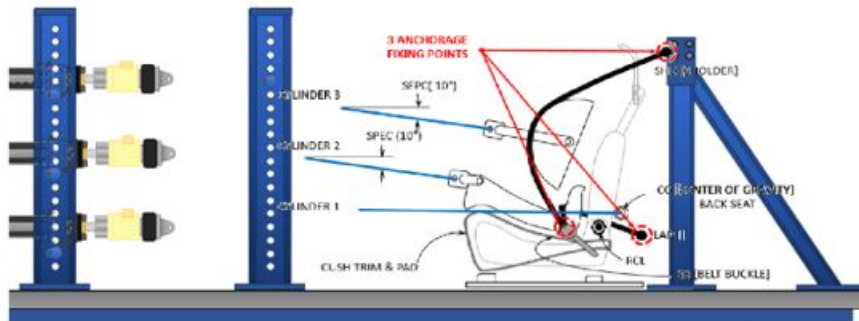


FIGURA 9.
Esquema de equipo.

La carga que se aplica es de acuerdo a la regulación FMVSS 210, que especifica que debe ser una carga compuesta por la carga de cinturón en cintura: 3000 lb (1362kgf) + 24 veces su peso del asiento cual es aplicada en base al centro de gravedad considerando el reposacabezas en la posición más alta de acuerdo la característica de este. Esta carga debe de mantenerse por lo menos 10 segundos, ya que se trata un cinturón de 3 puntos de fijación, como utilizados en este estudio de asientos traseros que incluyen el Belt Retractor del cinturón de seguridad dentro de la misma estructura.

Como desarrollo del producto, para garantizar el desempeño de la estructura y poder cumplir con la regulación, se le aplica 150% de la carga solicitada manteniéndola 10 segundos la carga. Una vez pasando este tiempo incrementa a 170% manteniendo 10 segundos, como se puede observar en la Figura 10.

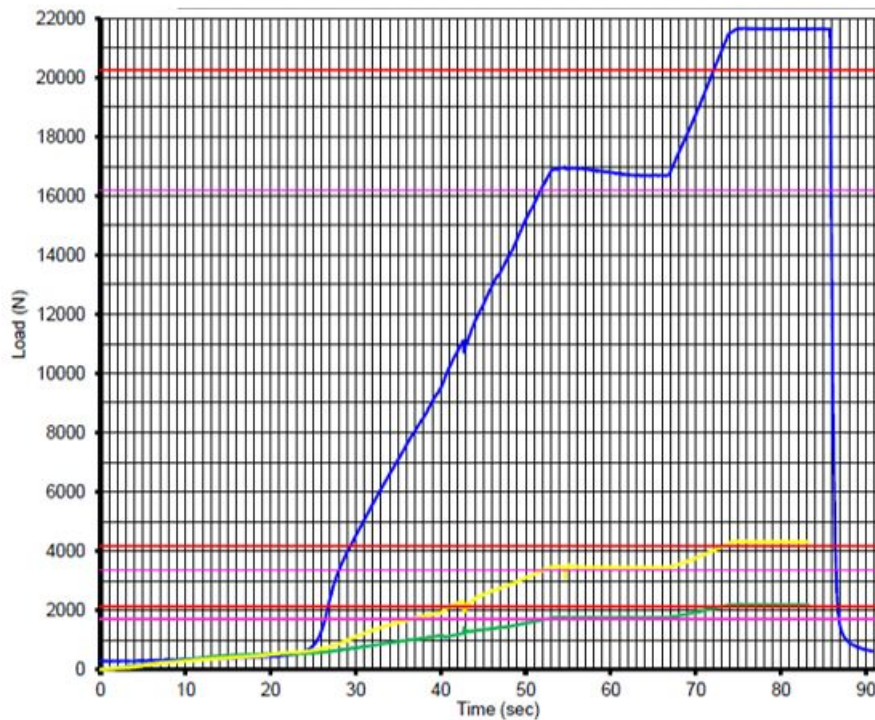


FIGURA 10.

Diagrama Carga-Tiempo, donde en la línea azul es la carga aplicada.

Discusión

En la Tabla 1, se muestra la correlación del análisis FEM contra el resultado real de la prueba en el asiento. Este análisis se hace con los dos proyectos que cuentan con el Belt Restractor ensamblado al asiento.

TABLA 2.
Diferencias entre FEM y Prueba Física.

Proyecto	Resultado de Desplazamiento (mm)		Diferencia (mm)	Porcentaje (%)
	FEM	Prueba Real		
A	248.51	265.51	17	6.40
B	268.57	287	18.43	6.42

Conclusiones

1. La metodología propuesta del análisis FEM para la prueba del Rear Seat Belt Anchorage utilizando el paquete de Nastran del software NX Siemens permite predecir el desplazamiento con un margen de error de 6.4%.

2. Los resultados obtenidos mediante el análisis FEM permiten comprender el comportamiento de la estructura y evaluar la necesidad de reforzarla para garantizar su robustez de ser necesaria.

3. Si bien la selección de los elementos esenciales ha agilizado el análisis FEM, es importante validar que dichos elementos sean los más adecuados. Además, es fundamental fortalecer el conocimiento para determinar correctamente los elementos esenciales en colaboración con el área de pruebas.

Referencias

- [1] Federal Motor Vehicle Safety Standard FMVSS 209/210.
- [2] Finite element analysis for testing safety-belt anchorage. A M Menea, M D Iozsa, C Stan and A Ionita. Bucuresti, Rumania: s.n., 2021.
- [3] Analysis of Seat Belt Anchorage Strength for Vechicles. Peicheng Shi, Zengewei Xu. China: s.n., 2018.
- [4] Simulation of Moment Deflection Test on Driver Seat of Car Using Finite Element Analysis. Ankit Jhinkwan, India: s.n., 2014.
- [5] INEGI, (2021). Accidentes de tránsito terrestre, Estados Unidos Mexicanos.
- [6] Sheyl Sorby Dennis K. Lieu, (2010), Dibujo para diseño de ingeniería. México: Gengage Learning.
- [7] Steven C. Chapra, y Raymond P. Canale, (2007), Métodos numéricos para ingenieros, Quinta edición, p. 905-910.