

ANÁLISIS MEDIANTE MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE UN ASIENTO DE TRANSPORTE URBANO SEGÚN NORMA INEN 2205

Jairo Edison Guasumba Maila

jguasumba@istte.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Diego Andrés Calero Torres

acalero@istte.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4754-4251>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Carmita Alexandra Oñate Haro

conate@istte.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5446-3500>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Richard Andrés Cabrera Armijos

acabrera@istte.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9480-885X>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Recibido: 01/05/23

Aceptado: 05/06/23

Publicado: 01/07/23

RESUMEN

El estudio propone analizar la literatura existente y utilizar el Método de Elementos Finitos (MEF) para evaluar un asiento de transporte urbano conforme a la norma NTE INEN 2205:2010. Se consideran dimensiones mínimas, espacios y alturas específicas, así como la referencia de producción en masa generada por 287 industrias automotrices que priorizan la seguridad y comodidad de los asientos. Se abordan elementos como cojines, respaldos y apoyabrazos. El estudio también incluye áreas de investigación como antropometría, factores ergonómicos, experiencia del usuario, incluyendo aspectos anatómicos, fisiológicos, psicológicos y ambientales. Se resalta la importancia de diseñar asientos que satisfagan las necesidades de los usuarios. En este caso se emplea además el Software 2018 para simular el diseño del asiento considerando el peso corporal de una persona promedio de 100kg, de lo cual se obtiene un Factor de Seguridad de 15 que confirma su capacidad de carga. Este factor de seguridad resultante está en conformidad con la teoría de *Mott*, misma que refiere en diseño mecánico como factores recomendables estáticos al menos 4 y, para cargas dinámicas mayores que 4, dependiendo de la naturaleza y magnitud de las cargas dinámicas involucradas.

PALABRAS CLAVE: anatómicos, antropométricos, estático, NTE-INEN 2205, ergonómico.

ANALYSIS BY FINITE ELEMENT METHOD OF AN URBAN TRANSPORT SEAT ACCORDING TO INEN 2205 STANDARD

ABSTRACT

The study proposes to analyze the existing literature and use the Finite Element Method (FEM) to evaluate an urban transport seat according to NTE INEN 2205:2010. Minimum dimensions, spaces and specific heights are considered, as well as the reference of mass production generated by 287 automotive industries that prioritize the safety and comfort of the seats. Elements such as cushions, backrests and armrests are addressed. The study also includes research areas such as anthropometry, ergonomic factors, user experience, including anatomical, physiological, psychological and environmental aspects. The importance of designing seating that meets the needs of the users is highlighted. In this case, the 2018 Software is also used to simulate the seat design considering the body weight of an average person of 100kg, from which a Safety Factor of 15 is obtained, confirming its load capacity. This resulting safety factor is in accordance with Mott's theory, which refers in mechanical design as recommended static factors at least 4 and, for dynamic loads greater than 4, depending on the nature and magnitude of the dynamic loads involved.

KEY WORDS: anatomical, anthropometric, static, NTE-INEN 2205, ergonomic.

1. INTRODUCCIÓN

El campo del medio ambiente y salud, o salud ambiental, constituye una de las áreas clave que, junto con el fomento de estilos de vida saludables y prácticas de cuidado adecuadas, abordan factores determinantes de la salud.

Una de las necesidades del ser humano es el desplazamiento geográfico, mismo que puede generarse a través del uso de diferentes medios y modos de transportación como aéreo, marítimo, fluvial, terrestre y ferroviario. Para cada modo de transportación están tipos de servicio como urbano, interurbano, interregional e internacional que atienden a demanda tanto en carga como pasajeros. Desde que apareció en la Tierra, el ser humano ha dirigido sus esfuerzos hacia la adaptación del diseño de los objetos con el objetivo de mejorar sus condiciones de uso y preservar la calidad del medio ambiente (Tomassiello, 2021).

Siguiendo en la línea de esta necesidad humana, se conoce que debe atenderse a criterios de confort, seguridad, comodidad, entre otros, como relevante caracterización de un servicio de calidad, en la estructura de materiales constitutivos de los asientos, tanto del usuario como del conductor. Esto, debido a al nivel de exposición de riesgos ergonómicos que cada vez es más evidente. Para conductores son jornadas demasiado extensas y de mucha responsabilidad en sus hombros; esto desemboca en problemas de fatiga psicofísica. De igual manera, para el usuario que se mantiene sentado sobre un asiento poco amigable y saludable, lo que ocasiona malestar, estrés, dolor muscular, incomodidad que evidencia una problemática social.

A pesar que el sector del transporte es fundamental para la economía nacional, reconocido como el motor que impulsa el crecimiento económico en Ecuador, la contribución del sector del transporte y almacenamiento al Producto Interno Bruto (PIB) ha mantenido una participación constante en términos relativos durante el período 2016 al 2021. Esta participación promedio se sitúa en el 7,17%, alcanzando su punto más alto en 2021 con un 7,35%, mientras que su nivel más bajo se registró en 2020 (Superintendencia de Bancos, 2022). Muy poca atención se ha brindado en cómo mejorar el servicio desde una perspectiva de tecnificación, bajo cumplimiento de normas de estandarización que garanticen los mencionados criterios de calidad de manera más humana.

Según la Norma NTE 2 205:2010, un bus de tipo urbano, es un vehículo automotor, con una capacidad igual o superior a 60 pasajeros. Los asientos útiles para usuarios van anclados a la carrocería y están ergonómicamente diseñados para brindar comodidad al usuario. Estos son utilizados para el alojamiento de dos pasajeros, fijados de tal forma que proporcionen seguridad y confort. Los asientos son fabricados con base en un material duro, lavable y antideslizante en las zonas de contacto, con dimensiones específicas que se detallan a continuación:

- Ancho mínimo: 400 mm.
- Espacio mínimo de instalación para un asiento de tipo individual: 400 mm.
- Espacio mínimo de instalación para un asiento de tipo doble: 450 mm.

- Profundidad mínima del asiento: 400 mm.
- Distancia medida desde el suelo hasta la base del asiento es de 400 mm.
- Separación entre el respaldo y el asa de agarre es de 100 mm.
- La medida total de altura del asiento es de 900 mm.
- El ángulo entre el respaldo y la base del asiento oscila entre 100° y 105°.
- El grado de inclinación de la base del asiento varía entre 2° y 6°.

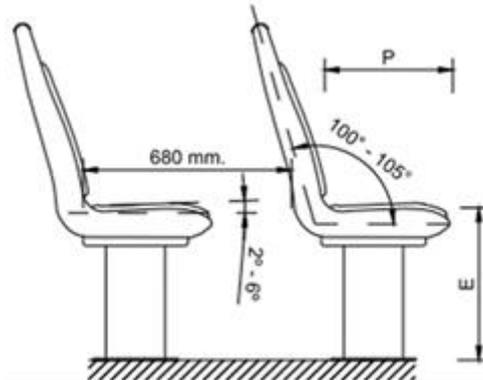
Asiento

Según la Norma NTE 2 205:2010, se define al asiento como “estructura que se puede fijar a la carrocería, donde se incluye tapicería, usados en un vehículo, diseñado, modelado y analizado ergonómicamente para la comodidad, confort y seguridad del pasajero”.

Los asientos pueden tener diversas formas y tamaños, así como diferentes materiales de fabricación, como madera, metal, plástico o acolchado. También pueden estar diseñados con fines específicos, como proporcionar comodidad, soporte ergonómico, seguridad o adaptarse a un entorno o actividad en particular. En resumen, un asiento es una estructura diseñada para proporcionar comodidad y soporte al permitir que una persona se siente o se reclina en una posición adecuada para una actividad específica.

Figura 1

Dimensiones de asiento.



Fuente: (INEC, 2010).

A continuación, se presentan ejemplos de los distintos tipos de asientos disponibles en el transporte público dentro del Distrito Metropolitano de Quito. La disposición y el diseño de estos asientos pueden diferir dependiendo del tipo de vehículo y del sistema de transporte empleado. Los tipos de asiento son:

- Asientos de pasajeros para transporte urbano, manufacturados en plástico con asidero superior, útil para recorridos cortos, donde factores delimitados como la ergonomía y el confort no son prioridades (Alcoser & Morales, 2017).
- Asientos de pasajeros para transporte intra - interprovincial, fabricados con esponja de poliuretano, útil para recorridos largos, confortables, seguros y ergonómicos, para recorridos largos (Alcoser & Morales, 2017).

Industria carrocera ecuatoriana

Según la página Buen Viaje (2012):

La industria carrocera ha crecido y mejorado de manera técnica y tecnológica, con 287 industrias de este estilo a diferentes tamaños y capacidades de producción, creando unidades más seguras, confortables y seguras, a un precio cómodo; con calidad de exportación, fortaleciendo las actividades productivas, estimulando desde los Ministerios, políticas que incluyan:

1. Preferencias arancelarias.
2. Asistencia técnica que permita la mejora de la gestión de calidad.
3. Accesibilidad a créditos con intereses bajos.
4. Innovación y mejoramiento de maquinarias y equipos.
5. Profesionalización.

La industria de carrocerías en Ecuador también contribuye a la economía local, generando empleo y fomentando la inversión en el sector automotriz. Además, se han desarrollado empresas especializadas en la fabricación de partes y accesorios para carrocerías, lo que ha impulsado aún más el crecimiento de esta industria.

Posturas al sentarse

Las posturas al sentarse son importantes para mantener una buena salud postural y prevenir problemas relacionados con la columna vertebral, los músculos y las articulaciones. Es importante tomar descansos regulares si se pasa mucho tiempo sentado. Levantarse, estirarse y caminar un poco cada cierto tiempo puede ayudar a aliviar la tensión muscular y mejorar la circulación. Además, es recomendable ajustar la altura y la posición de la silla y del escritorio para adaptarlos a tu cuerpo y evitar posturas incómodas o forzadas.

Antropometría del asiento

Es el examen y evaluación de las medidas y rasgos físicos del cuerpo humano en relación con la configuración y adaptación de los asientos de los vehículos. El propósito fundamental de la antropometría del asiento es desarrollar asientos que se adapten ergonómicamente a una variedad amplia de tamaños y formas corporales, proporcionando confort y respaldo adecuados a los pasajeros del vehículo.

De acuerdo con Llana (2009), la antropometría se encarga de examinar la ergonomía a través de mediciones, dimensiones, formas, fuerza y capacidad de rendimiento, cuyos datos se emplean para desarrollar espacios de trabajo, herramientas, dispositivos de seguridad y equipos de protección personal. Esta disciplina sigue una guía natural y puede dividirse en aspectos estáticos y dinámicos.

Antropometría dinámica

Conocida como funcional, encargada de establecer la amplitud de los movimientos en un espacio establecido de trabajo (Torres, 2015).

Antropometría estática

Conocida por las posiciones estáticas que tiene una persona, en posturas conocidas como son de pie y sentado (Torres, 2015).

Llaneza (2009) especifica que los principales parámetros antropométricos estáticos, según lo definido por la norma UNE-EN-ISO-7250, incluyen: estatura, altura de los ojos, altura de los hombros, altura del codo, altura del puño, altura sentada, altura de los ojos en posición sentada, altura de los hombros en posición sentada, altura de los codos en posición sentada, grosor del muslo, grosor del abdomen, altura poplítea, longitud de la pierna, longitud poplíteo-trocánter, profundidad del asiento, longitud trocánter-isquion, alcance máximo, alcance del puño, longitud codo-puño, anchura entre hombros, anchura entre codos y anchura de caderas.

Factores ergonómicos actuantes en el asiento

En el contexto automotriz, los factores ergonómicos actuantes en el asiento se refieren a los elementos y consideraciones relacionados con la comodidad, seguridad y eficiencia del ocupante mientras está sentado en el vehículo. Estos factores se tienen en cuenta para diseñar y fabricar asientos que se adapten ergonómicamente a las necesidades y características del usuario. A continuación, se mencionan algunos de los factores ergonómicos clave que influyen en el diseño del asiento automotriz:

Según Llaneza (2009), los factores humanos son:

- Anatómicos, por tomarse en cuenta la estructura y funcionamiento del cuerpo humano.
- Antropométricos, por tomarse en cuenta las características físicas del humano.
- Psicológicos, analiza las capacidades, limitaciones, reacciones psíquicas y mentales que tiene el ser humano.
- Sociocultural, analiza al hombre como un ser social, con características culturales, económicas e ideológicas.

Los factores ambientales analizan las características de un espacio definido, como: temperatura, humedad, ventilación, iluminación, vibración y contaminación. Los factores objetuales son: forma, volumen, peso, dimensiones, color, textura tecnológica, controles, indicadores, símbolos y señales. Los factores químicos son: humo, vapor, gas, partículas sólidas y rocío (Llaneza, 2009).

Finalmente, los factores biológicos, según Torres (2015), son: virus, bacterias y hongos.

Diseño

El diseño de la apariencia de los autobuses abarca la planificación y la estética utilizada en su desarrollo, con el fin de establecer una identidad visual atractiva y coherente. Este diseño no solo se concentra en el aspecto exterior del vehículo, sino también en su interior. Su objetivo principal es mejorar la imagen de la compañía de transporte, asegurar la comodidad de los pasajeros y proporcionar una experiencia placentera durante el trayecto. Este es parte integral en la producción de componentes, definiéndose como la formulación de un programa que permita resolver ciertos problemas, donde las herramientas de ingeniería se conjugan de manera funcional, segura y confiable.

Los factores de diseño más relevantes que se deben tener en cuenta incluyen: funcionalidad, resistencia, carga, deformación, flexión, rigidez, durabilidad, corrosión, seguridad, fiabilidad, facilidad de fabricación, utilidad y costos. En resumen, el diseño de la línea de autobuses busca integrar aspectos estéticos, funcionales y prácticos para establecer una identidad distintiva y agradable, tanto en el exterior como en el interior de los vehículos. Se prioriza proporcionar una experiencia confortable y segura a los pasajeros, al mismo tiempo que se consideran aspectos relacionados con la identidad de la marca, la accesibilidad, la seguridad y la sostenibilidad.

Método de Elementos Finitos (MEF)

Se trata de una técnica numérica utilizada para resolver ecuaciones diferenciales complicadas, que surgen en diversos campos de la ingeniería y la física. Este método facilita la selección de materiales y formas apropiadas según parámetros predefinidos y puede ser aplicado en una variedad de contextos (Ruiz, 2018).

El MEF es una técnica numérica ampliamente utilizada en el campo de la ingeniería automotriz, para analizar y simular el comportamiento de componentes y estructuras de vehículos. Este permite obtener soluciones aproximadas a problemas complejos, mediante la discretización del dominio en elementos más pequeños o finitos.

Según Ruiz (2018), los factores que deben considerarse en un análisis mediante el Método de Elementos Finitos son:

Discretización. Se refiere a la división de un cuerpo en partes más pequeñas, lo que permite obtener una solución para un sistema en general. Para este proceso se debe tener en cuenta:

- Tipo de elemento que será utilizado según el problema físico a ejecutar.
- Tamaño del elemento que afecta directamente en el resultado de la solución.
- La posición de los nodos se determina en función de las cargas, temperaturas y otros factores.
- Número de elementos que son seleccionados para la modelación con base en el número de grados de libertad involucrados.

Guasumba Maila, J., Calero Torres, D., Oñate Haro C. y Cabrera Armijos R. (2023). Análisis mediante Método de Elementos Finitos de un asiento de transporte urbano según norma INEN 2205. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(2), 54-69. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/118>
julio - diciembre (2023) ISSN 2806-5573

El tamaño de los elementos. Se refiere a las dimensiones de los componentes que posibilitan la obtención de resultados significativos en un análisis computacional, con resultados consistentes y confiables.

La tipología. Es el campo de estudio que se encarga de examinar los tipos o modelos de elementos que se utilizan o se consideran en un análisis. Estos pueden incluir elementos simples, bidimensionales, tridimensionales y axisimétricos, los que se representan comúnmente como elementos triangulares o cuadriláteros apropiados.

Las herramientas empleadas en el método de elementos finitos, de acuerdo con Ruiz (2018), son estructurales como: análisis de esfuerzos, análisis de pórticos, análisis de armaduras, pandeo, análisis vibratorio; no estructurales como: transferencia de calor, flujo de líquido distribución eléctrica.

Partes que conforman un sistema

Según Alcoser & Morales (2017), las partes que conforman un sistema a analizar son el dominio, que se refiere al entorno geométrico donde se lleva a cabo el análisis del sistema, las condiciones de contorno, que son parámetros preestablecidos que afectan la evolución del sistema y las incógnitas, que son elementos del sistema que determinan las variables involucradas en su funcionamiento. Los análisis examinados revelan la notable existencia de un problema evidente para los conductores, pero no se puede excluir al pasajero de esta problemática. Aunque se han registrado algunos progresos en la búsqueda de mejorar el servicio de transporte, estos avances son bastante superficiales y se centran en aspectos económicos. Por ejemplo, el "Plan de Reestructuración de Rutas de Transporte Público del Distrito Metropolitano de Quito" tiene como objetivos mejorar la accesibilidad y la integración territorial, reducir los tiempos de viaje, mejorar la calidad del servicio de transporte público, optimizar el uso de recursos, descongestionar las áreas centrales de la ciudad, mejorar el medio ambiente y generar oportunidades urbanas en términos de calidad de vida, desarrollo socioeconómico y bienestar. Sin embargo, se observa que este plan no considera la ergonomía de los habitáculos, como los asientos, como un criterio específico para mejorar el servicio.

Considerando el problema mencionado anteriormente, este proyecto se llevó a cabo con el propósito de realizar un análisis utilizando el Método de Elementos Finitos (MEF) de un asiento de transporte urbano, con el fin de verificar su conformidad con la Norma INEN NTE 2205:2010. La mecánica computacional aplicada en este estudio se utiliza para generar mejoras experimentales mediante el uso de herramientas numéricas, ofreciendo resultados confiables. Dado que las simulaciones no tienen una formulación matemática resoluble y representan un sistema de estilo irreal, sujeta a limitaciones económicas para la experimentación, se utilizan nuevas tecnologías para mejorar los algoritmos. Además, desde la perspectiva del transporte, se lleva a cabo un análisis centrado en la ergonomía y la calidad del servicio de transporte público urbano.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

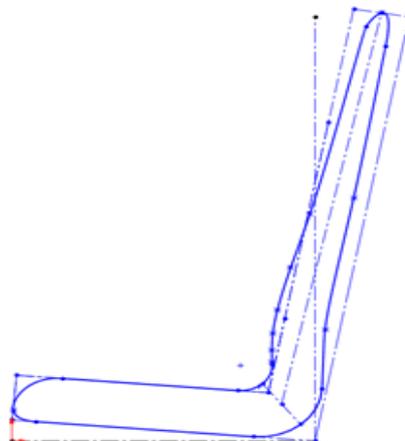
En primer lugar, se llevó a cabo una investigación bibliográfica de las normativas relevantes en este ámbito, con el objetivo de analizar los requisitos establecidos en la regulación para los asientos de transporte público, incluyendo dimensiones, componentes del asiento, ajustes y ubicación dentro del espacio asignado a bordo de los vehículos de transporte. Para continuar con la investigación experimental, se empleó un software de diseño asistido por computadora (CAD) y de ingeniería asistida por computadora (CAE), ampliamente utilizado en la industria para el diseño de productos, incluidos componentes y ensamblajes en el sector automotriz. Este software permite a ingenieros y diseñadores crear modelos digitales detallados y precisos, que luego pueden ser utilizados para llevar a cabo simulaciones y generar documentación técnica. Esto contribuye significativamente a mejorar un objetivo en relación con su entorno.

En esta investigación, se emplea el Método de los Elementos Finitos (MEF), una técnica numérica destinada a abordar problemas de análisis estructural de alta complejidad. Esta metodología se fundamenta en la idea de dividir un dominio continuo en una malla discreta compuesta por elementos más pequeños. Este enfoque posibilita una representación aproximada del comportamiento del sistema bajo estudio. De acuerdo con Alcoser & Morales (2017), las diversas fases requeridas por un sistema físico mediante la aplicación del Método de Elementos Finitos, son:

1. Preproceso, es la parte donde se prepara el problema.
2. Proceso, se refiere a la fase del programa donde se produce una resolución al problema planteado.
3. Postproceso, es la sección de la herramienta que facilita la visualización gráfica y la evaluación de los resultados obtenidos.

Figura 2

Bosquejo 2D de asiento para viajeros de transporte público.



Fuente: autoría propia.

El siguiente paso es modelar el asiento con ayuda del comando extruir saliente base de la siguiente manera:

Guasumba Maila, J., Calero Torres, D., Oñate Haro C. y Cabrera Armijos R. (2023). Análisis mediante Método de Elementos Finitos de un asiento de transporte urbano según norma INEN 2205. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(2), 54-69. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/118>
julio - diciembre (2023) ISSN 2806-5573

Figura 3

Extracción del asiento.



Fuente: autoría propia.

Figura 4

Modelado general del asiento.



Fuente: autoría propia.

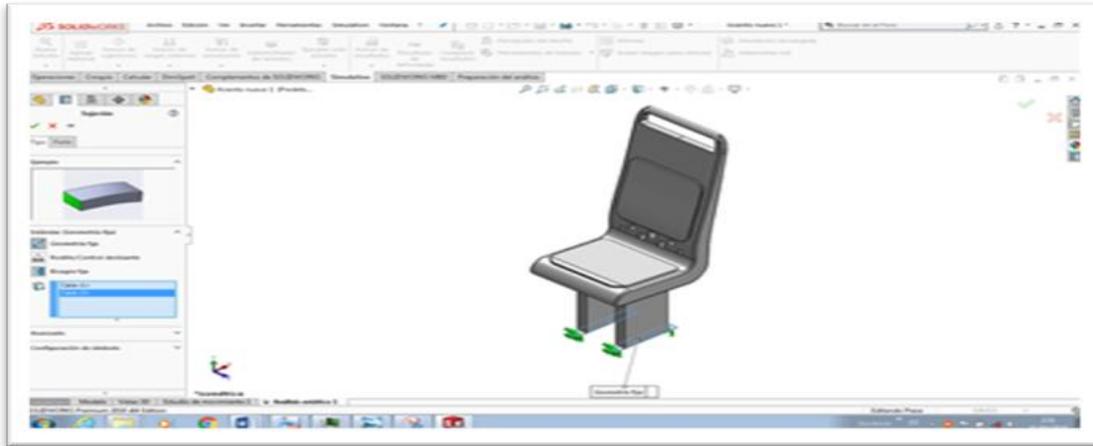
Finalmente, el último paso es seleccionar el material, en este caso, el Polipropileno (PP). Según Flores (2001), el peso que va a soportar el asiento de una persona de peso promedio es de 100 Kg. Además, se especifica que el espaldar del asiento va a soportar la carga originada por la cabeza (7.30 Kg), tronco (50.70 Kg), ambos brazos (8.40 Kg), ambas manos (1.40 Kg). De este modo, el respaldo soportaría una carga de 67.80 Kg, mientras que el asiento soportaría 100. Kg.

Una vez que se han establecido los pesos, el procedimiento de análisis se lleva a cabo de la siguiente manera: primero, se activa el complemento conocido como *SolidWorks Simulation*; luego, se abre la pestaña denominada Nuevo Estudio y se elige el tipo de simulación a realizar, que en este caso es la simulación general. Después de seleccionar la simulación general, se elige el análisis estático. Después de activar la pantalla de Análisis Estático, se eligen los datos necesarios para llevar

a cabo el análisis. Este procedimiento comienza con la identificación de las ubicaciones de las sujeciones, tal como están aseguradas en la realidad.

Figura 5

Sujeciones en diseño de asiento.

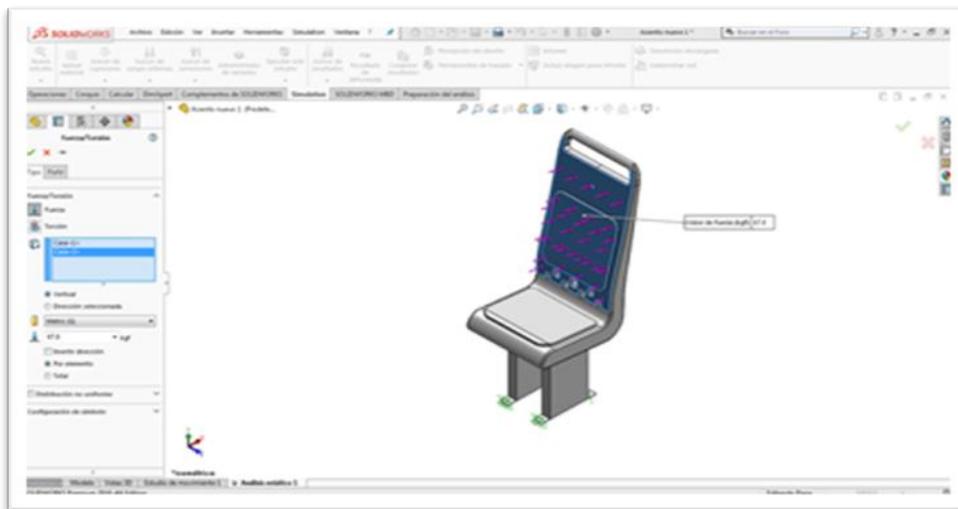


Fuente: autoría propia.

Se prosigue con la disposición de las cargas mencionadas anteriormente, siendo 67.80 Kg en el respaldo.

Figura 6

Cargas en espalda.

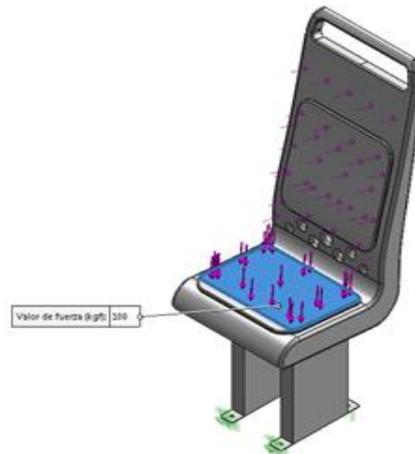


Fuente: autoría propia.

En el asiento las cargas son de 100 Kg. originadas de la siguiente manera:

Figura 7

Cargas en el asiento.

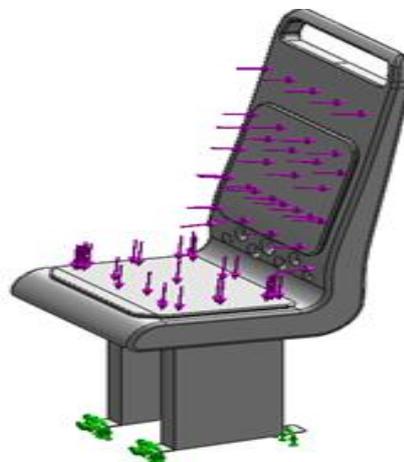


Fuente: autoría propia.

El siguiente paso es realizar el mallado, bajo parámetros como: malla basada en curvatura de combinado, tamaño máximo del elemento: 18 mm; tamaño mínimo del elemento: 3.6 mm; número de elementos mínimos: 8; cociente de crecimiento del tamaño del elemento: 1.6.

Figura 8

Análisis de mallado en base y espalda.

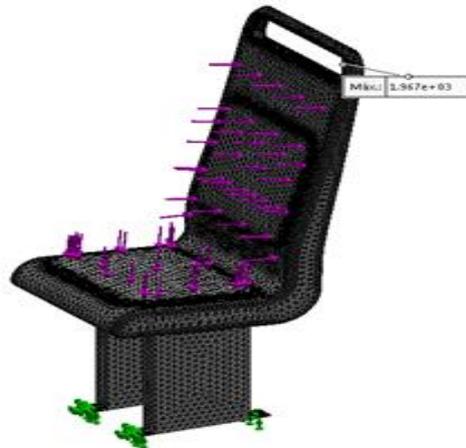


Fuente: autoría propia.

Por lo tanto, se procede a la generación de una malla para el elemento de la siguiente manera:

Figura 9

Mallado en diseño completo.

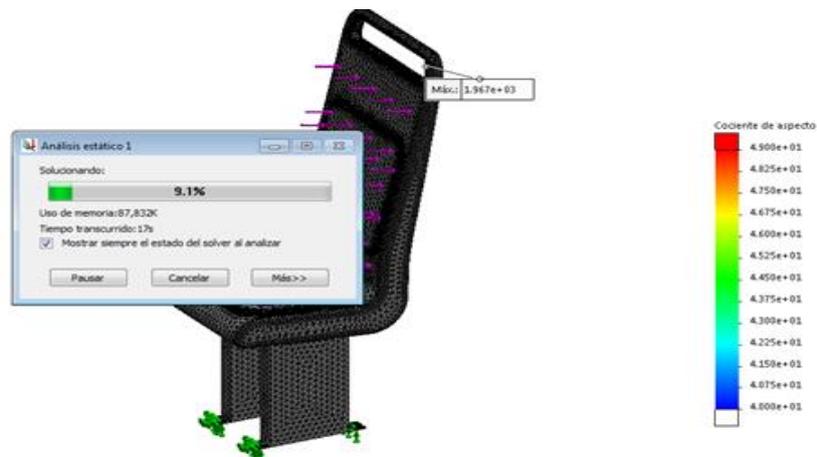


Fuente: autoría propia.

Finalmente, se ejecuta el análisis:

Figura 10

Ejecución en proceso.



Fuente: autoría propia.

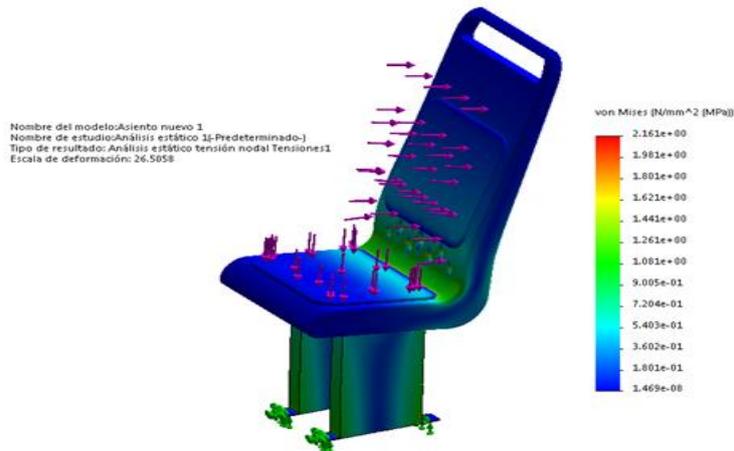
3. RESULTADOS

Según la evaluación realizada, se determinó que las tensiones corporales generadas por el peso estándar de una persona, en el diseño del asiento construido son las siguientes:

De acuerdo con la escala de Von Mises, las tensiones generadas se encuentran en el rango que va desde celeste hasta verde, y presentan un valor promedio de 1.081 MPa.

Figura 11

Análisis de tensiones.

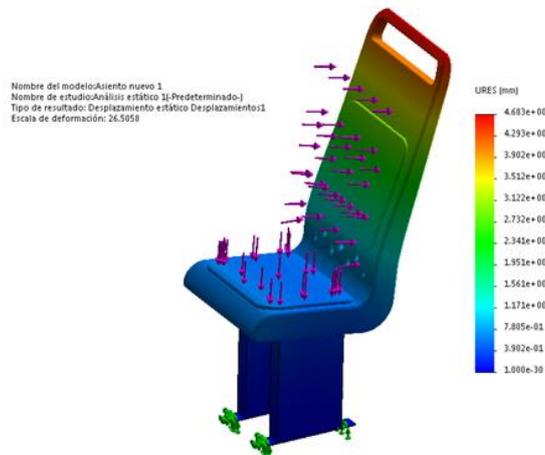


Fuente: autoría propia.

El desplazamiento, indicado por el código de colores, registra un máximo de hasta 4.683 mm en la región del respaldo y el asidero de sujeción, con una escala de deformación de 26.5058. Sin embargo, este valor no resulta muy significativo, por lo que se considera aceptable el análisis.

Figura 12

Análisis de desplazamientos.

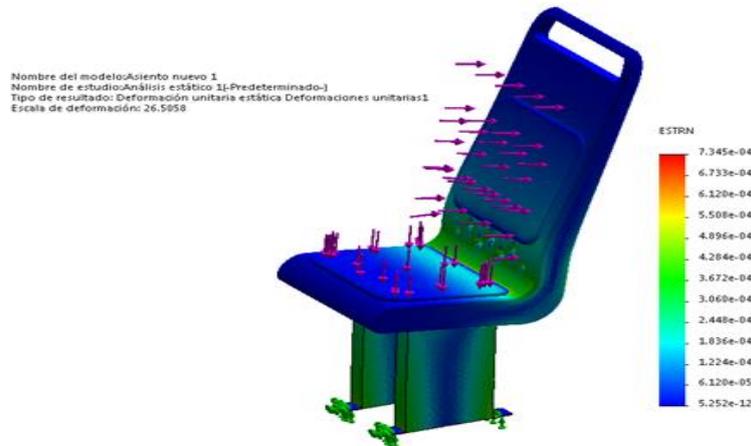


Fuente: autoría propia.

Deformaciones unitarias. Al igual que las tensiones originadas anteriormente, las deformaciones unitarias, se presentan en un rango de colores como son celeste y verde, originando un valor promedio de 3.762×10^{-4} , con una escala de deformación de 26.5058.

Figura 13

Análisis de deformaciones unitarias.

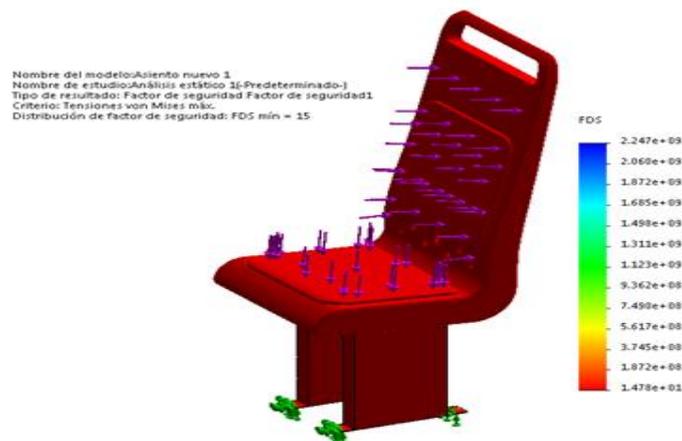


Fuente: autoría propia.

Para diseñar estructuras estáticas o elementos sujetos a cargas dinámicas y combinaciones de carga, se considera más adecuado que el factor de seguridad esté en el rango de valores de 4.0 o superior. Dado que el asiento forma parte de un autobús urbano, que estará sujeto a diversas combinaciones de carga, se considera que el diseño del asiento es válido.

Figura 14

Análisis del factor de seguridad.



Fuente: autoría propia.

El diseño del asiento se confirma como adecuado ya que arroja un valor de 15, el cual cumple con los estándares aceptables según las recomendaciones de Robert L. Mott, quien sugiere que este valor debe ser igual o mayor a 4.

4. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Con respecto a la Normativa Técnica Ecuatoriana, esta se encuentra representada en cuanto a lo contemplado y establecido por la INEN 2205:2010, citando que la estatura media nacional de usuarios de sexo masculino, sin Guasumba Maila, J., Calero Torres, D., Oñate Haro C. y Cabrera Armijos R. (2023). Análisis mediante Método de Elementos Finitos de un asiento de transporte urbano según norma INEN 2205. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(2), 54-69. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/118> julio - diciembre (2023) ISSN 2806-5573

considerarse la estatura de sexo femenino, que tiene un promedio de 15 centímetros con respecto a la altura del sexo masculino. Las tensiones registradas están dentro del rango aceptable según el código de colores, con un valor de 1.081 MPa. El desplazamiento máximo es de 4.683 mm, ubicado entre la zona del respaldo y el asidero de sujeción. La deformación unitaria, con un valor de 3.762 e-04, se considera aceptable y se muestra en verde en el código de colores.

La calidad de los asientos estudiados es de suma importancia, dado que, si no cumplen con las normas ergonómicas, podrían causar problemas lumbares y lesiones que afectarían directamente la salud laboral de los usuarios con el paso del tiempo.

5. REFERENCIAS

- Alcoser, L., & Morales, E. (2017). Diseño y construcción de los anclajes de asientos de un autobús interprovincial bajo condiciones de impacto frontal y lateral en la empresa metálica Pillapa.
- Buen Viaje. (2012). La Industria Carrocera del Ecuador.
- Flores, C. (2001). Ergonomía para el Diseño. Designio.
- INEN. (2010). NTE INEN 2 205:2010 - Vehículos Automotores. Bus Urbano. Requisitos.
- Llaneza, J. (2009). Ergonomía de concepción. Diseño de puestos y espacios de trabajo. *Ergonomía y psicología aplicada Manual para la formación del especialista*. Lex Nova S.A.
- Ruiz, E. (2018). Optimización del análisis de la resistencia de la estructura de un asiento de bus urbano mediante metamodelo de simulación. Ambato: Autor - Editor.
- Superintendencia de Bancos. (2022). <https://estadisticas.superbancos.gob.ec>
- Torres, J. (2015). Diseño y construcción de un asiento ergonómico para el conductor de autobús que cumpla con el reglamento RTE INEN 043 con fines de producción nacional.
- Tomassiello, R. (2021). Plataforma de Información para Políticas Públicas. <http://www.politicaspUBLICAS.uncu.edu.ar>