



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA EN LA ESTRUCTURA DEL  
ASIENTO DE UN BUS INTERPROVINCIAL MEDIANTE LAS  
HERRAMIENTAS CAE DEL ENSAYO ESTÁTICO SEGÚN  
NORMA INEN 2708**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**NÉSTOR DANIEL CHIZA MONTILLA**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA EN LA ESTRUCTURA DEL  
ASIENTO DE UN BUS INTERPROVINCIAL MEDIANTE LAS  
HERRAMIENTAS CAE DEL ENSAYO ESTÁTICO SEGÚN  
NORMA INEN 2708**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR: NÉSTOR DANIEL CHIZA MONTILLA**

**DIRECTOR: ING. EDWIN RODOLFO POZO SAFLA**

Riobamba – Ecuador

2023

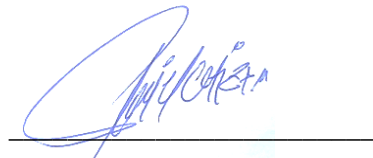
© 2023, Néstor Daniel Chiza Montilla

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Néstor Daniel Chiza Montilla, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de diciembre de 2023



**Néstor Daniel Chiza Montilla**

**180541059-2**



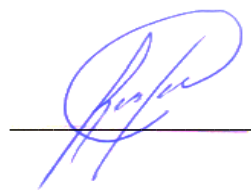
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA EN LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO DE UN BUS INTERPROVINCIAL MEDIANTE LAS HERRAMIENTAS CAE DEL ENSAYO ESTÁTICO SEGÚN NORMA INEN 2708**, realizado por el señor: **NÉSTOR DANIEL CHIZA MONTILLA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

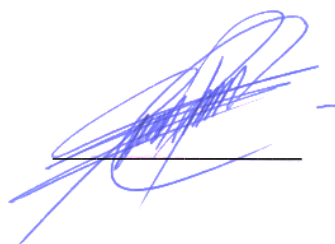
**FECHA**

Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



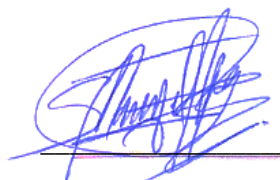
2023-12-12

Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-12

Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba  
**ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-12

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, quienes siempre han sido mi apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por su amor, paciencia y constante motivación, sin los cuales no habría sido posible llegar hasta aquí. Este trabajo es también su triunfo, porque sus enseñanzas y valores han sido mi guía y motivación. Espero que se sientan orgullosos de mi trabajo y logros, porque todo lo he hecho con el propósito de honrar su legado y amor incondicional. Los amo con todo mi corazón.

A mi querido hermano, mi amigo de toda la vida. Gracias por ser mi apoyo incondicional y mi motivación constante. Tu presencia ha sido fundamental en cada uno de mis logros, y esta tesis no es la excepción. Espero que mi trabajo te haga sentir tan orgulloso como yo me siento de tenerte como mi hermano. Siempre has creído en mí, incluso en momentos en que yo mismo dudaba de mis habilidades. Agradezco tus consejos, palabras de aliento y motivación constante, los cuales me han llevado a superar obstáculos y alcanzar mis metas. Dedico este logro a ti, porque tu presencia y amor han sido fundamentales en mi camino hacia el éxito.

**Néstor**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, quien ha sido mi fortaleza y guía en cada paso de este camino. Agradezco darme la sabiduría, fuerza y perseverancia para culminar este proyecto. Cada día, Su presencia me ha brindado la inspiración para seguir adelante y la certeza de que, con Su ayuda, todo es posible. Que este trabajo sea un testimonio de mi gratitud y devoción a Su nombre. Gracias, mi Dios, por ser mi roca y mi refugio.

A mis padres por el esfuerzo que han hecho por darme la oportunidad de alcanzar esta meta.

A mi tutor Ing. Edwin Pozo, quien con su conocimiento me han guiado para poder realizar este trabajo.

A todos mis compañeros y amigos con quienes vivimos esta hermosa experiencia educativa, tanto en lo académico, en lo deportivo y en lo social donde hemos forjados recuerdos inolvidables.

A la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a todos los docentes que la conforman por brindarme una educación de excelencia.

**Néstor Daniel Chiza Montilla**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1.	Problema de investigación .....	3
1.1	Planteamiento del problema .....	3
1.2	Limitaciones y delimitaciones.....	4
1.3	Problema general de la investigación.....	4
1.4	Problemas específicos de investigación.....	4
1.5	Objetivos.....	4
1.5.1	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.6	Justificación.....	5
1.6.1	<i>Justificación teórica</i> .....	5
1.6.2	<i>Justificación metodológica</i> .....	6
1.6.3	<i>Justificación práctica</i> .....	6
1.7	Hipótesis .....	7
1.8	Hipótesis nula.....	7

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>Marco teórico</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Antecedentes de investigación</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>Referencias teóricas</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Tipos de asientos</b> .....	<b>10</b>
2.2.1.1	<i>Asientos de buses urbanos</i> .....	11
2.2.1.2	<i>Asientos de buses interprovinciales e intraprovincial</i> .....	11
<b>2.2.2</b>	<b>Topología</b> .....	<b>12</b>
2.2.2.1	<i>Clasificación de la optimización topológica</i> .....	14
<b>2.2.3</b>	<b>Optimización</b> .....	<b>15</b>
2.2.3.1	<i>Optimización por elementos finitos</i> .....	16
<b>2.2.4</b>	<b>Concepto del método de optimización topológica</b> .....	<b>19</b>
2.2.4.1	<i>Dominio extendido fijo del diseño</i> .....	19
2.2.4.2	<i>Método de densidades</i> .....	19
<b>2.2.5</b>	<b>Definición de calidad de la Malla</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Problemas que afectan a la topología</b> .....	<b>21</b>
2.2.6.1	<i>Inestabilidad de tablero de ajedrez</i> .....	21
2.2.6.2	<i>Dependencia de la malla</i> .....	22
2.2.6.3	<i>Problema elástico (método de elementos finitos)</i> .....	23
<b>2.2.7</b>	<b>Análisis de esfuerzos</b> .....	<b>25</b>
2.2.7.1	<i>Deformación</i> .....	25
2.2.7.2	<i>Desprendimiento</i> .....	26
2.2.7.3	<i>Fractura</i> .....	27
<b>2.2.8</b>	<b>Diseño de experimentos</b> .....	<b>28</b>
<b>2.2.9</b>	<b>Norma para la construcción y fabricación de asientos en Ecuador</b> .....	<b>28</b>
<b>2.2.10</b>	<b>Norma aplicada para verificar resistencia de los asientos (ensayos)</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2.11</b>	<b>Reglamento N.- 14 de CEPE (Comisión Económica Para Europa)</b> .....	<b>30</b>

2.2.12	<i>Máquina Universal De Ensayo</i> .....	30
2.2.13	<i>Simulación de pruebas estáticas</i> .....	31
2.2.14	<i>Programas CAD/CAE</i> .....	32
2.2.14.1	<i>SolidWorks</i> .....	32
2.2.14.2	<i>ANSYS</i> .....	33

### CAPÍTULO III

3.	<b>Marco Metodológico</b> .....	34
3.1	<b>Nivel o tipo de estudio</b> .....	34
3.1.1	<i>Descriptivo</i> .....	34
3.1.2	<i>Exploratorio</i> .....	34
3.2	<b>Enfoque</b> .....	34
3.2.1	<i>Enfoque Cualitativo</i> .....	34
3.2.2	<i>Enfoque Cuantitativo</i> .....	34
3.3	<b>Modalidad básica de la investigación</b> .....	35
3.3.1	<i>De campo</i> .....	35
3.3.2	<i>Bibliográfico</i> .....	35
3.4	<b>Población y muestra</b> .....	35
3.4.1	<i>Población</i> .....	35
3.4.2	<i>Muestra</i> .....	36
3.5	<b>Operacionalización de variables</b> .....	37
3.5.1	<i>Variable independiente</i> .....	37
3.5.2	<i>Variable dependiente</i> .....	37
3.6	<b>Recolección de la información</b> .....	37
3.7	<b>Procesamiento y análisis</b> .....	38
3.7.1	<i>Plan de desarrollo</i> .....	38
3.7.2	<i>Plan de procesamiento de la información</i> .....	38

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>Marco de análisis e interpretación de resultados.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Procesamiento, análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Organigrama.....</i></b>	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.1</b>	<b><i>Proceso modelación 3D del asiento.....</i></b>	<b>42</b>
4.2.1.1	<i>Obtención geométrica del asiento .....</i>	42
4.2.1.2	<i>Preparación del modelo .....</i>	43
<b>4.2.2</b>	<b><i>Proceso de simulación .....</i></b>	<b>43</b>
4.2.2.1	<i>Asignación de materiales.....</i>	43
4.2.2.2	<i>Mallado.....</i>	43
4.2.2.3	<i>Cargas y apoyos .....</i>	44
<b>4.2.3</b>	<b><i>Análisis post simulación .....</i></b>	<b>47</b>
4.2.3.1	<i>Análisis de deformaciones .....</i>	47
4.2.3.2	<i>Análisis de esfuerzos.....</i>	49
4.2.3.3	<i>Análisis entre el cinturón de dos y tres puntos .....</i>	52
4.2.3.4	<i>Normativa utilizada para la validación de resultados obtenidos en la simulación del asiento de bus interprovincial .....</i>	53
<b>4.2.4</b>	<b><i>Optimización topológica .....</i></b>	<b>54</b>
4.2.4.1	<i>Diseño de experimentos.....</i>	56
<b>4.2.5</b>	<b><i>Rediseño del modelo del asiento.....</i></b>	<b>61</b>
<b>4.2.6</b>	<b><i>Proceso de simulación del nuevo modelo .....</i></b>	<b>62</b>
<b>4.2.7</b>	<b><i>Análisis post simulación del nuevo modelo .....</i></b>	<b>63</b>
4.2.7.1	<i>Análisis de deformaciones .....</i>	64
4.2.7.2	<i>Análisis de esfuerzos.....</i>	64
4.2.7.3	<i>Validación de resultados obtenidos en la simulación del nuevo modelo asiento.....</i>	65
<b>4.3</b>	<b>Comprobación de la hipótesis.....</b>	<b>65</b>

## CAPÍTULO V

### 5. Marco propositivo

5.1	Propuesta.....	67
5.1.1	<i>Desarrollar un estudio de optimización topológica en un asiento construido con un acero A500 .....</i>	<i>67</i>
5.1.2	<i>Desarrollar el estudio de optimización topológica ocupando el diseño de experimentos nativo de ANSYS.....</i>	<i>69</i>
5.1.3	<i>Desarrollar el estudio de optimización topológica en diversas autopartes o repuestos automotrices.....</i>	<i>70</i>

## CAPÍTULO VI

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
6.1	Conclusiones.....	71
6.2	Recomendaciones.....	72

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b> Carrocerías fabricadas en Ecuador durante 2022. ....	36
<b>Tabla 3-2:</b> Variables independientes.....	37
<b>Tabla 3-3:</b> Variables dependientes.....	37
<b>Tabla 3-4:</b> Fases para el desarrollo del tema.....	38
<b>Tabla 4-1:</b> Organigrama de procesos.....	40
<b>Tabla 4-2:</b> Resultados de las deformaciones.....	47
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados de los esfuerzos.....	49
<b>Tabla 4-4:</b> Validación de resultados bajo la norma NTE INEN 2708. ....	53
<b>Tabla 4-5:</b> Iteraciones hasta la convergencia de la optimización topológica.....	56
<b>Tabla 4-6:</b> Selección de los espesores de las piezas a trabajar en base a catálogos.....	56
<b>Tabla 4-7:</b> Resumen de diseño.....	57
<b>Tabla 4-8:</b> Análisis por el método de diseño de experimentos.....	57
<b>Tabla 4-9:</b> Análisis de varianza.....	58
<b>Tabla 4-10:</b> Resultados de las deformaciones. del nuevo asiento.....	64
<b>Tabla 4-11:</b> Resultados de los esfuerzos del nuevo asiento.....	64
<b>Tabla 4-12:</b> Validación de resultados bajo la norma NTE INEN 2708 (modelo nuevo).....	65

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Asientos de pasajeros de bus urbano. ....	11
<b>Ilustración 2-2:</b> Asientos de pasajeros de bus interprovincial. ....	12
<b>Ilustración 2-3:</b> Proceso de optimización. ....	15
<b>Ilustración 2-4:</b> Optimización por elementos finitos. ....	17
<b>Ilustración 2-5:</b> Procedimientos Metodológico del Método (MEF). ....	18
<b>Ilustración 2-6:</b> Inestabilidad de tablero de ajedrez. ....	21
<b>Ilustración 2-7:</b> Efecto de la discretización en la topología final. ....	23
<b>Ilustración 2-8:</b> Problema elástico. ....	24
<b>Ilustración 2-9:</b> Representación de un sistema en estudio en DDE. ....	28
<b>Ilustración 2-10:</b> Asientos de los pasajeros para bus intrarregional e interprovincial. ....	29
<b>Ilustración 2-11:</b> Máquina Universal de Ensayo. ....	31
<b>Ilustración 2-12:</b> Estudio de impacto con la máquina de pruebas dinámicas. ....	32
<b>Ilustración 2-13:</b> Logo de SOLIDWORKS. ....	32
<b>Ilustración 2-14:</b> Logo ANSYS. ....	33
<b>Ilustración 4-1:</b> Partes de un asiento de bus interprovincial. ....	42
<b>Ilustración 4-2:</b> Mallado del asiento. ....	43
<b>Ilustración 4-3:</b> Calidad y configuración del mallado global. ....	44
<b>Ilustración 4-4:</b> Configuración de anclajes y cargas sobre el asiento. ....	45
<b>Ilustración 4-5:</b> Configuración de anclajes y cargas para cinturón de dos y tres puntos. ....	46
<b>Ilustración 4-6:</b> Resultado de las deformaciones. ....	49
<b>Ilustración 4-7:</b> Resultado de los esfuerzos. ....	52
<b>Ilustración 4-8:</b> Parámetros para la optimización topológica. ....	54
<b>Ilustración 4-9:</b> Parámetros de la optimización topológica. ....	55
<b>Ilustración 4-10:</b> Resultados de la optimización topológica. ....	55
<b>Ilustración 4-11:</b> Comportamiento del modelo en función de las iteraciones realizadas. ....	56
<b>Ilustración 4-12:</b> Diagrama de Pareto de las partes más influyentes en la deformación. ....	60
<b>Ilustración 4-13:</b> Histograma en función de la deformación. ....	61
<b>Ilustración 4-14:</b> Diagrama de ajuste en función de la deformación. ....	61
<b>Ilustración 4-15:</b> Diseño del nuevo modelo de asiento. ....	62
<b>Ilustración 4-16:</b> Calidad y configuración del mallado global del nuevo asiento. ....	63
<b>Ilustración 4-17:</b> Gráficas de probabilidad de los dos modelos de asientos. ....	66

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PERFILES ESTRUCTURALES – TUBO RECTANGULAR (CATÁLOGO DIPAC).

**ANEXO B:** PERFILES ESTRUCTURALES – PLATINA (CATÁLOGO DIPAC).

**ANEXO C:** PERFILES ESTRUCTURALES – TUBO (CATÁLOGO DIPAC).

**ANEXO D:** PERFILES ESTRUCTURALES – TUBO CUADRADO (CATÁLOGO DIPAC).

**ANEXO E:** PERFILES ESTRUCTURALES – ÁNGULO (CATÁLOGO DIPAC).

**ANEXO F:** PERFILES ESTRUCTURALES – CANAL C (CATÁLOGO DIPAC).

**ANEXO G:** NORMA NTE INEN 2708.

**ANEXO H:** REGLAMENTO NO. 14 CEPE (COMISIÓN ECONÓMICA PARA EUROPA).

## RESUMEN

Los fabricantes de asientos para carrocerías de autobuses en el país realizan su construcción de manera empírica en cuanto al peso útil, esto conlleva que no consideren diferentes etapas como diseño y pruebas de resistencia estructural, comprometiendo la seguridad de los pasajeros y las cargas muertas sobre la carrocería, así como la selección de un proceso de construcción adecuada. Por ello, el objetivo del presente trabajo de investigación fue realizar la optimización topológica de la estructura de un asiento de autobús interprovincial cumpliendo la norma INEN 2708, con ayuda de herramientas CAE. Se optó por una metodología investigativa, con enfoques cualitativos y cuantitativos, en donde se analizó distintos modelos de asientos construidos en nuestro país; para posteriormente, revisar las características de sus componentes estructurales más importantes del asiento y los esfuerzos que soportan. Tras realizar este análisis se ejecutó una mejora topológica de su composición reduciendo su masa y manteniendo su resistencia estructural dentro de los parámetros óptimos del diseño. Conforme a la metodología aplicada se obtuvo la geometría del asiento, el cual se sometió a los diferentes análisis de estáticos con distintas cargas conforme a la norma INEN 2708, dichos ensayos fueron simulados en el programa ANSYS, el cual determinó los elementos críticos que se optimizaron en el mismo programa, reduciendo la masa en un 20%. De esta manera se creó un nuevo modelo de asiento el cual mantiene aspectos importantes como resistencia mecánica-estructural del modelo original, pero con un menor peso. En este contexto se concluyó que se puede crear un nuevo diseño en autopartes como asientos el cual cumpla con las exigencias de la norma INEN 2708 manteniendo la resistencia de su antecesor, pero con un menor peso de la estructura del asiento que mejore la eficiencia en el consumo de combustible al reducir el peso de las carrocerías.

**Palabras clave:** <OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA>, <ENSAYO ESTÁTICO>, <DISEÑO 3D>, <SIMULACIÓN COMPUTACIONAL>, <ANSYS – WORKBENCH>, <ASIENTO DE BUS>.



0151-DBRA-UPT-2024

## SUMMARY

The seat manufacturers for bus bodies in the country perform their construction in an empirical way in terms of useful weight. It leads them not to consider different stages such as design and structural strength tests, compromising the passengers' safety and dead loads on the body, as well as the selection of an adequate construction process. Therefore, the objective of this research work was to perform the topological optimization of the structure of an interprovincial bus seat in compliance with INEN 2708 standard, with the help of CAE tools. A research methodology was chosen, with qualitative and quantitative approaches, where different models of seats built in our country were analyzed; Later, review the characteristics of the most important structural components of the seat and the stresses they support. After performing this analysis, a topological improvement of its composition was carried out, reducing its mass, and maintaining its structural resistance within the optimum design parameters. According to the applied methodology, the seat geometry was obtained, which was subjected to different static analyses with different loads according to the INEN 2708 standard. These tests were simulated in the ANSYS program, which determined the critical elements that were optimized in the same program, reducing the mass by 20%. In this way, a new seat model was created, which maintains important aspects such as mechanical-structural resistance of the original model, but with a lower weight. In this context it was concluded that it is possible to create a new design in auto parts such as seats which meets the requirements of the INEN 2708 standard while maintaining the strength of its predecessor, but with a lower weight of the seat structure that improves fuel efficiency by reducing the weight of the bodies.

**Keywords:** <TOPOLOGICAL OPTIMIZATION>, <STATISTIC TESTING>, <3D DESIGN>, <COMPUTATIONAL SIMULATION>, <ANSYS - WORKBENCH>, <BUS SEAT>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema Mgs.

C.I. 0603357062

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la mayoría de las carrocerías del país fabrican sus asientos de una empírica en cuanto al peso útil, esto conlleva que no consideren diferentes etapas como diseño y pruebas de resistencia estructural, comprometiendo la seguridad de los pasajeros y las cargas muertas sobre la carrocería, así como la selección de un proceso de construcción adecuada, lo cual hace que los fabricantes de asientos tengan como único objetivo la comodidad de los pasajeros. Conjunto a esto, la normativa local solo se enfoca en controlar las dimensiones del asiento sin tomar en cuenta la resistencia, es decir, no se realiza ningún ensayo sobre la estructura de este. Si analizamos la incidencia de los estudios y análisis topológicos en el país, observamos que son poco considerados por los diseñadores, en contraste con países desarrollados en donde utilizan estas herramientas para obtener mayores ventajas a la hora de diseñar y construir estas estructuras, mejorando así la eficiencia en el desarrollo y producción de asientos en los buses (Córdova Aldas, 2017, pp. 4).

Frente a esta problemática en los últimos años se ha implementado al campo de diseño de carrocerías la aplicación de diferentes métodos de optimización, para la resolución de problemas estructurales, debido a sus ventajas frente a los métodos convencionales de diseño de estas estructuras. La modelación de los elementos estructurales para buses interprovinciales en Ecuador se ha desarrollado en respuesta a la necesidad de mejorar la seguridad y la comodidad de los pasajeros. A demás, de verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos por el gobierno y las medidas adicionales adoptadas por las empresas de transporte.

La optimización topológica dentro de la construcción de asientos para buses interprovinciales en Ecuador es un tema relativamente nuevo. Sin embargo, la optimización topológica es una técnica ampliamente utilizada en la ingeniería para mejorar la eficiencia de los diseños de productos, incluyendo los diseños de asientos para vehículos. En general, la optimización topológica implica la generación iterativa de diseños a través de la eliminación sistemática de material donde no es necesario, mientras se mantiene la integridad estructural y la funcionalidad del producto, es decir, que la optimización topológica se puede usar como una herramienta matemática que permite al diseñador sintetizar topologías óptimas. En ingeniería mecánica se entiende como topología óptima a una pieza o parte mecánica diseñada especialmente para maximizar o minimizar alguna característica deseada. El resultado final es un diseño optimizado que utiliza material de manera más eficiente y puede ser más liviano y resistente (Meza Valencia, 2012, pp. 13).

El propósito de esta investigación es ofrecer mayores beneficios a la industria de la fabricación de carrocerías (buses interprovinciales) al tener un análisis detallado de los asientos. Esto resultará

en mejoras para los fabricantes, quienes podrán mejorar su trabajo al reducir significativamente la cantidad de materiales necesarios durante la producción; a esto le podemos sumar los beneficios para los propietarios de los autobuses, ya que experimentarán ventajas como la reducción del consumo de combustible debido a la disminución del peso del vehículo. Adicionalmente, los pasajeros también serán beneficiados al disfrutar de viajes cómodos y con un respaldo extra de seguridad.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

El Ecuador al poseer un límite territorial no muy extenso y ciudades alejadas de las grandes urbes por una o dos horas de distancia, hace que su población pueda trasladarse libremente entre estas, ya sea por trabajo, estudio o por fines turísticos, pero, considerando que muchos de ellos no poseen un vehículo propio, optan por movilizarse en autobús, la cual es la opción más rentable económicamente, incrementándose la demanda de autobuses y he aquí que nace la necesidad de los fabricantes de innovar y mejorar los procesos de manufactura, para poder brindar a los distintos clientes un producto que satisfaga las necesidades del conductor y pasajeros.

Además, el país no cuenta con una normativa propia que aplique a los asientos que están presentes en cada unidad interprovincial, por lo cual, algunas carrocerías fabrican sus asientos bajo parámetros arbitrarios, donde solo consideran las dimensiones del autobús y la comodidad del pasajero para su diseño, sin tomar en cuenta el material a ocupar en la estructura o la seguridad que pueda brindar el asiento ante un posible accidente.

Según la ANT, el Ecuador registró en 2022 una tasa de 21739 accidentes de tránsito, en donde el 3.8% correspondió a accidentes relacionados al transporte público inter e intraprovincial, analizando con mayor detalle esta estadística, en promedio se reportaron 1.779 siniestros mensuales durante el 2022, si las comparamos con cifras del año 2021 la tasa de accidentes aumento un 2%, además, se registró una tasa de mortalidad de 2202 personas , mientras que la tasa de lesionados se registró en 17 532 personas, reflejando un incremento del 3 y 8%, respectivamente, con relación al 2021 (ANT 2023).

Si tomamos en cuenta que muchos de los fabricantes que proveen asientos a las carrocerías, no toman en cuenta o simplemente se saltan los diferentes ensayos estructurales, lo cual hace que se comprometan las distintas etapas de diseño, como una óptima construcción, lo que puede generar fallos en la manufactura, lo cual produciría desperdicio de materias primas y por ende una pérdida económica para la empresa o fabrica (Bolaños Portilla 2018, pp. 17).



## **1.2 Limitaciones y delimitaciones**

El desarrollo de la investigación se la realizó en los meses comprendidos entre abril y agosto de 2023, en los laboratorios de cómputo de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Facultad de Mecánica pertenecientes a la ESPOCH, mediante programas CAD/CAE, en donde se desarrolló un estudio de diseño por elementos finitos sobre la estructura de un asiento de un bus interprovincial. El estudio se fundamentó dentro del área de diseño y modelación de sistemas mecánicos, así como en el diseño experimental.

## **1.3 Problema general de la investigación**

¿Cómo se puede realizar una optimización topológica en la estructura de un asiento de autobús de tipo interprovincial aplicando normas INEN 2708?

## **1.4 Problemas específicos de investigación**

¿Cómo se puede definir el desarrollo de un modelo de asiento de autobús interprovincial?

¿Cuáles son los fundamentos para tomar en cuenta durante el desarrollo del análisis de simulación?

¿Bajo qué parámetros se debería comparar los resultados obtenidos en los programas de simulación CAE?

¿Cómo se garantiza el óptimo desarrollo, así como el mejoramiento de diseño al aplicar el estudio de optimización topológica al asiento de autobús interprovincial?

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Optimizar topológicamente la estructura de un asiento de autobús interprovincial cumpliendo la norma INEN 2708, con ayuda de herramientas CAE.

### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Generar la geometría de un asiento de bus interprovincial mediante un software CAD.

- Ejecutar un análisis estático explícito mediante el uso de métodos de elementos finitos en el diseño del asiento de autobús interprovincial, en conformidad con las directrices establecidas por la norma INEN 2708.
- Utilizar herramientas de simulación (software CAD/CAE) para analizar los niveles máximos de esfuerzos y deformaciones presentes en el diseño de un asiento destinado a buses interprovinciales, así identificar los componentes de mayor menor influencia en la deformación para su posterior optimización.
- Realizar un proceso de rediseño topológico en las secciones que presenten una menor afección por las fuerzas con el objetivo de generar una configuración que posibilite la reducción de peso de manera efectiva preservando características iniciales como la resistencia estructural.

## **1.6 Justificación**

### ***1.6.1 Justificación teórica***

Los diversos trabajos de titulación ya sean investigativos o prácticos tienen como finalidad aportar una solución a algún problema que se presente en la vida cotidiana de la sociedad, por lo cual, en este trabajo se pretende resolver un problema que se tiene dentro de la industria carrocería, cómo lo es la creación de asientos, ya que como se sabe hoy a lo largo de los años se han ido introduciendo un nuevo tipo de materiales dentro de la industria, por lo cual se ve una necesidad de innovar los diseños para aprovechar así de mejor manera los materiales y obtener un producto de mayor calidad. Finalizamos el inicio de las carrocerías, hoy podremos observar que los primeros asientos construidos se los fabricaba a base de madera, en años posteriores gracias a la innovación se introdujeron materiales como acero, esponjas, entre otros compuestos, como el plástico, fibra de vidrio o carbono, etc.

Por medio de este trabajo de investigación se intenta proporcionar un asiento el cual esté optimizado topológicamente en su estructura, para obtener un peso inferior si lo comparamos con uno del mercado, pero garantizando una mejor o igual resistencia con este nuevo rediseño, es decir se proporcionará mayores ventajas en la industria al contar con un estudio de diseño el cual logre evidenciar los beneficios, tanto para el productor, el cual podrá realizar un mejor trabajo y se beneficiará económicamente al tener una reducción considerable de material a usar, mientras que si tomamos en cuenta las personas que adquieran los autobuses con este nuevo rediseño de

asientos, notará una mejora en el rendimiento, ya que se ve influida el peso total de la estructura del autobús.

Si analizamos el mercado de carrocerías en el país, notamos que la mayor producción de la industria se encuentra localizada en la zona centro del país, en donde se tiene una gran influencia, conformando más del 50% de la industria carrocera del Ecuador, y he aquí donde nace la necesidad de desarrollar un estudio de los componentes que conforman un asiento en las carrocerías.

### ***1.6.2 Justificación metodológica***

En este trabajo de investigación se tendrá un método científico-analítico en cuanto a la búsqueda de información experimental de trabajos antecesores, así como las normas internacionales con respecto al diseño y construcción de los asientos destinados a autobuses, además de estos, se buscará y analizará información acerca de las diferentes entidades reguladoras dentro del país y cuáles son las leyes o propuestas aplicadas hacia la construcción de los asientos de buses interprovinciales dentro de la industria, y determinar un tipo de asiento homologado, al cual se le realizará un posterior análisis para comprobar cuáles son los elementos con mayor influencia, es decir, determinar los elementos que sufren mayores esfuerzos, y así obtener una optimización topológica estructural eficaz.

### ***1.6.3 Justificación práctica***

Para el desarrollo del diseño se lo podrá realizar mediante programas de CAD y CAE, los cuales permitirán realizar diferentes tipos de estudios bajo la normativa INEN 2708, creando así un análisis detallado de los elementos más fundamentales y el máximo esfuerzo que puede soportar el nuevo diseño.

Para poder validar el nuevo diseño propuesto se deberá acatar las directrices propuestas por la norma INEN 2708. Esta norma ejerce control sobre los asientos destinados a vehículos de mayores dimensiones que se emplean para el traslado de pasajeros. Precisamente, hemos empleado dicha norma para aplicar las fuerzas en nuestra simulación. Esto se debe a que los requisitos estipulados en esta normativa aseguran que la estructura del asiento pueda resistir los esfuerzos a los que podría estar expuesta, así como garantizar la seguridad de los pasajeros en situaciones de accidentes.

### **1.7 Hipótesis**

Se puede generar una optimización topológica para reducir peso en la estructura de un asiento de un bus interprovincial cumpliendo la Norma INEN 2708.

### **1.8 Hipótesis nula**

No se puede generar una optimización topológica para reducir peso en la estructura de un asiento de un bus interprovincial cumpliendo la Norma INEN 2708.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

Actualmente la aplicación de métodos de optimización para la resolución de problemas estructurales ha tomado popularidad, debido a sus ventajas frente a los métodos convencionales de diseño de estructuras. Las estructuras más livianas y rígidas pueden diseñarse mediante métodos de optimización, pero, presentan más dificultades al momento de generar sus geometrías, ya que tienden a ser irregulares y complejas, por lo cual, presentan procesos de manufactura difíciles o imposibles. Por lo cual muchos diseñadores basándose en su experiencia han generados métodos subjetivos para simplificar las geometrías y hacerlas más fáciles de fabricar, a expensas de perder la optimización (Mendoza San Agustín, et al., 2016, pp. 415).

La modelación de los diferentes elementos estructurales destinados a buses interprovinciales en Ecuador se ha desarrollado en respuesta a la necesidad de mejorar la seguridad, sin perder el confort de los pasajeros.

En los últimos años, se han producido varios accidentes de buses en el país, lo que ha llevado a la implementación de nuevas regulaciones y estándares para mejorar la seguridad en el transporte de pasajeros. En 2011, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador publicó una resolución que establecía los estándares técnicos para la fabricación y homologación de vehículos de transporte terrestre, incluyendo buses interprovinciales. Esta resolución estableció requisitos específicos para los asientos de los autobuses, incluyendo el ancho mínimo del asiento, la altura del respaldo, la inclinación del asiento y la distancia entre los asientos, estos requisitos se ven reflejados en la norma NTE INEN 1668.

La optimización topológica dentro de la construcción de asientos para buses interprovinciales en Ecuador es un tema relativamente nuevo y aún no hay muchos antecedentes específicos sobre su aplicación en el país. Sin embargo, la optimización topológica es una técnica ampliamente utilizada en la ingeniería para mejorar la eficiencia de los diseños de productos, incluyendo los diseños de asientos para vehículos. Cabe mencionar que la optimización topológica implica la generación iterativa de diseños a través de la eliminación sistemática de material donde no es necesario, mientras se mantiene la integridad estructural y la funcionalidad del producto, es decir,

que la optimización topológica se puede usar como una herramienta matemática que permite al diseñador sintetizar topologías óptimas.

En el campo de la ingeniería mecánica, la optimización topológica se refiere a la creación de una pieza o componente mecánico diseñado de manera específica para maximizar o minimizar una característica deseada. El resultado final es un diseño optimizado que utiliza el material de manera más eficiente, lo que puede resultar en una estructura más liviana y resistente al mismo tiempo. (Meza Valencia, 2012, pp. 13).

En general, la modelación de asientos para buses interprovinciales en Ecuador está diseñada para mejorar la seguridad y la comodidad de los pasajeros, cumpliendo los requisitos técnicos establecidos por el gobierno y las medidas adicionales adoptadas por cada empresa de transporte, con lo cual se garantiza la seguridad de los pasajeros a la hora de abordar un autobús interprovincial en Ecuador. En este contexto, la optimización topológica puede ser utilizada para mejorar la comodidad de los pasajeros, reducir el peso de los asientos para mejorar la eficiencia del combustible (ahorro de combustible) y reducir los costos de mantenimiento, manteniendo o en los mejores casos, aumentando la resistencia de los asientos brindando mayores ventajas en caso de un accidente.

A medida que el tema de la optimización topológica avance en el país y sea más notoria sus ventajas a la hora de la fabricación de estructuras, es probable que se utilice cada vez más en la industria del transporte en Ecuador, incluyendo la optimización de asientos para buses interprovinciales.

## **2.2 Referencias teóricas**

Los siguientes términos y definiciones están tomados de la norma técnica ecuatoriana INEN 2708 (INEN 2708).

*Asiento:* estructura diseñada para fijarse a la carrocería de un vehículo, la cual incorpora tanto la tapicería como los componentes de sujeción. Esta estructura está concebida para ser utilizada en un vehículo y proporciona asiento para una o más personas adultas.

*Asiento individual:* asiento diseñado y fabricado para que se sienten en él un viajero.

*Asiento doble:* asiento diseñado y producido para acomodar a dos pasajeros sentados uno al lado del otro. Se considera que dos asientos colocados contiguos sin estar conectados entre sí constituyen asientos individuales.

*Fila de asientos:* asiento diseñado y fabricado para que se sienten en él 3 o más viajeros, 1 al lado de otro; no se considera que varios asientos individuales o dobles contiguos son una fila de asientos.

*Respaldo:* parte del asiento que es casi vertical y está diseñada para que un viajero apoye en ella la espalda, los hombros y posiblemente la cabeza.

*Sistema de regulación:* dispositivo que permite ajustar el asiento o sus partes en una posición apropiada para que el viajero que esté sentado en dicho asiento.

*Sistema de desplazamiento:* mecanismo que posibilita el movimiento lateral o longitudinal del asiento desde una de sus extremidades, sin una posición intermedia establecida, con el propósito de facilitar el acceso de los pasajeros.

*Anclaje:* parte del suelo o de la carrocería del vehículo en que pueden fijarse de los asientos.

*Elementos de fijación:* vorns u otros elementos diseñados para fijar el asiento al vehículo.

*Distancia entre asientos:* en el caso de asientos orientados en la misma dirección, la distancia entre la cara anterior del respaldo de un asiento y la cara posterior del respaldo del asiento que le antecede, medida horizontalmente y a una altura de 620 mm por encima del suelo.

### **2.2.1 Tipos de asientos**

Según la norma INEN 2708 los asientos no presentan entre sí grandes diferencias o rasgos característicos que incidan o afecten a su resistencia y peligrosidad, ya que todos los asientos deben cumplir con una estructura, forma, dimensión y materiales de las partes que soporten cargas, así como los tipos de sistemas de regulación y bloqueo del respaldo, cómo para materiales de fijación y soporte (NTE INEN 2708).

Los asientos son elementos de gran importancia dentro de un autobús, ya que estos elementos brindan comodidad y seguridad a las personas que se trasladan en el interior de estos vehículos.

En el Ecuador existen dos tipos de asientos aprobados para su fabricación, el primero es destinado para los buses urbanos, los cuales por lo general son fabricados de un material denominado PVC, mientras que el segundo está destinado para buses interprovinciales e intraprovinciales, dichos asientos deben incluir en su fabricación una estructura resistente generalmente suele ser de tubos de acero, para ser recubiertos por esponjas y forrados con un material de tela o sintético (Padilla et al., 2017, pp. 107).

#### *2.2.1.1 Asientos de buses urbanos.*

Ese tipo de asientos se fabrica en plásticos con asidero superior o de PVC, en su mayoría suelen ser diseños simples, es decir, no poseen descansabrazos u otro sistema que brinde un confort al pasajero, debido a que los trayectos o recorridos se los realiza dentro de la ciudad y por ende son viajes cortos y de poco tiempo (Alcoser & Morales, 2017, pp. 7).



**Ilustración 2-1:** Asientos de pasajeros de bus urbano.

**Fuente:** Carrocerías Cepeda.

#### *2.2.1.2 Asientos de buses interprovinciales e intraprovincial.*

Estos asientos se producen utilizando una capa de espuma de poliuretano, la cual proporciona comodidad y protección a los pasajeros. La elección de este tipo de asientos se basa en la naturaleza de los recorridos más extensos que caracterizan a este medio de transporte, donde la comodidad y la ergonomía tienen un rol crucial. Además, en los vehículos destinados tanto al transporte interprovincial como al intrarregional, se emplean estos asientos. La única distinción radica en la separación entre los asientos, ya que varía en relación con el tipo de vehículo y el servicio que presta (Alcoser & Morales, 2017, pp. 7).





**Ilustración 2-2:** Asientos de pasajeros de bus interprovincial.

**Fuente:** Vitrina de producción de Tungurahua.

Ahora bien, si se examina la norma INEN 1668, se podrá observar que se establece que los asientos destinados a este tipo de transporte (buses) deben ser permanentemente fijados a la estructura del vehículo y dispuestos en conformidad con el eje longitudinal del vehículo, ya sea en dirección del movimiento o en sentido opuesto. Esto tiene como finalidad asegurar un nivel máximo de seguridad y comodidad para los pasajeros. Se hace hincapié en que es necesario respetar los diseños originales proporcionados por los fabricantes del vehículo o chasis, con el fin de mantener una distribución equilibrada de las cargas en los ejes del vehículo. (NTE INEN 1668).

### **2.2.2 Topología**

La topología, es posiblemente la rama más reciente de las disciplinas matemáticas tradicionales, esta rama se enfoca en las características de las ilustraciones que se mantienen constantes, cuando dichas ilustraciones son plegadas, dilatadas, contraídas o deformadas, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o se hagan coincidir puntos diferentes (Córdova Aldas, 2017, pp.11).

La optimización topológica tiene sus inicios en el siglo XX, con la publicación de un artículo de A.G. Michell en 1904, llamado “The limits of economy of material in framestructures”, en este artículo realizó un estudio sobre los criterios de optimización al aplicar una reducción de peso en estructuras de barras articuladas. Con el avance de los ordenadores, en los años 70, se empiezan a publicar nuevos artículos en donde se muestran las ventajas de la utilización de métodos numéricos sobre los procesos de optimización topológica. Pero, no fue hasta finales de los años 80 que surge el verdadero desarrollo de distintas técnicas de optimización topológica, como por ejemplo el método de homogeneización (Giménez Marín, 2021, pp. 6).

La topología tiene diversas aplicaciones en diferentes ciencias o campos de investigación, como por ejemplo la física, la informática, la ingeniería, la biología y la economía, entre otros. En el caso particular de las ingenierías, la topología se utiliza para el diseño y la optimización de estructuras mecánicas, así como en la creación de sistemas, pero, es más notorio en el diseño de piezas mecánicas, la planificación de redes de comunicación y la optimización de procesos industriales (Córdova Aldas, 2017, pp.11).

Muchas industrias que producen componentes mecánicos buscan disminuir la cantidad de material utilizado en sus productos, ya que esto les permite reducir costos rápidamente. Por lo tanto, buscan diseñar piezas que utilicen la menor cantidad de material posible, pero que sigan siendo funcionalmente mecánicas (Giménez Marín, 2021, pp. 6).

El objetivo fundamental de la topología es descubrir la configuración más eficiente para el diseño de una estructura dentro de un área delimitada, basándose solamente en los conocimientos de las cargas impuestas, el volumen y las potenciales condiciones de apoyo. Como resultado, la optimización topológica está experimentando un notable avance en la actualidad, gracias a su flexibilidad para su implementación en diversas disciplinas. Además, este enfoque tiene una amplia gama de aplicaciones prácticas tanto en la industria como en el ámbito de la manufactura. (Córdova Aldas, 2017, pp. 13).

En resumen, la idea de la optimización topológica es distribuir cierta cantidad de material dentro del dominio o área de estudio, de tal forma que la rigidez de la estructura sea lo más grande posible, se necesita un mecanismo o geometría inicial para modelar e identificar la disposición o ausencia de material. Por lo general se utilizan diferentes métodos o modelos los cuales ayudan a multiplicar la matriz de rigidez del elemento y establecer los parámetros de la optimización.

Además, tiene un papel muy importante en el campo de micro y nanotecnologías, principalmente en el diseño de mecanismos flexibles, ya que gracias a este método se pueden generar con facilidad diferentes diseños estructurales, de los cuales puede diferenciar con mayor claridad las especificaciones más relevantes, es decir, un diseño optimizado no se limita a su topología inicial, lo que permite un rendimiento estructural superior a los diseños construidos a partir de la experimentación y experiencia (Wu et al. 2021, pp. 1455).

### 2.2.2.1 Clasificación de la optimización topológica

De acuerdo con el tipo de estructura puede considerarse dos diferentes tipos de optimización topológica (discreta o continua).

#### *Optimización topológica de estructuras discretas*

La optimización topológica de estructuras discretas se divide en dos categorías: optimización topológica de estructura de malla continua y optimización topológica de estructuras discretas.

- *La optimización topológica de estructura de malla continua:* considera un dominio continuo de la estructura, donde se discretiza mediante un número infinito de barras rígidas separadas por un espacio infinitesimal. La solución óptima en este caso se obtiene analíticamente utilizando la teoría de la elasticidad (Meza Valencia, 2012, pp. 16).
- *La optimización topológica de estructuras discretas:* considera un dominio en el que hay varios puntos distribuidos y pueden existir posibles juntas. En este caso, la solución óptima se obtiene numéricamente mediante métodos de optimización computacional (Meza Valencia, 2012, pp. 16).

#### *Optimización topológica de estructuras continuas*

La optimización topológica de estructuras continuas es un proceso de diseño que utiliza técnicas matemáticas y de simulación para encontrar la forma óptima de una estructura, en términos de su capacidad para soportar cargas y resistir tensiones. Adicionalmente, en el ámbito de diseño (2D o 3D), cuando se consideran condiciones de frontera específicas para el dominio, se pueden identificar dos enfoques distintos para abordar la solución: el enfoque microestructura y el enfoque macroestructural o geométrico (Córdova Aldas, 2017, pp. 13).

##### *a. Enfoque microestructural o de material*

El enfoque microestructural o de material se refiere al estudio realizado sobre las propiedades y el comportamiento de los materiales a nivel microscópico. Este enfoque analiza la estructura cristalina, la composición química, la textura, las imperfecciones y las propiedades mecánicas y térmicas de los materiales a nivel atómico y molecular.

El estudio de la microestructura es fundamental para comprender cómo los materiales se deforman, se rompen o se desgastan, y cómo su comportamiento puede ser modificado por tratamientos térmicos, mecánicos o químicos.

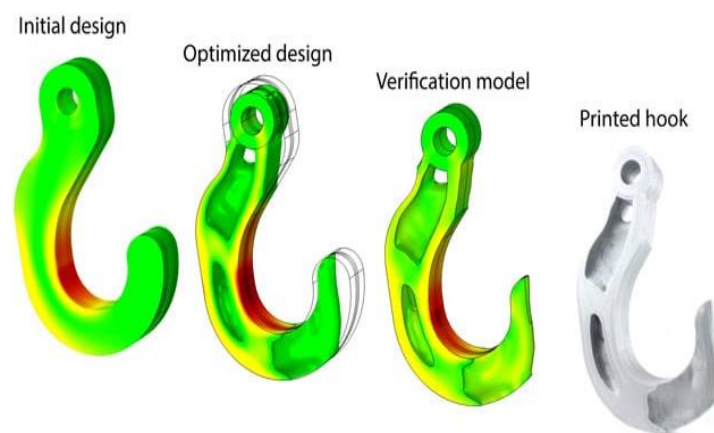
### *b. Enfoque geométrico o macroestructural*

El enfoque geométrico de la optimización topológica se refiere a la utilización de métodos matemáticos y geométricos para resolver problemas de optimización en estructuras estáticas. En este enfoque, se analiza la forma, la geometría, el tamaño y la distribución de las fases y estructuras a nivel macroscópico, como pueden ser los granos, la porosidad, las grietas, las inclusiones y las fases distintas al material base. Un ejemplo de este enfoque es el método de gradiente espectral proyectado no monótono, que se utiliza para minimizar la flexibilidad de una estructura estática.

El estudio de la macroestructura es fundamental para comprender cómo los materiales se comportan en diferentes situaciones, como pueden ser la deformación plástica, las fracturas o el desgaste.

### **2.2.3 Optimización**

Al describir el concepto de optimización dentro del campo de diseño mecánico hacemos referencia a la aplicación de técnicas matemáticas y de análisis para encontrar la mejor solución posible ante un problema de diseño, en términos de una o más variables de diseño. El objetivo principal de esta técnica es maximizar o minimizar alguna función específica de una pieza de estudio, como puede ser la resistencia, la rigidez, la eficiencia, el peso o el costo, sujetos a una serie de restricciones, como pueden ser la capacidad de carga, las restricciones de fabricación o las limitaciones de espacio.



**Ilustración 2-3:** Proceso de optimización.

**Fuente:** 3D natives.

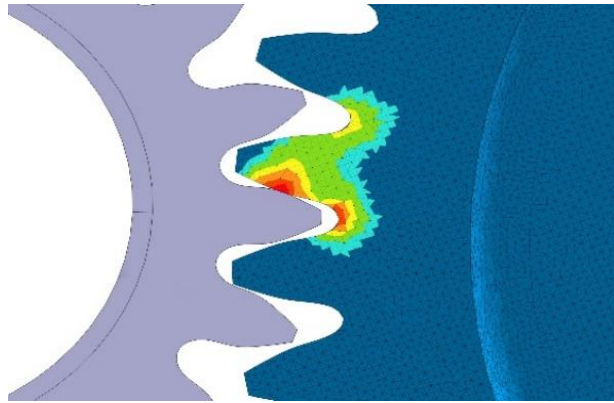
El diseño estructural basado en métodos de optimización es muy eficiente en la generación de estructuras de peso mínimo y una máxima rigidez estructural, entre otros factores; sin embargo, tiene la desventaja de generar geometrías muy complejas, cuya manufactura es difícil o imposible de realizar. (Mendoza San Agustín et al. 2016, pp. 415).

La optimización puede ser realizada mediante diversas técnicas, como pueden ser la optimización basada en algoritmos genéticos, la optimización basada en redes neuronales, la optimización basada en simulación y la optimización basada en modelos analíticos. Cada técnica tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección dependerá de la complejidad del problema de diseño, la disponibilidad de datos y la experiencia del diseñador.

#### *2.2.3.1 Optimización por elementos finitos*

El método de los elementos finitos es una técnica numérica que proporciona soluciones aproximadas a conjuntos de ecuaciones diferenciales parciales que abordan problemas físicos específicos muy complejos, que son imposibles de resolver mediante métodos matemáticos convencionales. En esencia, consiste en dividir un modelo continuo en partes distintas, bien definidas y deformables, este proceso es conocido como generación de malla. Cada parte que conforma la malla toma el nombre de nodo y su conjunto es lo que se denomina elementos finitos, y se comportan según las propiedades del material y las características geométricas que posean. Cada nodo tiene la posibilidad de moverse en seis direcciones diferentes, tres traslaciones y tres rotaciones. Se pueden aplicar cargas y restricciones al interior del elemento (como gravedad, dinámica o temperatura) o a los puntos y superficies del elemento (Santos Correa, 2017, pp. 14,15).

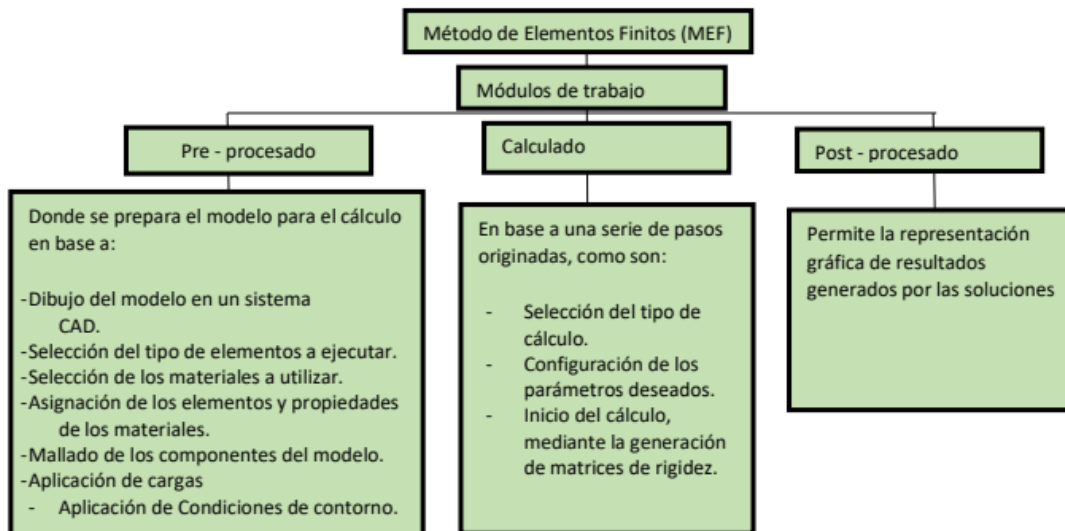
La optimización por elementos finitos (OEF) se aplica en una amplia variedad de campos de la ingeniería, incluyendo la mecánica estructural, la mecánica de fluidos, la transferencia de calor, la acústica y el electromagnetismo. Es una herramienta muy útil en el diseño de piezas y sistemas complejos, debido a la división de los elementos en nodos, transformando las funciones matemáticas, en modelos discretos, mediante una interpolación de los valores suscitados, donde en cada función se distingue tres tipos de nodos, como son primarios, secundarios e intermedios, sometidos a cargas variadas, en función de su geometría, definiéndose inicialmente las unidades, condiciones de contorno, en base a un modelado en 3D de las partes que conforman la estructura, ubicando las restricciones (fijaciones) y fuerzas, dando como resultados esfuerzos, deformaciones, desplazamientos y factores de seguridad (Moreno Zulca et al. 2020, pp. 809).



**Ilustración 2-4:** Optimización por elementos finitos.

**Fuente:** Todo en polímero.

La OEF es una técnica de optimización utilizada para encontrar la ilustración óptima de una estructura, mediante la simulación del comportamiento de la estructura bajo diferentes cargas y restricciones, utilizando Método por Elementos Finitos (MEF). El proceso de optimización por elementos finitos generalmente se realiza en varias etapas. En la primera etapa, se crea un modelo matemático de la estructura en cuestión y se definen las cargas y restricciones que se aplicarán en el análisis. A continuación, se realiza una simulación por elementos finitos para determinar la distribución de tensiones en la estructura. Luego, se utiliza un algoritmo de optimización para encontrar la ilustración óptima de la estructura, el resultado es una aproximación numérica del comportamiento de la estructura el cual se enfoca en la discretización basada en el dominio del problema en elementos finitos pequeños, y la resolución de las ecuaciones de equilibrio en cada uno de los elementos discretos, que puede implicar la eliminación de material innecesario o la redistribución de las cargas en la estructura.



**Ilustración 2-5:** Procedimientos Metodológico del Método (MEF).

**Realizado por:** Frías, E.; 2004.

Las principales características de la optimización por elementos finitos:

- Utilización de modelos matemáticos.
- Análisis de múltiples variables.
- Optimización basada en restricciones.
- Visualización en 3D.

Entre las ventajas que posee esta técnica tenemos:

- Mayor eficiencia y reducción de costos.
- Mayor precisión.
- Mayor flexibilidad.

Las principales desventajas son:

- Necesidad de conocimientos técnicos avanzados:
- Requerimientos de software especializado
- Limitaciones en la resolución de problemas complejos.

#### **2.2.4 Concepto del método de optimización topológica**

Optimización estructural, son procesos guiados por el método CAE (Ingeniería Asistida por Computadora), útil para ser utilizada en la etapa conceptual donde se dan, diseños innovadores, productos de mayor eficiencia y rapidez en el proceso de modelado, logrando mejor desempeño con varias restricciones como la cantidad de material, esfuerzo máximo, el desplazamiento, entre otros (Moreno Zulca et al. 2020, pp. 820).

El método de optimización topológica se fundamenta en dos conceptos básicos, uno es acerca de dominio extendido fijo del diseño, mientras que el otro trata acerca del modelo del material o de densidades.

##### **2.2.4.1 Dominio extendido fijo del diseño**

En diseño, el dominio extendido fijo se refiere al conjunto de variables de diseño que se consideran fijas o invariables durante todo el proceso de diseño. Estas variables no están sujetas a cambios o variaciones en el proceso de diseño, y se mantienen constantes durante todo el proceso. El problema fundamental del diseño de optimización estructural es que siempre se busca construir un cuerpo compuesto por un material isotrópico elástico lineal, contenido en un dominio de diseño continuo  $\Omega$ , elegido de manera que permita la definición de los apoyos estructurales y las cargas aplicadas (Pillajo, F & Delgado, B., 2022, pp. 32).

El dominio extendido fijo puede incluir variables como restricciones de ingeniería, requisitos del cliente, especificaciones del proyecto y limitaciones de recursos. Estas variables se consideran fijas porque no se pueden cambiar sin cambiar los objetivos y restricciones del proyecto. Al considerar el dominio extendido fijo, los diseñadores pueden enfocarse en las variables de diseño que sí pueden ser modificadas para mejorar el desempeño del producto. Al establecer las variables de diseño fijas, se reduce la complejidad del proceso de diseño y se puede enfocar la atención en las variables que realmente importan para lograr los objetivos del proyecto.

##### **2.2.4.2 Método de densidades**

El método de densidades es un enfoque utilizado en la optimización de diseño para encontrar soluciones óptimas a problemas de ingeniería. Este método se basa en la idea de que la distribución de material en una estructura puede ser representada como una función de densidad continua, la cual puede ser representada:



$$K_{e(\rho_i)} = \rho_i K_1^e$$

donde  $k_{(\rho_i)}^e$  resulta de modificar la matriz de rigidez del elemento multiplicada por la variable de diseño correspondiente.  $\rho_i$  representa las variables de diseño que se pueden entender como un valor de densidades en cada punto del dominio que pueden variar de 0 a 1, lo cual indica la presencia del material,  $k^e$  es la matriz de rigidez de cada elemento con las propiedades isotópicas (Meza Valencia, 2012, pp. 19).

En el método de densidades, se comienza con una distribución inicial de material en la estructura y se utiliza una función de densidad para describir la distribución de material en el diseño. Esta función se ajusta a la distribución de material existente y se utiliza para encontrar una distribución de material que satisfaga las restricciones de diseño y minimice una función objetivo, como puede ser el peso o la rigidez de la estructura. Para lograr esto, se utilizan algoritmos de optimización numérica para ajustar la función de densidad y encontrar la distribución óptima de material. En cada iteración del proceso de optimización, la función de densidad se ajusta para eliminar las regiones con baja densidad de material y aumentar la densidad de material en las regiones críticas, este proceso se repite hasta que se obtiene una solución óptima.

El método de las densidades es útil siempre y cuando se tengan valores intermedios, debido a que, históricamente se habla de un valor de pseudodensidad nulo  $\rho = 0$ . En la práctica no es posible, porque, se introducen ceros a la diagonal principal de la matriz global, llevando un sistema lineal cuyas ecuaciones serán indeterminadas, por lo cual se ve obligado a tomar un valor muy pequeño, sin llegar a ser cero  $\rho_{min} = 0,001$  (Meza Valencia, 2012, pp. 19).

Para disminuir las densidades intermedias se desarrolló un método SIMP (Solid Isotropic Material with Penalization) en el cual las pseudodensidades se penalizan (se elevan a un exponente) lo cual genera que los valores intermedios se acercan a los extremos:

$$K_{(\rho_i)}^e = \rho_i^p K_1^e$$

donde  $p$  es el factor de penalidad. Huelo a otro lado este método presenta una gran ventaja al derivar la función objetivo con respecto a las variables del proyecto, obteniendo con facilidad el algoritmo de la solución del problema planteado (Meza Valencia, 2012, pp. 19).

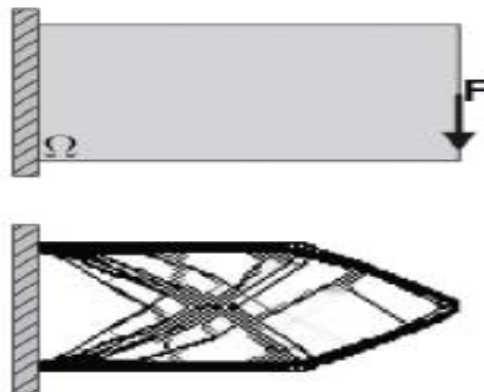
### 2.2.5 Definición de calidad de la Malla

La calidad de la malla en diseño mecánico se refiere a la precisión y la densidad de los elementos finitos utilizados para discretizar y analizar una estructura o componente en simulaciones por elementos finitos. Una malla de alta calidad es precisa y proporciona resultados confiables en análisis de tensiones, deformaciones y otros aspectos, mientras que una malla de baja calidad puede dar lugar a resultados inexactos o poco confiables.

### 2.2.6 Problemas que afectan a la topología

#### 2.2.6.1 Inestabilidad de tablero de ajedrez

La inestabilidad de tablero de ajedrez es un término que hace referencia a un fenómeno que ocurre cuando un objeto o estructura es inestable en una o varias direcciones, aunque aparentemente parezca estar equilibrado; La inestabilidad de tablero de ajedrez es un fenómeno típico que ocurre en los métodos de optimización topológica, cuando se busca la distribución heterogénea del material y así determinar un modelo óptimo, es decir este fenómeno aparece cuando la topología contiene regiones con elementos vacíos y con elementos totalmente rellenos, dispuestos de manera alternada, semejante a un tablero de ajedrez (Castillo, D. & Montoro, E., 2021, pp.76).



**Ilustración 2-6:** Inestabilidad de tablero de ajedrez.

**Fuente:** El hombre y la máquina, pp. 76, 2015.

En diseño mecánico, la inestabilidad de tablero de ajedrez puede ocurrir cuando un objeto o estructura tiene un centro de gravedad elevado o cuando está sujeto a fuerzas que lo empujan en una dirección determinada, la posible causa de esta anomalía puede deberse al uso de elementos finitos rectangulares. La inestabilidad puede ser especialmente peligrosa en aplicaciones donde

se requiere una alta estabilidad, como pueden ser las estructuras de soporte de carga, los equipos de alta precisión o los vehículos.

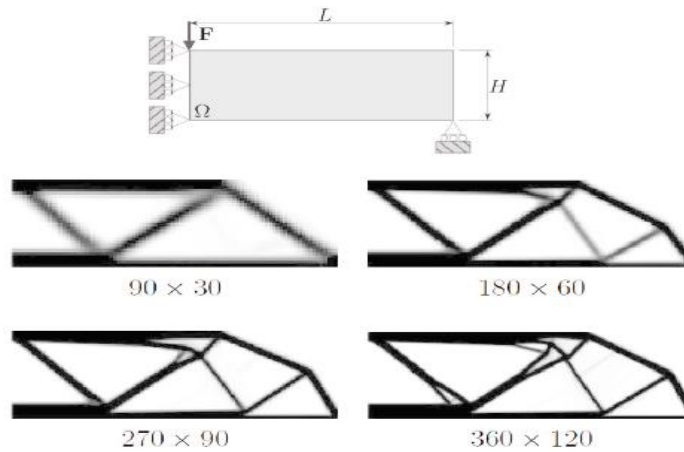
Para evitar la inestabilidad de tablero de ajedrez en el diseño mecánico, se deben considerar una serie de factores, como pueden ser la ubicación del centro de gravedad, la distribución de la carga, la rigidez y la resistencia de los materiales. También se pueden utilizar técnicas de análisis de simulación y pruebas de prototipos para evaluar y mejorar la estabilidad del diseño (Meza, Tamayo, Franco, 2015, pp. 76).

#### 2.2.6.2 Dependencia de la malla

La dependencia de la malla (también conocida como dependencia de la discretización) se refiere al fenómeno en el que las soluciones numéricas obtenidas mediante simulaciones por computadora dependen de la finura de la malla utilizada para discretizar el dominio de análisis. En otras palabras, la solución numérica puede variar significativamente cuando se utiliza una malla más gruesa o fina (Meza, Tamayo, Franco, 2015, pp. 76, 77).

La dependencia de la malla es un problema común en la simulación por computadora y puede tener consecuencias importantes en la precisión y la confiabilidad de los resultados. Por ejemplo, si la malla utilizada en una simulación es demasiado gruesa, puede producir una solución numérica que subestime el efecto de ciertos fenómenos físicos, como puede ser la turbulencia en un fluido. Si la malla es demasiado fina, la solución numérica puede ser computacionalmente costosa y requerir mucho tiempo de cómputo.

En la revista *“La máquina y el hombre”* los autores C. Meza, F. Tamayo y E. Franco nos dan un ejemplo ilustrado (Ilustración 2-7) en donde se aprecia el problema generado por la dependencia de malla, en donde se nos dice: *“el resultado obtenido para una viga apoyada en los extremos con una carga central y diferentes niveles de discretización del dominio. Se puede ver claramente la influencia sobre la solución final. Cuando la discretización es mayor, se obtienen topologías más complejas, con mayores bifurcaciones de material y agujeros entre las barras. Esto ocurre porque se tiene también mayor resolución en puntos donde la distribución de esfuerzos presenta más variaciones”*. La dependencia de la malla es un problema discutido por varios autores, dado que puede dificultar la obtención de una solución con utilidad práctica.



**Ilustración 2-7:** Efecto de la discretización en la topología final.

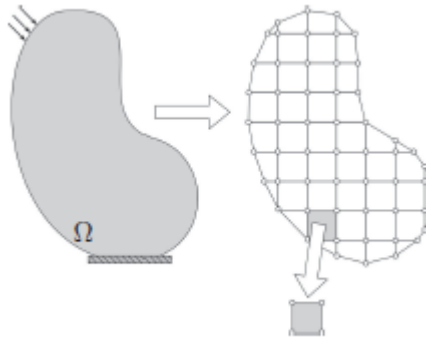
**Fuente:** El hombre y la máquina, pp. 77, 2015.

Para abordar la dependencia de la malla, se utilizan técnicas de refinamiento de malla, que buscan mejorar la precisión de la solución numérica mediante la utilización de mallas más finas en las regiones críticas del dominio. También se pueden utilizar técnicas de adaptación de malla, en las que se ajusta automáticamente la finura de la malla en función de los cambios en el dominio y las características de la solución numérica (Meza, Tamayo, Franco, 2015, pp. 77).

Es importante tener en cuenta que la dependencia de la malla es una limitación intrínseca de los métodos de simulación numérica y que siempre existe cierto grado de incertidumbre asociado a los resultados obtenidos mediante simulaciones por computadora. Por lo tanto, es importante realizar un análisis cuidadoso de los resultados y tener en cuenta las limitaciones de los métodos de simulación numérica al interpretar los resultados obtenidos.

### 2.2.6.3 Problema elástico (método de elementos finitos)

El problema elástico es uno de los problemas fundamentales que se resuelve mediante el método de elementos finitos. Se refiere a la solución de ecuaciones diferenciales elásticas que describen el comportamiento de un sólido deformable sometido a cargas externas. En este problema, se considera un sólido deformable que se somete a fuerzas externas. El objetivo es determinar la distribución de deformaciones y tensiones en el sólido en respuesta a estas fuerzas. Este problema se puede resolver matemáticamente utilizando la teoría de la elasticidad.



**Ilustración 2-8:** Problema elástico.

Realizado por: Meza C, 2012.

El método de elementos finitos se utiliza para aproximar la solución del problema elástico. El sólido se divide en una serie de pequeños elementos, cada uno de los cuales se modela como una estructura simple que se puede analizar utilizando las ecuaciones de la teoría de la elasticidad. El sistema de ecuaciones lineales que se obtiene en el problema elástico es de la forma:

$$Ku = f_1$$

donde  $u$  y  $f$  son los desplazamientos y fuerza de externas nodales, respectivamente  $K$ , como lo hemos visto, es la matriz de rigidez global, la cual está dada por la suma coherente de cada matriz de rigidez propia de cada elemento:

$$K^e = \sum K_i^e \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \dots, N$$

donde "N" representa el número actual de elementos finitos empleados para discretizar la región. La matriz de rigidez de cada elemento se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$K^e = \int_{\Omega} B^T D B d\Omega$$

donde "D" corresponde a la matriz de propiedades del material, que hace referencia al esfuerzo plano. "B" se refiere a la matriz de derivadas de las funciones de forma, y " $\Omega$ " representa el dominio de diseño (Meza Valencia, 2012, pp. 18).

En el método de elementos finitos, se resuelven las ecuaciones de la teoría de la elasticidad para cada elemento de la malla. Estas soluciones se combinan para obtener una solución global que

representa la distribución de deformaciones y tensiones en el sólido completo. Se utilizan técnicas numéricas, como el método de Galerkin, para aproximar la solución.

## **2.2.7 Análisis de esfuerzos**

### **2.2.7.1 Deformación**

La deformación se refiere al cambio en la forma, tamaño o con la ilustración de un objeto o material debido a la aplicación de fuerzas externas o internas. En el ámbito de la física, la deformación es un concepto esencial para explicar cómo los objetos reaccionan ante las fuerzas que actúan sobre ellos. La magnitud de la deformación se expresa a través de cantidades como la elongación, la compresión, la tensión o la compresión. Estas cantidades se relacionan con la fuerza aplicada y las propiedades del material, como su elasticidad, rigidez y resistencia (Hortigón B., et al., 2015, pp. 25).

Existen dos tipos principales de deformación: elástica y plástica.

#### **a) Deformación Plástica:**

La deformación plástica es un tipo de deformación en la cual un material experimenta un cambio permanente en su forma, incluso después de que se elimine la fuerza aplicada. A diferencia de la deformación elástica, en la cual el material recupera su forma original una vez que cesa la fuerza, la deformación plástica implica una reorganización interna de las estructuras del material. Durante la deformación plástica, las fuerzas aplicadas superan la capacidad del material para volver a su forma original y provocan la ruptura o deslizamiento de las estructuras atómicas o moleculares. Esto resulta en una deformación permanente en el material, y una vez que ocurre, no puede revertirse simplemente eliminando la fuerza (Astudillo Bautista, 2016, pp. 8).

La deformación plástica puede ocurrir en una variedad de materiales, incluyendo metales, plásticos, cerámicas y otros materiales sólidos. La capacidad de un material para experimentar deformación plástica depende de sus propiedades, como su ductilidad y su resistencia a la deformación.

La deformación plástica es un fenómeno importante en la ingeniería y la manufactura, ya que permite dar forma y moldear materiales para producir componentes y productos útiles. Se utiliza en procesos como la forja, la extrusión, el estiramiento, la laminación y la conformación en

general. También es importante considerar la deformación plástica al diseñar estructuras y componentes para garantizar su resistencia y capacidad de carga

*b) Deformación Elástica:*

La deformación elástica es un tipo de deformación en la cual un material experimenta un cambio temporal en su forma cuando se le aplica una fuerza, pero recupera su forma original una vez que se elimina la fuerza. En otras palabras, el material vuelve a su estado inicial sin sufrir deformación permanente.

Cuando se aplica una fuerza a un material elástico, este se deforma, ya sea estirándose, comprimiéndose o deformándose en alguna otra forma. Sin embargo, si la fuerza aplicada no excede el límite elástico del material, las estructuras internas del mismo se mantienen intactas y el material conserva su capacidad para recuperar su forma original una vez que se retira la fuerza. La relación entre la fuerza aplicada y la deformación resultante en un material elástico se conoce como ley de Hooke. Según esta ley, la deformación elástica es proporcional a la fuerza aplicada, siempre y cuando no se supere el límite o zona elástica del material. Si se supera ese límite, el material puede experimentar deformación plástica y sufrir cambios permanentes en su forma.

Es importante destacar que el límite o zona elástica corresponde a la región en la que, al eliminar la carga aplicada, el material retorna a su forma y tamaño originales. Esta zona presenta una relación lineal entre la tensión y la deformación. La pendiente en este tramo se denomina módulo de Young ( $E$ ) (Hortigón Fuentes, 2015, pp. 36).

$$E = \frac{\bar{\sigma}_z}{\varepsilon}$$

El punto donde la relación entre  $\bar{\sigma}_z$  y  $\varepsilon$  deja de ser lineal se denomina límite proporcional. Se le denomina límite elástico convencional ( $f_y$ ) al valor de la tensión donde se considera que termina la zona elástica (Hortigón Fuentes, 2015, pp. 36).

#### 2.2.7.2 *Desprendimiento*

Término "desprendimiento" se lo usa para referirse al fenómeno en el cual un objeto o una parte de un objeto se separa o se desprende de otro debido a la acción de fuerzas aplicadas sobre ellos. El desprendimiento puede ocurrir en diferentes situaciones, como en estructuras sometidas a

cargas externas, en uniones o conexiones entre componentes, o en superficies de contacto bajo la influencia de fuerzas de fricción.

Cuando se analiza el desprendimiento en un sistema de fuerzas, se busca determinar las condiciones en las cuales un objeto o una parte de un objeto se separa o se suelta de otro debido a la superación de una fuerza crítica o una combinación de fuerzas. Esto implica evaluar las magnitudes, direcciones y puntos de aplicación de las fuerzas involucradas, así como las propiedades de los materiales y las características geométricas de las estructuras.

El estudio del desprendimiento es relevante en diferentes campos de la ingeniería, como la mecánica estructural, la ingeniería civil, la aeronáutica y la mecánica de materiales, entre otros. Permite determinar la seguridad y estabilidad de las estructuras, prevenir fallas y garantizar un diseño adecuado y confiable.

#### 2.2.7.3 *Fractura*

En el contexto del análisis de fuerzas, una fractura se refiere a la separación o ruptura de un objeto o material debido a la aplicación de fuerzas que exceden su resistencia o capacidad de soporte. Una fractura implica la separación física de las partes del objeto, creando una discontinuidad en su estructura.

Las fracturas pueden ocurrir en diferentes materiales, como metales, cerámicas, plásticos, madera, entre otros, y pueden tener diversas formas y características dependiendo de la naturaleza del material y la forma en que se aplican las fuerzas.

Existen diferentes tipos de fracturas, entre ellos:

##### a) *Fractura frágil:*

Se produce cuando el material se rompe con poca o ninguna deformación plástica. Es característica de materiales frágiles, como algunos metales quebradizos o cerámicas. Las fracturas frágiles suelen ser abruptas y presentan bordes afilados.

##### b) *Fractura dúctil:*

Ocurre en materiales que tienen una mayor capacidad para deformarse plásticamente antes de romperse. Estos materiales pueden experimentar una deformación considerable antes de la

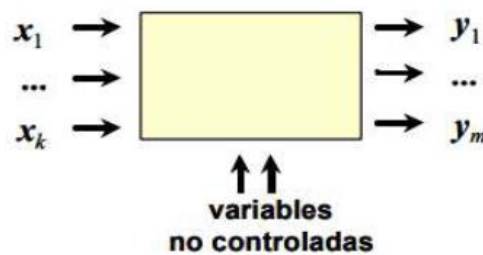


fractura, lo que resulta en una fractura más gradual y sin bordes afilados. Es típica de materiales dúctiles, como algunos metales y aleaciones.

### 2.2.8 *Diseño de experimentos*

El Diseño de Experimentos (DEE), es una metodología que implica realizar pruebas con cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso para comprender las causas de los cambios en la variable de salida. El DEE tiene como objetivos principales seleccionar la estrategia experimental óptima para obtener información con costos mínimos y evaluar los resultados experimentales para garantizar conclusiones confiables (Pozo, Aquino, Ordóñez, 2021, pp. 593).

Esta metodología se aplica a sistemas en los que hay variables dependientes (respuestas) que están influenciadas por variables independientes (factores) controlables, y posiblemente otras variables no controladas. La relación entre estas variables no necesita ser conocida (Pozo, Aquino, Ordóñez, 2021, pp. 593).



**Ilustración 2-9:** Representación de un sistema en estudio en DDE: factores (x), respuestas (y).

**Realizado por:** Pozo E., Aquino S., Ordóñez M., 2021.

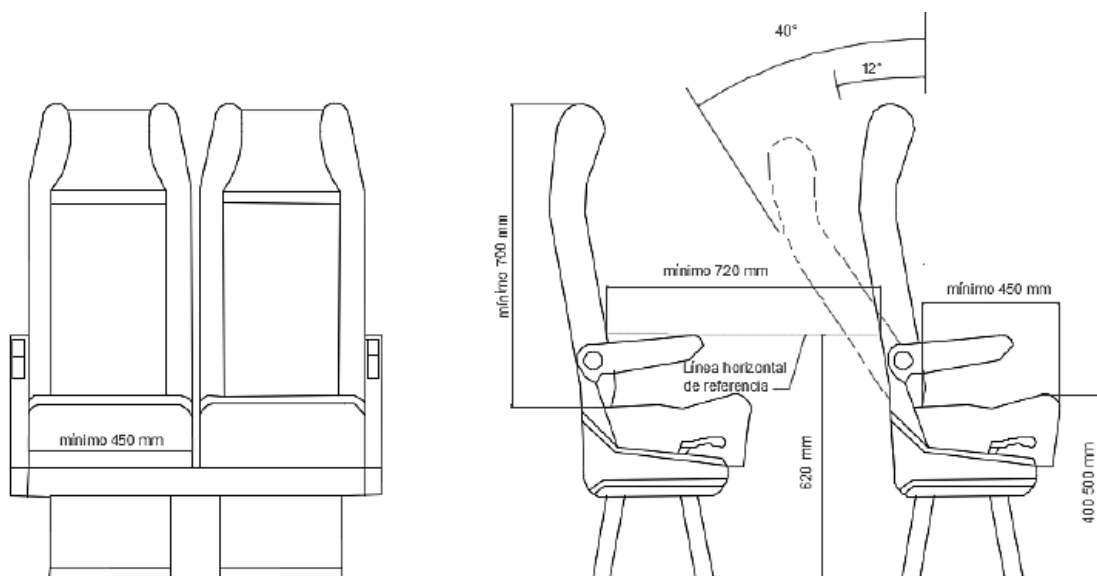
El DEE se utiliza en diferentes situaciones, como obtener conocimiento inicial sobre un nuevo sistema, determinar la influencia de los factores en las respuestas, optimizar las respuestas de calidad y evaluar la robustez del sistema ante variaciones no controladas en los factores (Pozo, Aquino, Ordóñez, 2021, pp. 593).

### 2.2.9 *Norma para la construcción y fabricación de asientos en Ecuador*

Para la acreditación y certificación de cualquier parte de un vehículo destinado a transporte debe estar regido bajo la norma NTE INEN 1668 “*VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTRA PROVINCIAL E INTRA PROVINCIAL*”, en dónde se

establecen los diferentes parámetros y requisitos que deben tener los asientos de pasajeros en los distintos tipos de carrocerías. Algunos de los criterios necesarios incluyen la sujeción permanente del asiento a la estructura del vehículo, posicionándolo a lo largo del eje de desplazamiento del vehículo con la dirección de avance o en sentido contrario. Es crucial tener en consideración los diseños originales de fábrica para evitar perturbar el equilibrio en la distribución de pesos en los ejes del vehículo. En la norma se establece que las carrocerías tendrán dos filas de dos asientos, en la última fila poseerán 5 asientos siempre y cuando no tengan baño incluido en la parte posterior, además, los asientos deben cumplir con las siguientes dimensiones (NTE INEN 1668):

- Profundidad mínima: 420 mm para buses intraprovinciales y 450 mm para buses intrarregionales e interprovinciales;
- Ancho libre mínimo del asiento: 400 mm para intraprovincial y 450 mm para intrarregional e interprovincial;
- Altura desde el piso a la base del asiento entre 400 mm y 500 mm;
- Distancia entre asientos medidas a una altura de 620 mm desde el piso con los asientos en posición normal, debe ser para bus interprovincial e intrarregional mínimo de 720 mm y para bus intraprovincial mínimo de 680 mm.
- Posiciones de reclinación mínima: dos, con un ángulo mínimo de  $12^\circ$  y  $30^\circ \pm 2^\circ$  para intraprovincial, y  $12^\circ$  y  $40^\circ \pm 2^\circ$  para interprovincial e intrarregional.
- Altura total del respaldo del asiento incluido el apoyacabeza: mínima 700 mm.



**Ilustración 2-10:** Asientos de los pasajeros para bus intrarregional e interprovincial.

Fuente: NTE INEN 1668.

### **2.2.10 Norma aplicada para verificar resistencia de los asientos (ensayos)**

La norma que establece los requisitos y describe los métodos de ensayo para la determinación de resistencia de los asientos y sus anclajes dentro del país es la norma NTE INEN 2708, la cual lleva el título “*VEHÍCULOS AUTOMOTORES. ASIENTOS DE VEHÍCULOS DE GRANDES DIMENSIONES PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS. RESISTENCIA DE LOS ASIENTOS Y DE SUS ANCLAJES. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO*”. Esta norma se aplica para los asientos de pasajeros en vehículos de categoría  $M_2$  y  $M_3$ , de las clases II y III.

### **2.2.11 Reglamento N.- 14 de CEPE (Comisión Económica Para Europa)**

El Reglamento 14 de CEPE define las directrices y fuerzas que deben ser aplicadas a los asientos que serán equipados con cinturones de seguridad de dos y tres puntos. Estos parámetros estipulan que las cargas deben ser aplicadas a la estructura en la parte trasera de los asientos y a una altura específica. Las magnitudes de estas cargas variarán de acuerdo con el tipo de cinturón bajo evaluación y la categoría del vehículo sujeto a evaluación. En el caso particular de autobuses, se establecen cargas de 6400 N para cinturones de dos puntos, mientras que para cinturones de tres puntos, debe añadirse una carga adicional de 4500 N (Córdova Aldas, 2017, pp.32).

### **2.2.12 Máquina Universal De Ensayo**

Una máquina universal de ensayo es un dispositivo utilizado para realizar pruebas mecánicas en materiales y componentes. A este dispositivo se le puede llamar máquina de ensayo universal o máquina de prueba universal, la cual es una herramienta fundamental en el campo de la ingeniería y la ciencia de materiales.

El diseño básico de una máquina universal de ensayo consta de una estructura de acero resistente que aloja una serie de componentes. Estos componentes incluyen un sistema de carga, que puede ser hidráulico, neumático o eléctrico, y un conjunto de mordazas o agarres que sujetan el material de prueba. Las máquinas más modernas pueden incluir sensores de fuerza, desplazamiento y deformación para medir y registrar las respuestas del material durante la prueba.



**Ilustración 2-11:** Máquina Universal de Ensayo.

**Realizado por:** Astudillo Fausto, 2016.

En el contexto de las pruebas realizadas a los asientos de autobús, el objetivo principal de la máquina universal de ensayo es evaluar y garantizar la resistencia y durabilidad de los asientos. Estas pruebas son importantes para garantizar la seguridad y comodidad de los pasajeros durante los viajes. Entre las pruebas más frecuentes que se realizan en los asientos de autobús utilizando una máquina universal de ensayo incluyen:

1. Prueba de resistencia a la carga.
2. Prueba de fatiga.
3. Prueba de impacto.
4. Prueba de desgaste y resistencia a la abrasión.
5. Prueba de resistencia a la combustión

La máquina universal de ensayo se usa para aplicar las cargas y fuerzas específicas requeridas para cada prueba, y se registran los datos correspondientes, como la carga aplicada, el desplazamiento y las deformaciones resultantes. Estos datos ayudan a evaluar la calidad y la seguridad del asiento y realizar mejoras en el diseño y fabricación.

### ***2.2.13 Simulación de pruebas estáticas***

En esta sección, se explica lo que establece la norma NTE INEN 2708, la cual se enfoca en los vehículos diseñados para transportar a más de diez pasajeros diariamente (buses). Estos vehículos tienen asientos para pasajeros con una altura mínima de un metro, destinados a ser utilizados en posición hacia adelante. El requisito principal es que, en caso de una colisión a una velocidad de

30 km/h, los asientos deben retener a los pasajeros en la posición designada. Además, se establece que las cabezas de los maniquíes no deben moverse hacia adelante más de 1,6 metros. La norma también especifica que la aceleración de frenado debe mantenerse en un rango de 8 a 12 veces la aceleración de la gravedad (8-12 [g]) (Astudillo Bautista, 2016, pp.14).

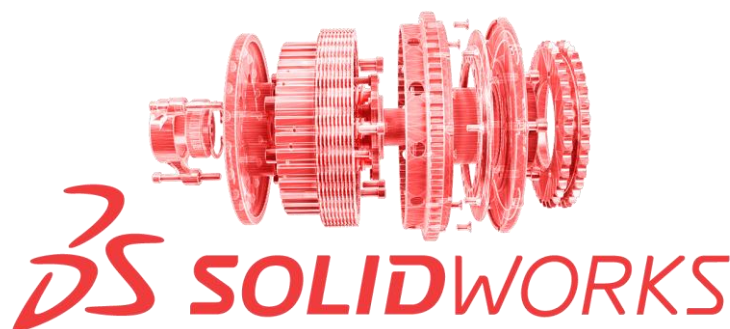


**Ilustración 2-12:** Estudio de impacto con la máquina de pruebas dinámicas.

**Realizado por:** Astudillo F., 2016.

## 2.2.14 Programas CAD/CAE

### 2.2.14.1 SolidWorks



**Ilustración 2-13:** Logo de SOLIDWORKS.

**Fuente:** Architectural and Engineering Computer Aided Design, 2023.

Durante más de 25 años, SolidWorks ha sido el estándar del sector en diseño e ingeniería y, en el departamento de CAD. SolidWorks es una aplicación intuitiva de diseño y desarrollo de productos

en 3D que se utiliza para conceptualizar, crear, validar, comunicar, gestionar y transformar ideas en diseños de productos. SolidWorks es una herramienta muy popular en la ingeniería mecánica y en la industria manufacturera debido a su facilidad de uso y a su amplia gama de herramientas y funcionalidades. SolidWorks permite a los usuarios crear modelos en 3D de piezas y ensamblajes, realizar simulaciones de movimiento y análisis de tensiones, generar planos de fabricación y mucho más. Además, SolidWorks se integra con otras herramientas de software, como LabVIEW y SolidWorks Simulation, para ofrecer soluciones de diseño y simulación más completas. (Architectural and Engineering Computer Aided Design, 2023).

#### 2.2.14.2 ANSYS



**Ilustración 2-14:** Logo ANSYS.

**Fuente:** ANSYS, 2023.

ANSYS es un software de simulación de ingeniería utilizado en una amplia gama de industrias para el análisis y diseño de productos y sistemas. El software de ANSYS ofrece capacidades para realizar análisis estructurales, térmicos, fluidodinámicos, electromagnéticos y multifísicos, lo cual permite a ingenieros y diseñadores simular y predecir el comportamiento de sus productos y componentes antes de crear prototipos físicos. Esto ahorra tiempo y costos al optimizar el diseño y reducir la necesidad de pruebas y ajustes en el mundo real.

ANSYS ofrece una variedad de herramientas y módulos que cubren diversas áreas de la ingeniería, como el análisis de elementos finitos, la dinámica de fluidos computacional (CFD), la electromagnética y la simulación de sistemas electrónicos, entre otros. Es ampliamente utilizado en la industria automotriz, aeroespacial, energética, electrónica y muchas otras disciplinas de ingeniería.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Nivel o tipo de estudio

##### 3.1.1 *Descriptivo*

El nivel de investigación será descriptivo, debido a que se determina las características, propiedades y fenómenos del objeto de estudio, en nuestro caso un asiento de autobús interprovincial. El objetivo del trabajo es brindar una visión detallada y precisa de la situación de los asientos de buses interprovinciales en el país y las normas que regulan la fabricación de estos.

##### 3.1.2 *Exploratorio*

El nivel de investigación también será exploratorio debido a que, el tema de investigación es poco conocido en el país, además de esto, no ha tenido un estudio a profundidad. El objetivo principal es explorar y familiarizarse con el tema de la optimización topológica, así como, identificar preguntas de investigación que ayuden a generar hipótesis o teorías preliminares.

#### 3.2 Enfoque

##### 3.2.1 *Enfoque Cualitativo*

El estudio actual se fundamentó en la formulación de hipótesis que tienen como propósito abordar la cuestión planteada. Estas hipótesis se desarrollaron en función de las condiciones del entorno que nos rodea, con el objetivo de brindar beneficios, tanto a la industria de fabricación de carrocería, así como a los individuos de nuestra comunidad. Para validar la investigación realizada, es factible comparar los resultados obtenidos entre el diseño original y el diseño optimizado.

##### 3.2.2 *Enfoque Cuantitativo*

La utilización de métodos numéricos desempeñará un papel crucial en la resolución de las variables propuestas, al igual que en la verificación y autenticación de los resultados generados por los programas de software. Asimismo, tendrá un papel significativo en el análisis de

elementos finitos y su correlación con la norma INEN 2708 mediante la creación de tablas para la validación.

### **3.3 Modalidad básica de la investigación**

#### **3.3.1 De campo**

Nuestro estudio se basará en el área de la industria carrocera específicamente en la estructura del asiento de un bus interprovincial.

*Preexperimental:* se implementarán los programas CAD y CAE para elaborar el diseño del asiento y posteriormente realizar simulaciones.

*Cuasiexperimental:* se construirá un modelo en un software específico, donde se definirán los parámetros que guiarán el diseño de los asientos, como las fuerzas aplicadas, la generación de mallas y la elección del material.

*Experimental Verdaderos:* una vez establecidos los criterios del modelo de asiento interprovincial, se procederá a simular el diseño utilizando el método de elementos finitos.

#### **3.3.2 Bibliográfico**

La revisión de diversos estudios, así como publicaciones de alto impacto relacionados con nuestro tema nos permitió ahondar en las ideas planteadas. La información ocupada en el estudio fue encontrada en tesis y en reconocidas revistas científicas de la biblioteca virtual, lo que asegura su calidad investigativa. Además, los artículos digitales fueron una valiosa herramienta para encontrar la teoría que fundamenta nuestro tema. Las normas establecidas nos servirán como guía para determinar valores estandarizados en nuestro país.

### **3.4 Población y muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población para objeto de estudio abarcará el ámbito del transporte interprovincial e intraprovincial, dado que comparten estructuras de asientos similares en sus vehículos. Con ese



propósito, se recopilará la cantidad de carrocerías fabricadas durante el año 2022 en las categorías de transporte interprovincial e intraprovincial.

**Tabla 3-1:** Carrocerías fabricadas en Ecuador durante 2022.

<b>Mes</b>	<b>Tipo de carrocería</b>	
	<b>Interprovincial</b>	<b>Intraprovincial</b>
Enero	4	2
Febrero	9	6
Marzo	17	1
Abril	34	5
Mayo	21	7
Junio	18	5
Julio	24	7
Agosto	18	19
Septiembre	27	11
Octubre	43	17
Noviembre	23	15
Diciembre	24	13
<b>Total</b>	<b>262</b>	<b>108</b>
	<b>370</b>	

Fuente: ANT

Realizado por: Chiza N., 2023

### 3.4.2 Muestra

Para llevar a cabo la investigación, se adquirieron los planos de un asiento utilizado en autobuses interprovinciales fabricados por la empresa "AMERICAN". Estos planos fueron obtenidos de la tesis realizada por el Sr. Fausto Sebastián Astudillo Bautista, titulada "Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático según la Norma INEN 2708 de la estructura del asiento de transporte público interprovincial para verificar su conformidad en la empresa sistemas de asientos American".

### 3.5 Operacionalización de variables

#### 3.5.1 Variable independiente

**Tabla 3-2:** Variables independientes.

Parámetro	Variable
Magnitudes donde sus valores son estables durante todo el proceso, sus valores están condicionados a factores externos del problema	Masa
	Tiempo

Realizado por: Chiza N., 2023

#### 3.5.2 Variable dependiente

**Tabla 3-3:** Variables dependientes.

Parámetro	Variable	Análisis
Son valores que cambian durante el proceso de diseño	Propiedades de la sección del elemento	Momento de inercia y Torsión, área, etc.
	Geometría del elemento estructural	Espesor, longitud, altura, radios de entalle, etc.
	Topología del elemento estructural	Densidad del material, perímetro total, etc.
	Propiedades constitutivas	Módulo de elasticidad, coeficiente de poisson, etc.

Realizado por: Chiza N., 2023.

### 3.6 Recolección de la información

A través de un análisis documental exhaustivo que abarcó diversos estudios presentes en artículos digitales que abordan la teoría de la topología, así como en revistas científicas de reconocido prestigio y publicaciones de seminarios especializados, se procedió a procesar y comparar los

resultados obtenidos de varios ensayos realizados. El objetivo principal fue identificar y entender las características fundamentales, además de evaluar si se cumplen los parámetros estipulados en la norma INEN 2708.

### 3.7 Procesamiento y análisis

#### 3.7.1 Plan de desarrollo

**Tabla 3-4:** Fases para el desarrollo del tema.

<b>Fase</b>	<b>Proceso</b>
<b>Fase 1</b>	Búsqueda y selección del modelo de asiento.
<b>Fase 2</b>	Elaboración mediante un programa CAD la geometría del asiento.
<b>Fase 3</b>	Generación de la malla mediante software de la geometría del asiento para su posterior análisis estático por MEF.
<b>Fase 4</b>	Análisis de los resultados obtenidos en el programa de simulación.
<b>Fase 5</b>	Rediseño de la geometría del asiento, y su correspondiente simulación para determinar si el modelo cumple con la norma INEN 2708.

**Realizado por:** Chiza N., 2023.

#### 3.7.2 Plan de procesamiento de la información

En este estudio, la recopilación de información se llevó a cabo a través de la captura de datos provenientes de la simulación de la estructura del asiento. Para esta simulación, se elaboró el diseño utilizando un software de diseño asistido por computadora (CAD) y posteriormente se sometió a análisis mediante el método de elementos finitos durante las pruebas estáticas.

El proceso de recopilación, procesamiento y análisis de la información se desarrolló según los siguientes pasos:

- Se investigaron y examinaron reglamentos y estándares que regulan las pruebas de resistencia de la estructura del asiento en el contexto interprovincial.
- Se seleccionó y extrajo información esencial y específica para el estudio a partir de libros, publicaciones científicas o artículos relevantes.
- Utilizando el método de elementos finitos, se llevaron a cabo simulaciones con el propósito de analizar los esfuerzos que actúan en la estructura del asiento interprovincial.
- Mediante las simulaciones, se identificaron las partes o componentes relevantes de la estructura para poder aplicar una optimización topológica en la geometría del asiento.

- Se propuso una nueva geometría para el asiento, la cual se sometió a un análisis en el software correspondiente para verificar su conformidad con la normativa y los estándares.

Estos pasos se desarrollaron para lograr un enfoque completo y riguroso en la recolección de información y el análisis de la estructura del asiento interprovincial.

## CAPÍTULO IV

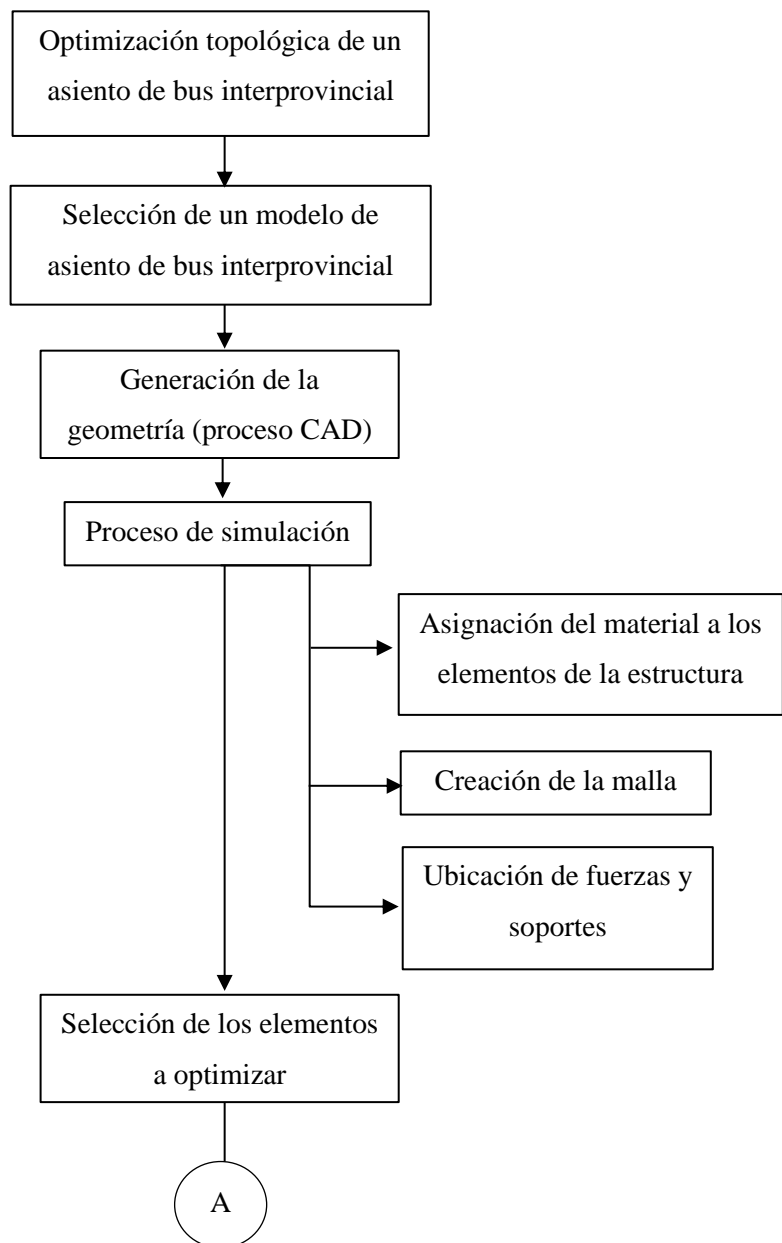
### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

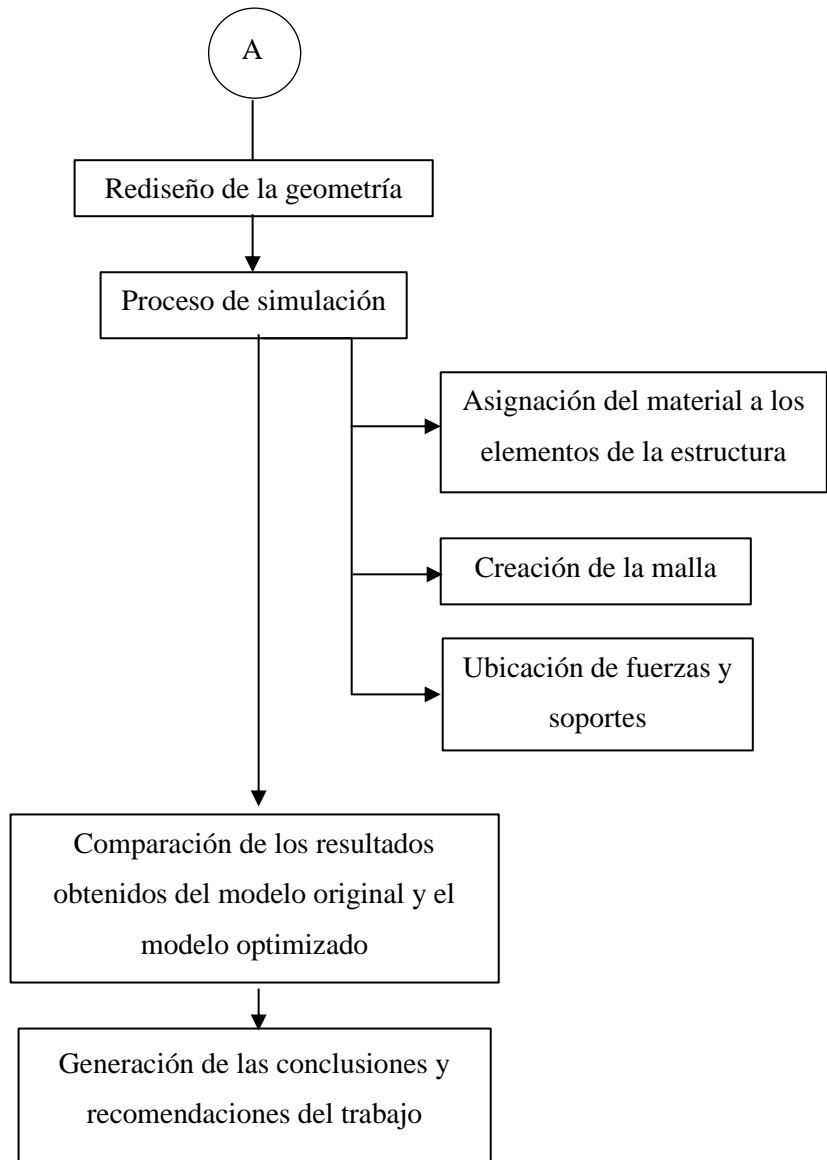
#### 4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1 Organigrama

El siguiente organigrama muestra de forma gráfica el proceso del trabajo de investigación

**Tabla 4-1:** Organigrama de procesos.





**Realizado por:** Chiza N., 2023.

## 4.2 Discusión

### 4.2.1 Proceso modelación 3D del asiento

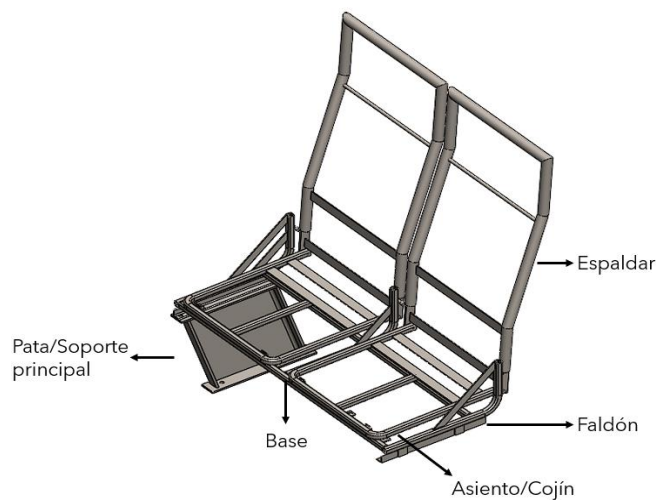
#### 4.2.1.1 Obtención geométrica del asiento

Para la obtención de la geometría del asiento fue necesario la ayuda de una herramienta de diseño CAD, se utiliza el software de SolidWorks, el cual permite realizar el trabajo en un corto tiempo, a comparación de realizarlo a mano bajo normas de dibujo técnico.

El modelo del cual se obtuvo la geometría pertenece a la empresa AMERICAN, la cual se dedica a crear carrocerías, así como las diferentes partes que la conforman, entre ellas los asientos, lo cual garantiza el cumplimiento de las distintas normativas de calidad y seguridad del país. El trabajo tendrá como objetivo desarrollar una correcta optimización topológica que beneficie a los fabricantes de carrocerías al contar con mejor modelo de asiento.

#### 4.2.1.1.1 Partes de la estructura del asiento de un bus interprovincial

Un asiento de autobús está conformado por varios elementos, los cuales tienen como objetivo soportar las diferentes cargas que actúan sobre la estructura; las partes que constituyen el asiento se detallan figura 4.1.



**Ilustración 4-1:** Partes de un asiento de bus interprovincial.

**Realizado por:** Chiza N., 2023.

#### 4.2.1.2 Preparación del modelo

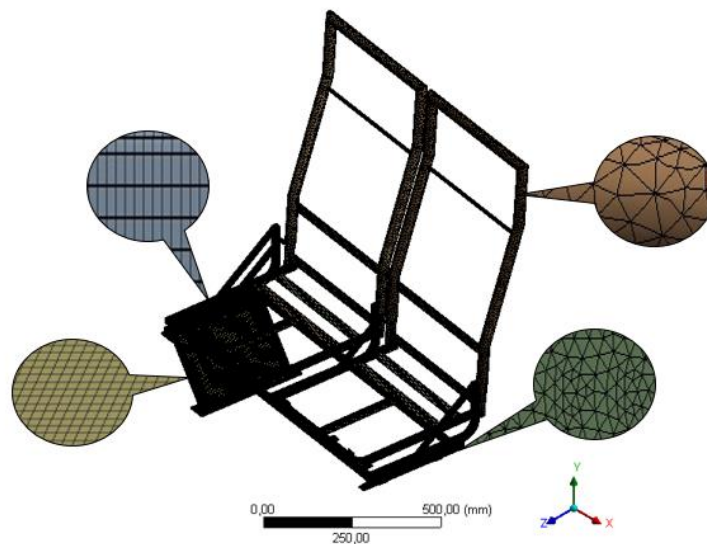
Una vez que se ha completado la geometría del asiento, se procede a importar esta geometría en un software CAD/CAE. En este caso particular, se usa el programa Workbench de ANSYS en el cual llevaremos a cabo un análisis de los esfuerzos a los que estará sometida la estructura del asiento. El propósito principal de este análisis es determinar las áreas que experimentan una mayor y una menor concentración de esfuerzos.

#### 4.2.2 Proceso de simulación

##### 4.2.2.1 Asignación de materiales

El material utilizado en la construcción de los asientos es el ASTM A36, por consiguiente, se utiliza este material para el diseño de la geometría, mientras que, para la simulación se optó en crear un perfil que cumpla con las características del material seleccionado.

##### 4.2.2.2 Mallado



**Ilustración 4-2:** Mallado del asiento.

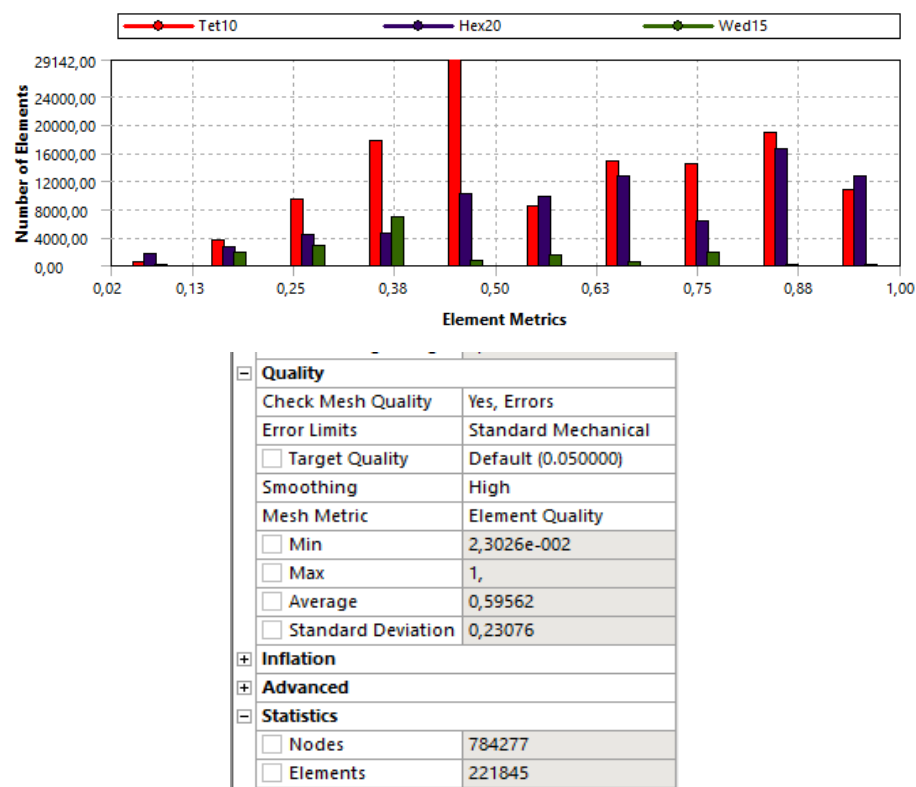
Realizado por: Chiza N., 2023.

Debido a la complejidad de la estructura se realizó diferentes tamaños en la malla, para poder obtener una calidad de malla global aceptable. Para el espaldar se ocupa el método “Body Sizing”



con un tamaño de malla de 10 mm y un tamaño por defecto de 1 mm, y en el comportamiento (Behavior) se cambió a “Hard”, esto para alivianar y evitar errores en el mallado global. Avanzando en el tema, se optó por mallar las demás partes del asiento bajo el mismo método, la pata del asiento se configura con un tamaño de malla de 4 mm, y un comportamiento “Hard”. Para la base del asiento y el asiento, se optó por una configuración similar al descrito anteriormente (mallado de la pata), pero con un tamaño de 3 y 5 mm respectivamente.

La calidad de malla se verifica a través de los valores que se obtienen en el “Mesh Metric” a través del método “Element Quality”, el cual debe tener valores cercanos a uno. La malla global está conformada por 784277 nodos en los 221845 elementos, los cuales conforman los 58 cuerpos de la estructura global.



**Ilustración 4-3:** Calidad y configuración del mallado global.

Realizado por: Chiza, N.

#### 4.2.2.3 Cargas y apoyos

Las cargas y apoyos aplicados sobre el asiento se las estableció mediante las indicaciones del ensayo estático de la norma NTE INEN 2708, en donde se describe:

*Anclajes:* Mediante un sistema de fijación (pernos, suelda, etc.), se debe fijar las partes de la estructura que van a ser sometidas a los ensayos.

*Cargas:* Se aplicará una fuerza  $F$  en la parte posterior y a una altura de establecida en la normativa en el apéndice 12.2.2.1.2, indicada como los puntos  $H_1$  y  $H_2$ . El fabricante determinó la altura exacta para cada caso, en donde tenemos  $H_1 = 950 \text{ mm}$  y  $H_2 = 370 \text{ mm}$ .

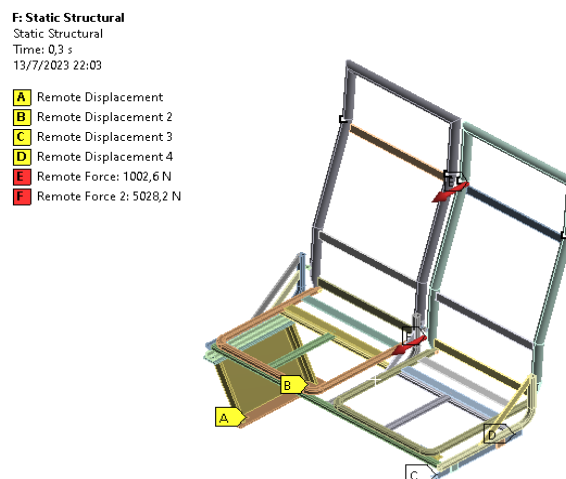
Las fuerzas  $F$  se determinaron mediante la siguiente formula dada en la norma en su apéndice 12.2.2.2:

$$F_1 = \frac{1000}{H_1} \pm 50 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{2000}{H_2} \pm 100 \text{ N}$$

Cabe aclarar que estas dos fuerzas se deben aplicar simultáneamente durante el ensayo.

*Tiempo:* La prueba contemplara una duración mínima de 0,2 segundos.



**Ilustración 4-4:** Configuración de anclajes y cargas sobre el asiento.

**Realizado por:** Chiza, N.,2023.

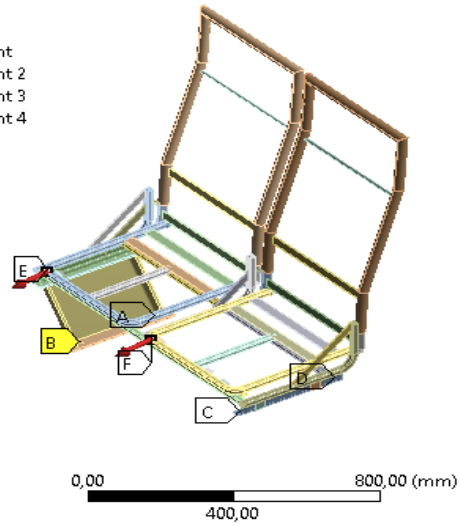
*Cargas para cinturones de seguridad:* Estas cargas se obtuvieron del “Reglamento N.- 14 de CEPE (Comisión Económica Para Europa)”, la cual establece que se debe aplicar una fuerza  $F$  en la parte posterior y a una altura de establecida en la normativa. Para autobuses las cargas son de

6400 N en cinturones de dos puntos, para cinturones de tres puntos se debe agregar otra carga en conjunto de 4500 N, estas cargas representan la fuerza que es generada por la pelvis y tórax sobre el asiento a la hora de un accidente.

**C: Cinturon 2 puntos**

C dos puntos  
Time: 0,3 s  
16/8/2023 14:05

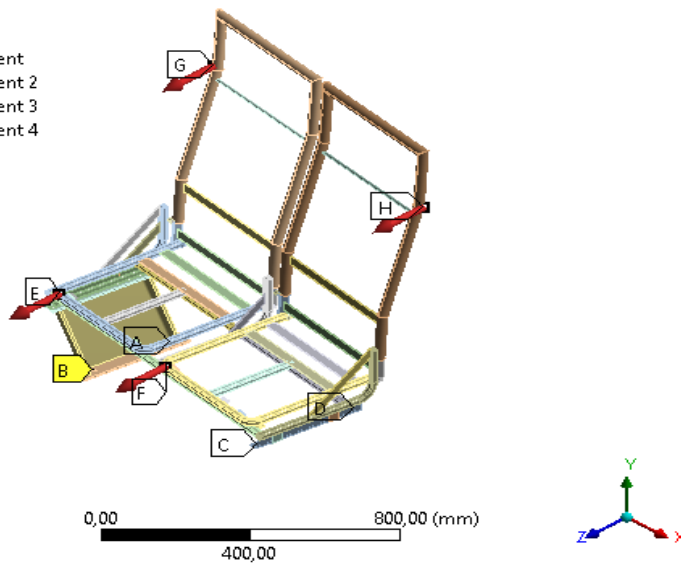
- A** Remote Displacement
- B** Remote Displacement 2
- C** Remote Displacement 3
- D** Remote Displacement 4
- E** Force: 6400, N
- F** Force 2: 6400, N



**D: Cinturon 3 puntos**

c tres puntos  
Time: 0,3 s  
16/8/2023 14:05

- A** Remote Displacement
- B** Remote Displacement 2
- C** Remote Displacement 3
- D** Remote Displacement 4
- E** Force: 6400, N
- F** Force 2: 6400, N
- G** Force 3: 4500, N
- H** Force 4: 4500, N



**Ilustración 4-5:** Configuración de anclajes y cargas para cinturón de dos y tres puntos.

Realizado por: Chiza N., 2023.

### 4.2.3 Análisis post simulación

#### 4.2.3.1 Análisis de deformaciones

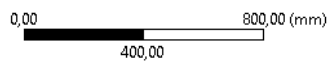
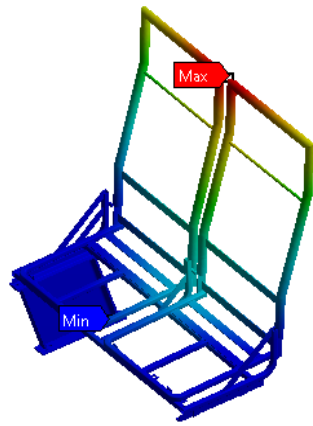
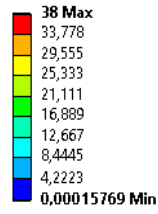
Tras correr la simulación se obtuvieron los siguientes resultados para las deformaciones en los tres ejes a las distintas cargas a las que se sometió el asiento:

**Tabla 4-2:** Resultados de las deformaciones.

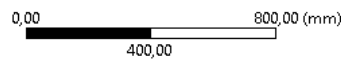
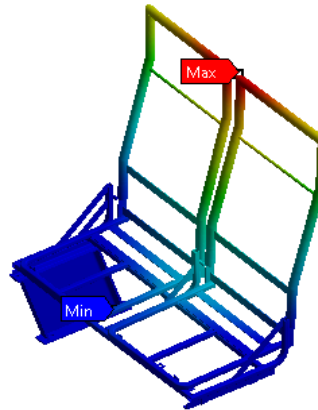
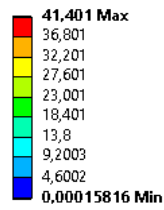
<b>Deformaciones</b>		
<b>F. Inferior</b>		
<b>X</b>	7.14	mm
<b>Y</b>	15.24	mm
<b>Z</b>	34.57	mm
<b>Total</b>	38	mm
<b>F. Superior</b>		
<b>X</b>	7.52	mm
<b>Y</b>	16.53	mm
<b>Z</b>	37.74	mm
<b>Total</b>	41.4	mm
<b>Cinturón dos puntos</b>		
<b>X</b>	10.6	mm
<b>Y</b>	8.58	mm
<b>Z</b>	11.25	mm
<b>Total</b>	22.94	mm
<b>Cinturón tres puntos</b>		
<b>X</b>	20.39	mm
<b>Y</b>	87.21	mm
<b>Z</b>	241.21	mm
<b>Total</b>	249.25	mm

Realizado por: Chiza N., 2023.

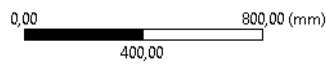
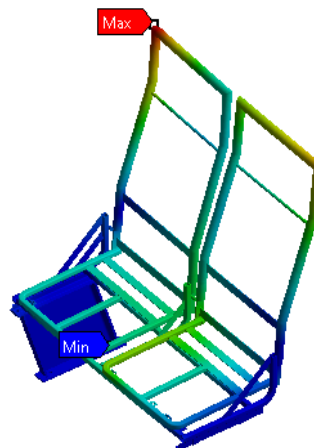
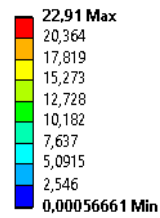
**A: Minima**  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:38

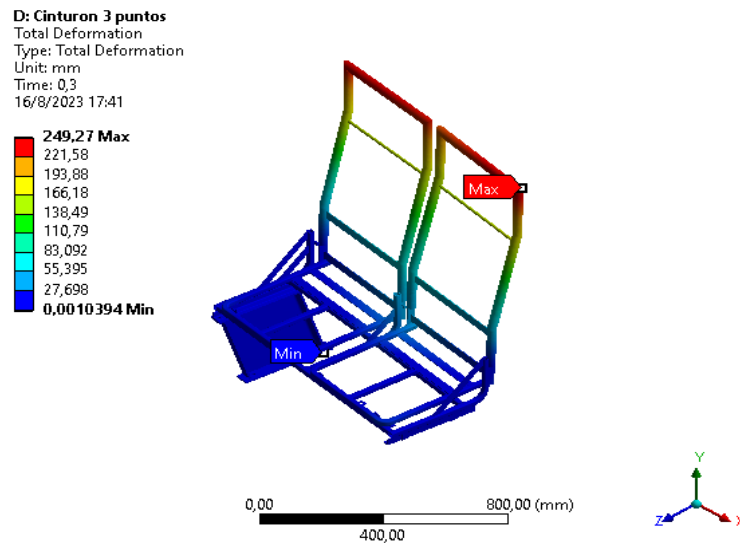


**B: Maxima**  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:39



**C: Cinturon 2 puntos**  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:40





**Ilustración 4-6:** Resultado de las deformaciones.

Realizado por: Chiza N., 2023.

#### 4.2.3.2 Análisis de esfuerzos

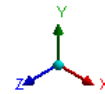
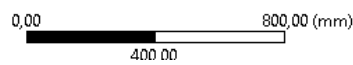
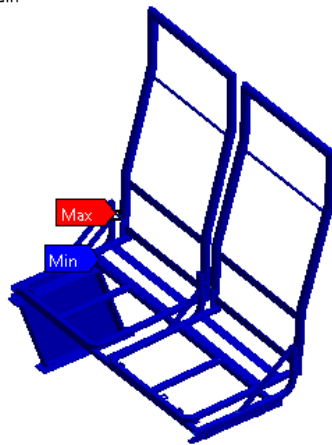
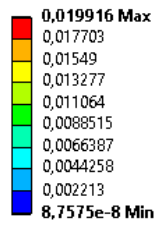
Además de las deformaciones, el programa arroja los valores de los equivalentes elásticos y de tensión.

**Tabla 4-3:** Resultados de los esfuerzos.

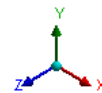
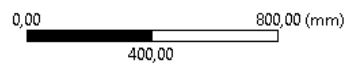
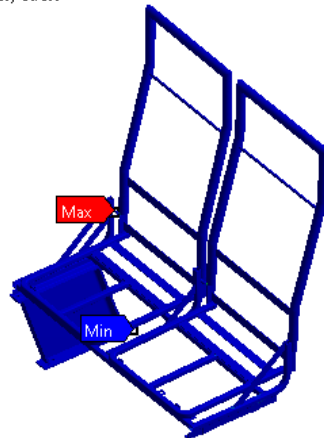
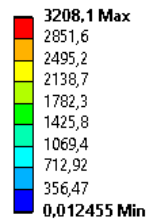
<b>Esfuerzos</b>		
<b>F inferior</b>		
E. Elástica	0.02	mm/mm
E. Tensión	3208.1	MPa
<b>F superior</b>		
E. Elástica	0.02	mm/mm
E. Tensión	3420.9	MPa
<b>Cinturón dos puntos</b>		
E. Elástica	0.03	mm/mm
E. Tensión	5373.2	MPa
<b>Cinturón tres puntos</b>		
E. Elástica	0.10	mm/mm
E. Tensión	17084	MPa

Realizado por: Chiza N., 2023.

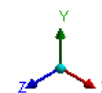
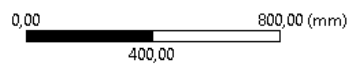
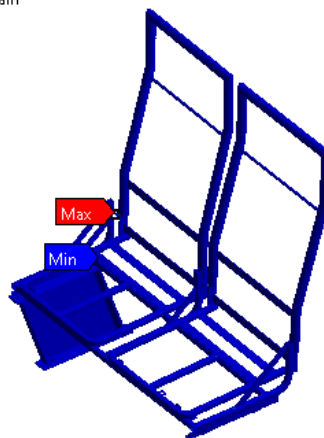
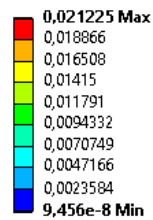
**A: Minima**  
 Equivalent Elastic Strain  
 Type: Equivalent Elastic Strain  
 Unit: mm/mm  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:47



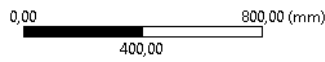
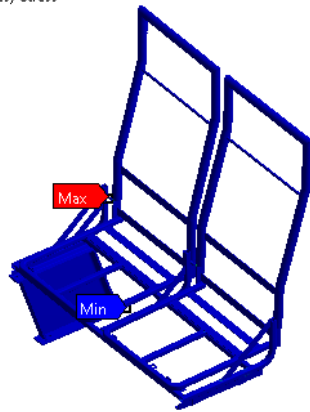
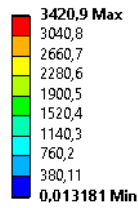
**A: Minima**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:48



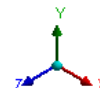
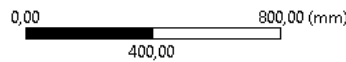
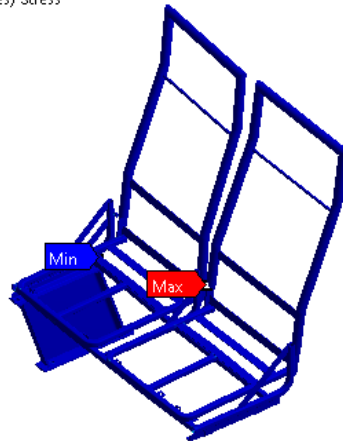
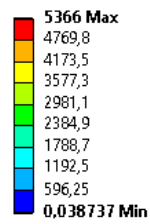
**B: Maxima**  
 Equivalent Elastic Strain  
 Type: Equivalent Elastic Strain  
 Unit: mm/mm  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:49



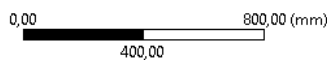
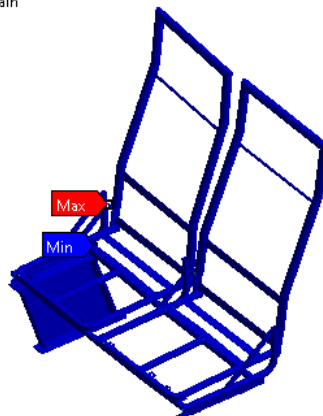
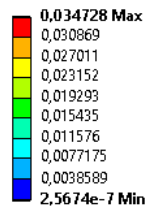
**B: Maxima**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:49



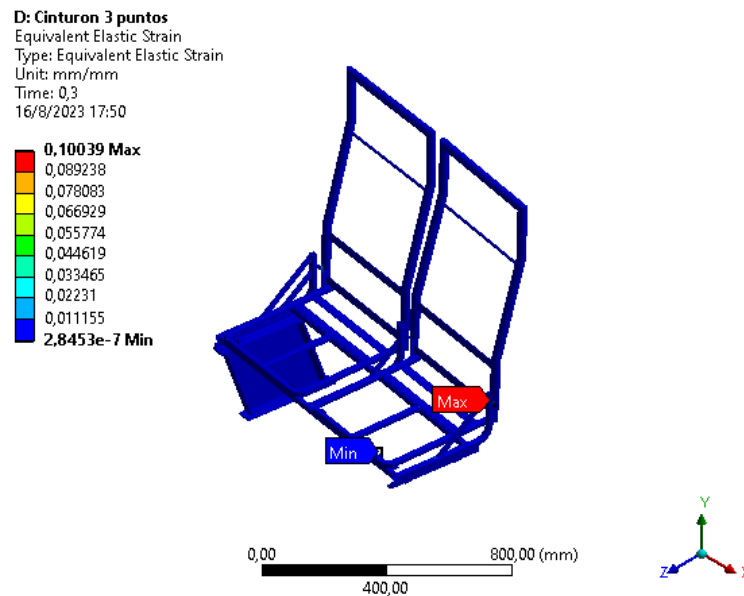
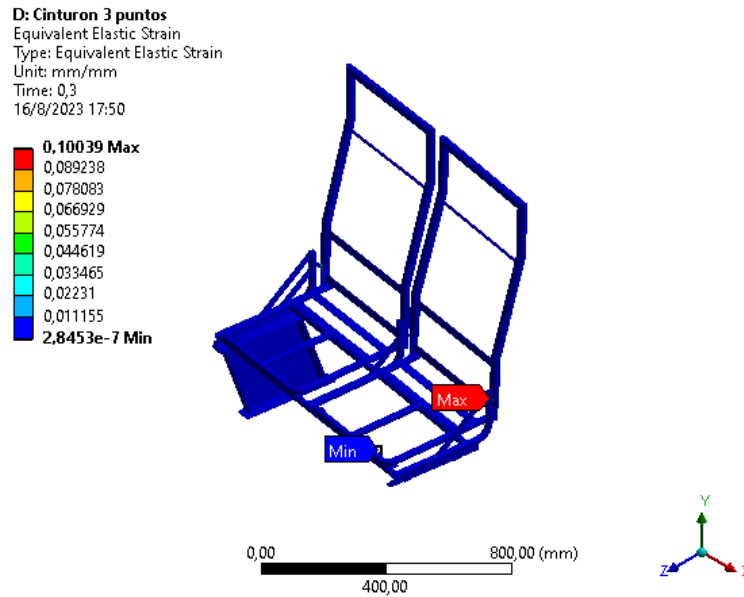
**C: Cinturon 2 puntos**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:50



**C: Cinturon 2 puntos**  
 Equivalent Elastic Strain  
 Type: Equivalent Elastic Strain  
 Unit: mm/mm  
 Time: 0,3  
 16/8/2023 17:50







**Ilustración 4-7:** Resultado de los esfuerzos.

**Realizado por:** Chiza N., 2023.

#### 4.2.3.3 *Análisis entre el cinturón de dos y tres puntos*

Con los datos obtenidos se puede observar que el cinturón de dos puntos presenta una menor deformación, como se sabe este tipo de cinturón utiliza una correa ajustable que solo atraviesa la cintura o torso, lo cual no puede contener el torso completo, los hombros, la cabeza o el cuello durante un posible accidente. Esto se ve reflejado en la fuerza externa aplicada sobre el asiento, lo cual es la representación de la escasa sujeción de las personas con estos cinturones.

En el caso del cinturón de tres puntos pose un valor superior de deformación a comparación del de dos, dado que el cinturón de tres puntos utiliza dos correas ajustables que se extienden desde el hombro, atraviesa el pecho y termina junto a la cadera, lo cual hace que la fijación de las personas sea superior, esto se ve reflejado en las fuerzas externas que interactúan con el asiento. Así cuando se presenta un accidente estos cinturones ayudan a extender la energía del cuerpo en movimiento a través de tres puntos los que son hombros, tórax y pelvis.

Con estas consideraciones, el cinturón de dos puntos puede ser usado en un bus a partir de la segunda fila hacia la parte posterior, debido a que, si sucede un impacto, al contar con un asiento por delante el pasajero puede sostenerse de este y mejorar su posición original. Mientras que el cinturón de tres puntos puede ser muy útil en asientos ubicados en la primera fila, por su alta fijación del ocupante al asiento, ya que al no contar con un asiento por delante los impactos pueden ser fatales.

#### 4.2.3.4 Normativa utilizada para la validación de resultados obtenidos en la simulación del asiento de bus interprovincial

Para la correcta revisión de la norma INEN 2708 se crea la tabla 4-2, en donde se verifica el cumplimiento de los diferentes criterios de evaluación de la norma en su apéndice número 12.

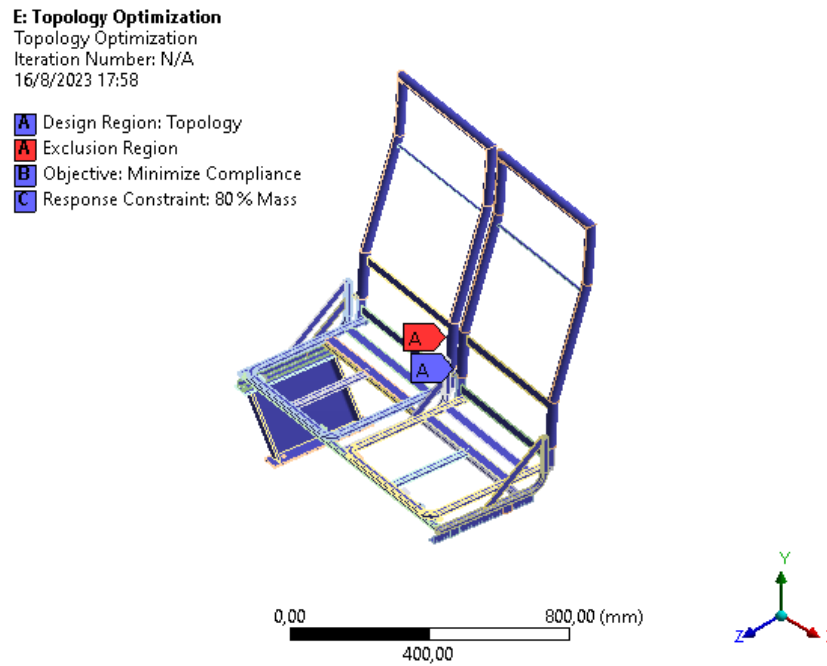
**Tabla 4-4:** Validación de resultados bajo la norma NTE INEN 2708.

Norma	Criterio de aceptación	Cumple Si/No	Observación
<b>NTE INEN 2708</b>	Criterio de aceptación 12.1.2, no sobrepase los 400 mm.	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.3.1, no sobrepase los 100 mm.	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.3.2, no sobrepase los 50 mm	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.4.1, no se desprende	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.4.3, no se fractura	Si	

Realizado por: Chiza, N., 2023.

#### 4.2.4 Optimización topológica

Para el proceso de optimización topológica se lo realizara mediante la herramienta de “Topology Optimization”, para este análisis se debe partir de los resultados de las anteriores simulaciones, para que el programa designe la zona a optimizar en base al porcentaje que se desee reducir la masa.



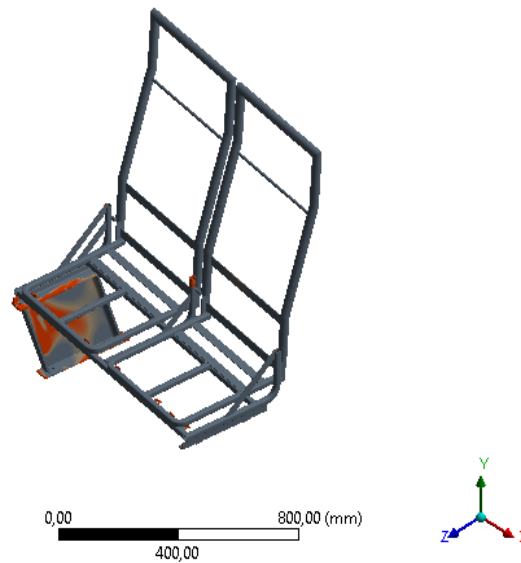
**Ilustración 4-8:** Parámetros para la optimización topológica.

**Realizado por:** Chiza N., 2023.

Para el proceso de optimización el programa basa la solución en el método de densidades, e itera las posibles soluciones hasta cumplir el objetivo propuesto el cual es reducir la masa, este proceso nos arroja el siguiente resultado, el cual se muestra en la ilustración 4-9.

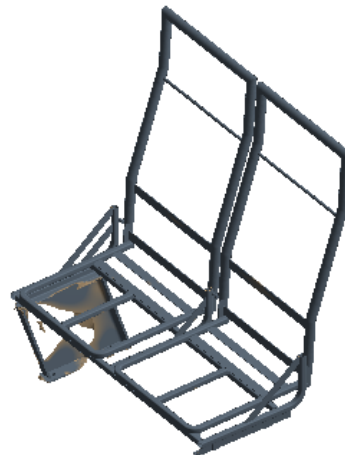
**E: Topology Optimization**  
Topology Density  
Type: Topology Density  
Iteration Number: 6  
16/8/2023 18:06

Remove (0.0 to 0.4)  
Marginal (0.4 to 0.6)  
Keep (0.6 to 1.0)



**Ilustración 4-9:** Parámetros de la optimización topológica.

**Realizado por:** Chiza N., 2023.



**Ilustración 4-10:** Resultados de la optimización topológica.

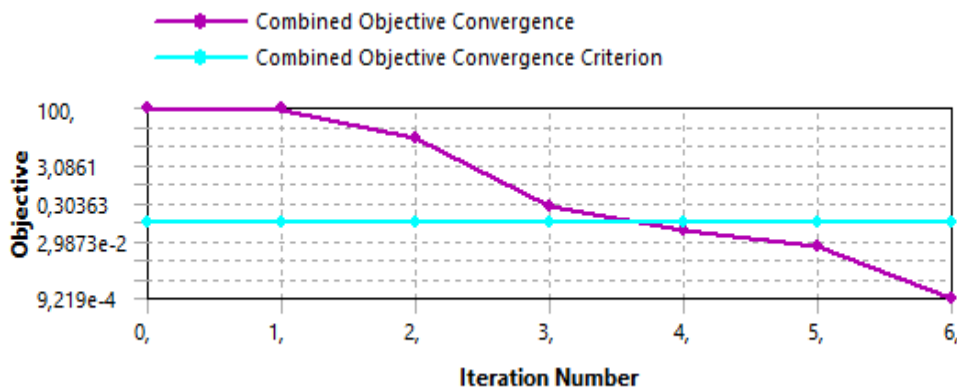
**Realizado por:** Chiza N., 2023.

En este análisis el programa propone eliminar la parte roja de parte la estructura, mientras que la parte en café se puede interpretar como la posibilidad de reducir el espesor del material. Como se mencionó el programa trabajo por el método de densidades, el resultado fue producto de 6 iteraciones las cuales se muestran en la tabla y la ilustración la cual muestra el comportamiento de las iteraciones hasta llegar al objetivo propuesto por la optimización.

**Tabla 4-5:** Iteraciones hasta la convergencia de la optimización topológica.

Iteraciones	Mínimo	Máximo	Promedio
1	0.8	1	0.82538
2	0.55275	1	0.90116
3	0.29313	1	0.90611
4	1.00E-03	1	0.90477
5	1.00E-03	1	0.90382
6	1.00E-03	1	0.9036

Realizado por: Chiza N., 2023.



**Ilustración 4-11:** Comportamiento del modelo en función de las iteraciones realizadas.

Realizado por: Chiza N., 2023.

#### 4.2.4.1 Diseño de experimentos

La aplicación del método de “Diseño de experimentos” es para la validación estadística del análisis y la optimización topológica realizada, de tal forma se logre establecer un análisis del impacto que posee el espesor de las distintas partes de la estructura del asiento, en función de la deformación realizada en la simulación.

**Tabla 4-6:** Selección de los espesores de las piezas a trabajar en base a catálogos.

Espesores de elementos			
Pata	Platina	Placa	Angulo
3	2	3	3
4	3	4	4
5	4		

Realizado por: Chiza N., 2023.

Los espesores elegidos para los perfiles se sacaron del catálogo de DIPAC, elegimos los perfiles más comerciales, y creamos las distintas combinaciones, para luego registrar los resultados que se obtienen en la simulación para su posterior análisis.

**Tabla 4-7:** Resumen de diseño.

Resumen de diseño			
Factores:	4	Réplicas:	1
Corridas base:	36	Total de corridas:	36
Bloques base:	1	Total de bloques:	1

Realizado por: Chiza N., 2023.

**Tabla 4-8:** Análisis por el método de diseño de experimentos.

Combinación	Espesores de elementos				Análisis de esfuerzos		
	Pata	Placa	Platina	Ángulo	Deformación (mm)	Elástica (mm/mm)	Tensión (MPa)
Combinación 1	3	3	2	3	52.084	0.027882	4797
Combinación 2	3	3	2	4	51.864	0.027791	4779.5
Combinación 3	3	3	3	3	51.12	0.027553	4741.3
Combinación 4	3	3	3	4	50.898	0.027463	4723.7
Combinación 5	3	3	4	3	50.245	0.027104	4665.2
Combinación 6	3	3	4	4	50.026	0.027016	4647.8
Combinación 7	3	4	2	3	51.783	0.027862	4784.5
Combinación 8	3	4	2	4	51.568	0.027769	4767.5
Combinación 9	3	4	3	3	50.817	0.027533	4728.9
Combinación 10	3	4	3	4	50.602	0.027441	4711.8
Combinación 11	3	4	4	3	49.944	0.027087	4653.2
Combinación 12	3	4	4	4	49.731	0.026997	4636.3
Combinación 13	4	3	2	3	51.962	0.027873	4791.5
Combinación 14	4	3	2	4	51.744	0.027781	4774.3
Combinación 15	4	3	3	3	50.997	0.027544	4735.8
Combinación 16	4	3	3	4	50.779	0.027453	4718.5
Combinación 17	4	3	4	3	50.124	0.027096	4659.9
Combinación 18	4	3	4	4	49.907	0.027007	4642.8
Combinación 19	4	4	2	3	51.704	0.027853	4780.8
Combinación 20	4	4	2	4	51.491	0.027761	4764
Combinación 21	4	4	3	3	50.737	0.027525	4725.2
Combinación 22	4	4	3	4	50.524	0.027434	4708.4

<b>Combinación 23</b>	4	4	4	3	49.866	0.02708	4649.6
<b>Combinación 24</b>	4	4	4	4	49.654	0.02699	4633
<b>Combinación 25</b>	5	3	2	3	51.887	0.027862	4787.8
<b>Combinación 26</b>	5	3	2	4	51.671	0.027771	4770.8
<b>Combinación 27</b>	5	3	3	3	50.921	0.027533	4732.2
<b>Combinación 28</b>	5	3	3	4	50.705	0.027443	4715.1
<b>Combinación 29</b>	5	3	4	3	50.048	0.027086	4656.3
<b>Combinación 30</b>	5	3	4	4	49.834	0.026998	4639.5
<b>Combinación 31</b>	5	4	2	3	51.645	0.027844	4777.9
<b>Combinación 32</b>	5	4	2	4	51.434	0.027752	4761.2
<b>Combinación 33</b>	5	4	3	3	50.678	0.027516	4722.3
<b>Combinación 34</b>	5	4	3	4	50.466	0.027425	4705.6
<b>Combinación 35</b>	5	4	4	3	49.807	0.027071	4646.8
<b>Combinación 36</b>	5	4	4	4	49.596	0.026982	4630.3

Realizado por: Chiza N., 2023.

En base a la tabla de las combinaciones se realiza el análisis estadístico, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 4-9:** Análisis de varianza.

<b>Análisis de varianza</b>					
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>Modelo</b>	19	215,070	11,319	5344285,38	0,000
<b>Lineal</b>	6	215,014	35,836	16919162,01	0,000
<b>PATA</b>	2	0,1672	0,0836	394659,54	0,000
<b>PLACAS</b>	1	0,6318	0,6318	2982735,87	0,000
<b>PLATINAS</b>	2	202,854	101,427	47886827,41	0,000
<b>ANGULO</b>	1	0,4171	0,4171	1969262,30	0,000
<b>Interacciones de 2 términos</b>	13	0,0056	0,0004	2034,63	0,000
<b>PATA*PLACAS</b>	2	0,0055	0,0028	13005,77	0,000
<b>PATA*PLATINAS</b>	4	0,0000	0,0000	3,74	0,025
<b>PATA*ANGULO</b>	2	0,0000	0,0000	56,79	0,000
<b>PLACAS*PLATINAS</b>	2	0,0000	0,0000	11,93	0,001
<b>PLACAS*ANGULO</b>	1	0,0001	0,0001	265,57	0,000
<b>PLATINAS*ANGULO</b>	2	0,0000	0,0000	10,36	0,001

<b>Error</b>	16	0,0000	0,0000		
<b>Total</b>	35	215,070			

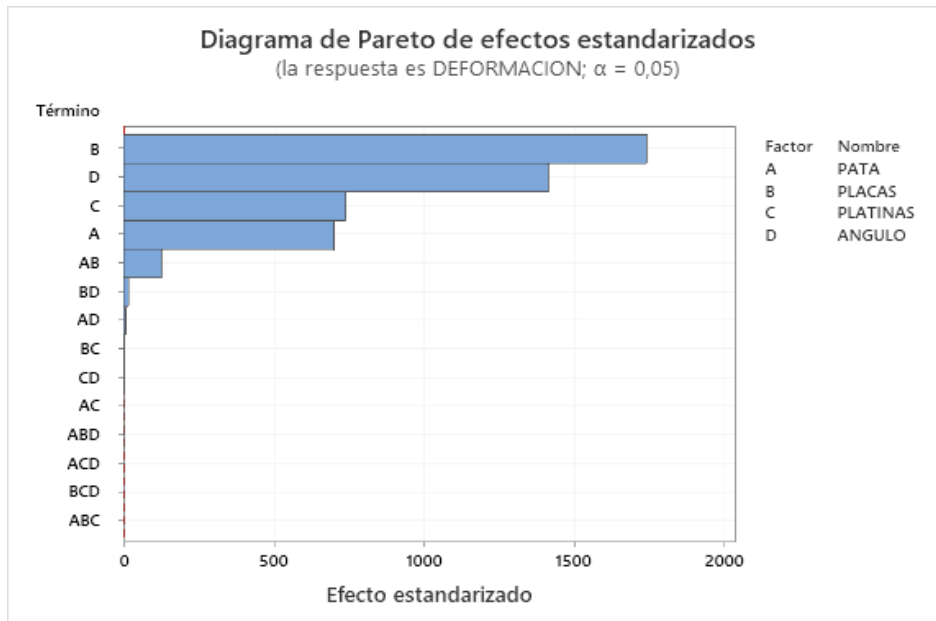
Realizado por: Chiza N., 2023.

En base a el análisis realizado se establece la ecuación que gobierna la deformación en función de los distintos espesores de las distintas partes de la estructura del asiento lográndose una función multivariable la cual se describe a continuación:

$$\begin{aligned}
\text{Deformación (mm)} = & 50,8017 + 0,088417 \text{ PATA\_3} - 0,011000 \text{ PATA\_4} - 0,077417 \text{ PATA\_5} \\
& + 0,132472 \text{ PLACAS\_3} - 0,132472 \text{ PLACAS\_4} + 0,934667 \text{ PLATINAS\_2} \\
& - 0,031417 \text{ PLATINAS\_3} - 0,903250 \text{ PLATINAS\_4} + 0,107639 \text{ ANGULO\_3} \\
& - 0,107639 \text{ ANGULO\_4} + 0,016861 \text{ PATA*PLACAS\_3 3} \\
& - 0,016861 \text{ PATA*PLACAS\_3 4} - 0,004389 \text{ PATA*PLACAS\_4 3} \\
& + 0,004389 \text{ PATA*PLACAS\_4 4} - 0,012472 \text{ PATA*PLACAS\_5 3} \\
& + 0,012472 \text{ PATA*PLACAS\_5 4} - 0,000083 \text{ PATA*PLATINAS\_3 2} \\
& + 0,000500 \text{ PATA*PLATINAS\_3 3} - 0,000417 \text{ PATA*PLATINAS\_3 4} \\
& - 0,000167 \text{ PATA*PLATINAS\_4 2} - 0,000083 \text{ PATA*PLATINAS\_4 3} \\
& + 0,000250 \text{ PATA*PLATINAS\_4 4} + 0,000250 \text{ PATA*PLATINAS\_5 2} \\
& - 0,000417 \text{ PATA*PLATINAS\_5 3} + 0,000167 \text{ PATA*PLATINAS\_5 4} \\
& + 0,001028 \text{ PATA*ANGULO\_3 3} - 0,001028 \text{ PATA*ANGULO\_3 4} \\
& - 0,000056 \text{ PATA*ANGULO\_4 3} + 0,000056 \text{ PATA*ANGULO\_4 4} \\
& - 0,000972 \text{ PATA*ANGULO\_5 3} + 0,000972 \text{ PATA*ANGULO\_5 4} \\
& - 0,000222 \text{ PLACAS*PLATINAS\_3 2} + 0,000528 \text{ PLACAS*PLATINAS\_3 3} \\
& - 0,000306 \text{ PLACAS*PLATINAS\_3 4} \\
& + 0,000222 \text{ PLACAS*PLATINAS\_4 2} - 0,000528 \text{ PLACAS*PLATINAS\_4 3} \\
& + 0,000306 \text{ PLACAS*PLATINAS\_4 4} + 0,001250 \text{ PLACAS*ANGULO\_3 3} \\
& - 0,001250 \text{ PLACAS*ANGULO\_3 4} - 0,001250 \text{ PLACAS*ANGULO\_4 3} \\
& + 0,001250 \text{ PLACAS*ANGULO\_4 4} + 0,000111 \text{ PLATINAS*ANGULO\_2 3} \\
& - 0,000111 \text{ PLATINAS*ANGULO\_2 4} \\
& + 0,000361 \text{ PLATINAS*ANGULO\_3 3} \\
& - 0,000361 \text{ PLATINAS*ANGULO\_3 4} - 0,000472 \text{ PLATINAS*ANGULO\_4 3} \\
& + 0,000472 \text{ PLATINAS*ANGULO\_4 4}
\end{aligned}$$

De acuerdo con el diagrama de Pareto se puede analizar que parte tiene una mayor influencia en la deformación del asiento.



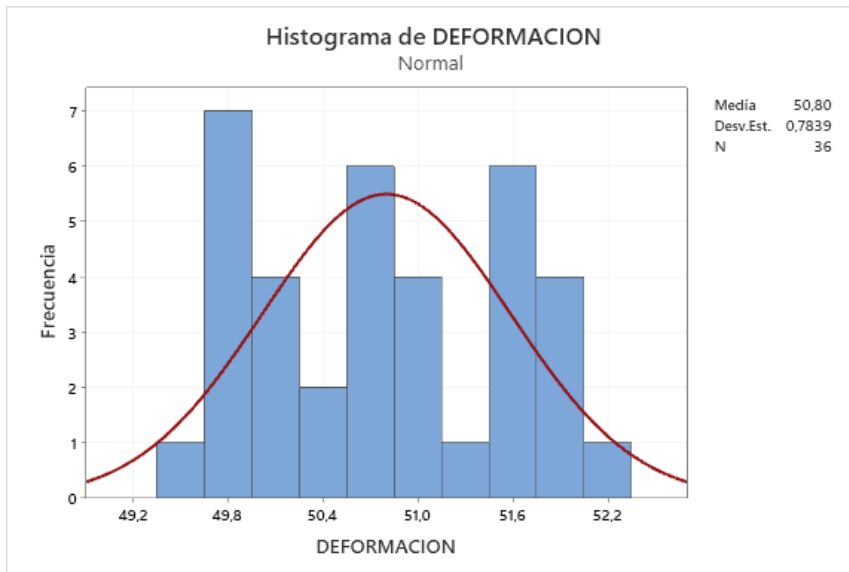


**Ilustración 4-12:** Diagrama de Pareto de las partes más influyentes en la deformación.

Realizado por: Chiza N., 2023.

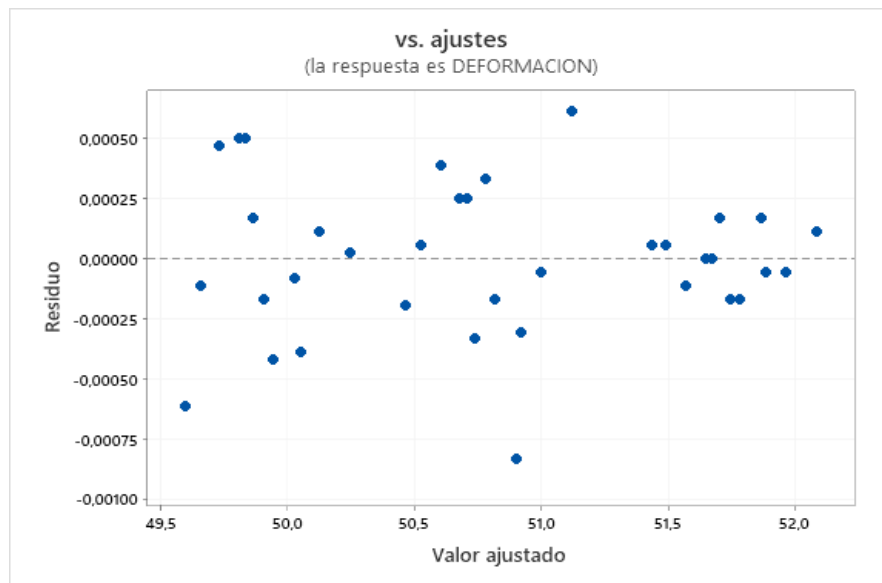
Con el diagrama de Pareto se puede observar que las placas que están unidas a la pata, es decir las fijaciones del asiento tienen una mayor influencia sobre la deformación, además de esto se puede ver que los ángulos también tienen una gran incidencia en la de formación, lo cual puede interpretarse que las partes del asiento que afectan directamente a la deformación total son el faldón y las sujeciones de la pata-asiento.

Para determinar el error en los datos trabajados en este análisis, será necesario realizar un histograma, un diagrama de ajustes en respuesta a la deformación, la cual permitirá ver los puntos que se encuentre fuera del límite de trabajo (datos atípicos).



**Ilustración 4-13:** Histograma en función de la deformación.

Realizado por: Chiza N., 2023.



**Ilustración 4-14:** Diagrama de ajuste en función de la deformación.

Realizado por: Chiza N., 2023.

#### 4.2.5 Rediseño del modelo del asiento

En base a los datos obtenidos en el diseño de experimentos, se pudo verificar que las partes que más afectan a la deformación del asiento son el faldón y las fijaciones de la pata, complementando los datos obtenidos en este análisis con los resultados obtenidos en el software de ANSYS, los cuál es recomiendan quitar material de la pata y platinas, tenemos nuestras piezas a rediseñar.

En el diagrama de Pareto que se muestra en la ilustración 4-13 se justifica la selección de piezas a trabajar, además de las partes en las cuales se puede trabajar a riesgo de perder resistencia. Con ayuda del análisis de diseño de experimentos se buscó la configuración ideal de espesores para la generación del nuevo modelo de asiento, la cual garantice la aprobación de la norma.

Con esta información se procede a dibujar una nueva propuesta de asiento basada en el modelo original, pero, reduciendo el material analizado en el proceso de optimización topológica como en el diseño de elementos.



Propiedades de masa de Modelo propuesto  
Configuración: Predeterminado  
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Masa = 19.81 kilogramos

**Ilustración 4-15:** Diseño del nuevo modelo de asiento.

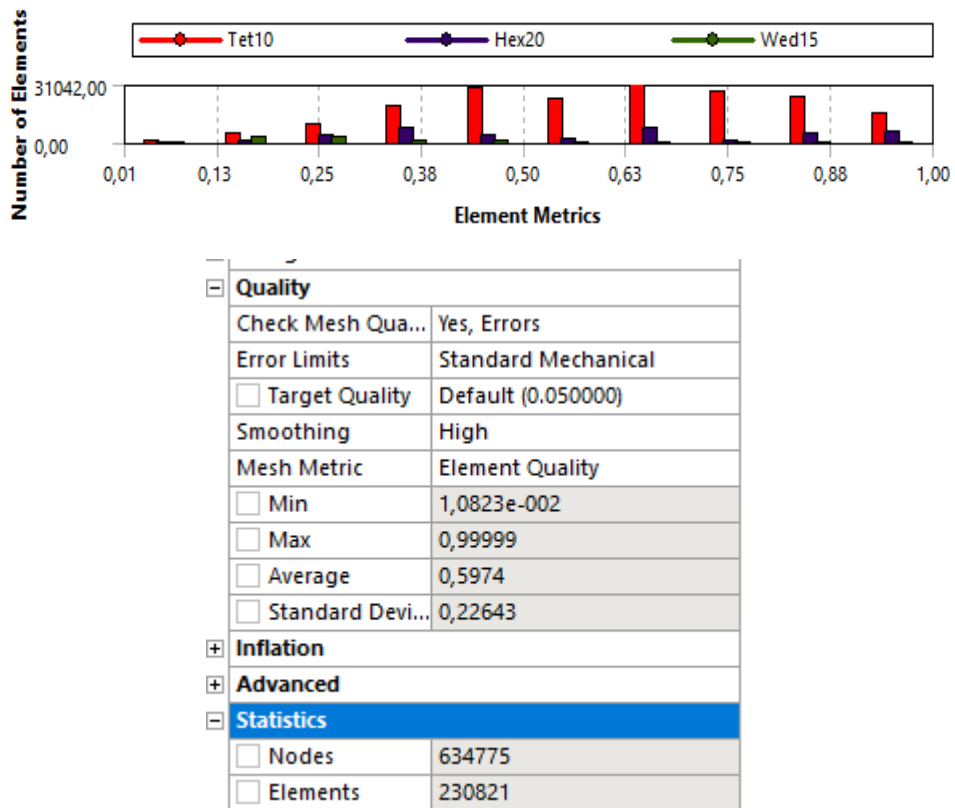
**Realizado por:** Chiza N., 2023.

#### **4.2.6** *Proceso de simulación del nuevo modelo*

Se procede de forma similar el proceso descrito para el modelo original, es decir se ocupa las mismas cargas y apoyos. Además, se debe seguir el mismo proceso de mallado el cual consistía realizar diferentes tamaños en la malla, para poder obtener una calidad de malla global aceptable. Para el espaldar se vuelve a ocupar el método “Body Sizing” con un tamaño de malla de 10 mm y un tamaño por defecto de 1 mm, y un Behavior “Hard”, esto para alivianar y evitar errores en el mallado global.

Avanzando en el mallado, las demás partes del asiento mantienen el mismo método, la pata del asiento se configura con un tamaño de malla de 5 mm, y un comportamiento “Hard”. Para la base del asiento y el cojín, se optó por una configuración similar al descrito anteriormente (mallado de la pata), pero con un tamaño de 3,5 y 5 mm respectivamente.

La calidad de malla se verifica a través de los valores que se obtienen en el “Mesh Metric” a través del método Element Quality, los cuales están en la ilustración 4-15.



**Ilustración 4-16:** Calidad y configuración del mallado global del nuevo asiento.

Realizado por: Chiza N., 2023.

#### 4.2.7 *Análisis post simulación del nuevo modelo*

El análisis es el mismo que se efectuó en el modelo original, por lo cual, representamos los resultados de la misma forma.

4.2.7.1 *Análisis de deformaciones*

**Tabla 4-10:** Resultados de las deformaciones. del nuevo asiento.

Deformaciones		
<b>F inferior</b>		
X	2.12	mm
Y	8.58	mm
Z	22.32	mm
<b>Total</b>	24.02	mm
<b>F superior</b>		
X	2.38	mm
Y	9.31	mm
Z	24.36	mm
<b>Total</b>	26.18	mm
<b>Cinturón dos puntos</b>		
X	2.08	mm
Y	4.72	mm
Z	11.4	mm
<b>Total</b>	12.31	mm
<b>Cinturón tres puntos</b>		
X	13.16	mm
Y	50.54	mm
Z	163.21	mm
<b>Total</b>	170.5	mm

Realizado por: Chiza N., 2023.

4.2.7.2 *Análisis de esfuerzos*

**Tabla 4-11:** Resultados de los esfuerzos del nuevo asiento.

Esfuerzos		
<b>F inferior</b>		
E. Elástica	0.02	mm/mm
<b>E. Estrés</b>	3818.7	MPa
<b>F superior</b>		
E. Elástica	0.02	mm/mm
<b>E. Estrés</b>	4031.30	MPa
<b>Cinturón dos puntos</b>		
E. Elástica	0.04	mm/mm

<b>E. Estrés</b>	7374.1	MPa
<b>Cinturón tres puntos</b>		
E. Elástica	0.10	mm/mm
<b>E. Estrés</b>	19299	MPa

Realizado por: Chiza N., 2023.

#### 4.2.7.3 Validación de resultados obtenidos en la simulación del nuevo modelo asiento

Para la correcta revisión de la norma INEN 2708, nuevamente utilizamos el mismo formato de la tabla 4-2, cabe mencionar que la validación también está regida a las mismas fuerzas que el asiento original.

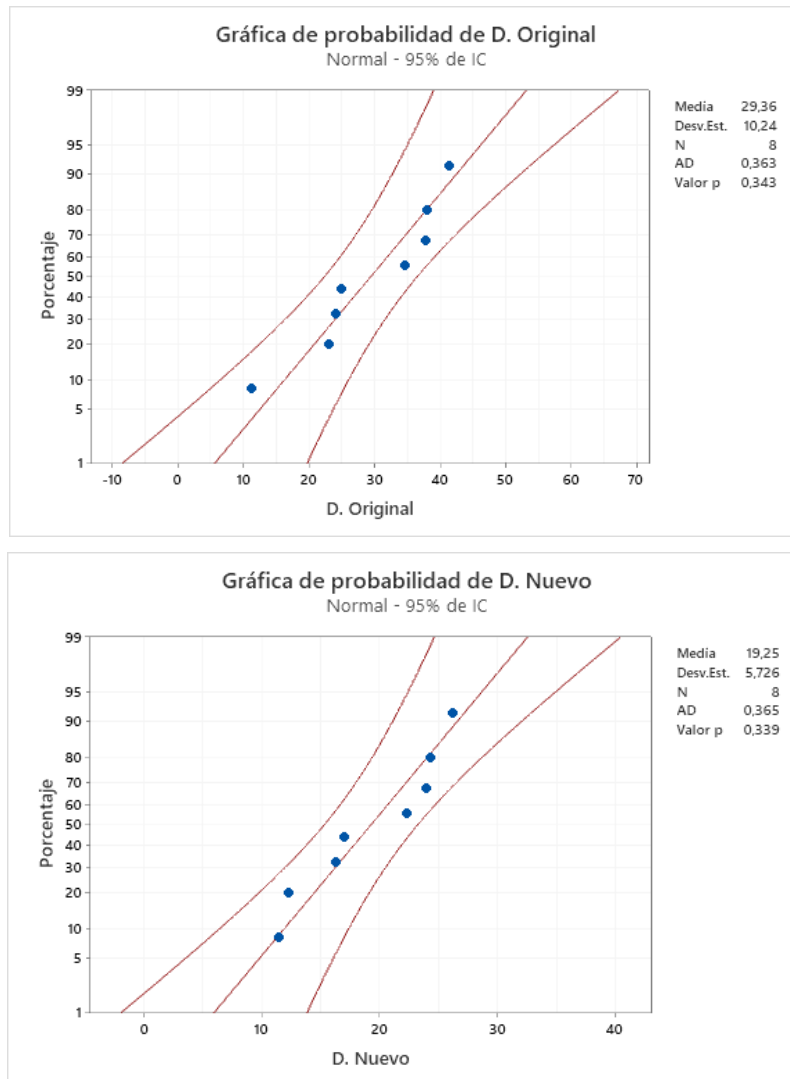
**Tabla 4-12:** Validación de resultados bajo la norma NTE INEN 2708 (modelo nuevo).

Norma	Criterio de aceptación	Cumple Si/No	Observación
<b>NTE INEN 2708</b>	Criterio de aceptación 12.1.2, no sobrepase los 400 mm.	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.3.1, no sobrepase los 100 mm.	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.3.2, no sobrepase los 50 mm	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.4.1, no se desprende	Si	
	Criterio de aceptación 12.1.4.3, no se fractura	Si	

Realizado por: Chiza, N.,2023.

### 4.3 Comprobación de la hipótesis

Para comprobar la hipótesis realizaremos gráficas de probabilidad las cuales se centrarán en la información del modelo original y el nuevo, así como de las iteraciones realizadas en el diseño de experimentos.



**Ilustración 4-17:** Gráficas de probabilidad de los dos modelos de asientos.

**Realizado por:** Chiza N., 2023.

En esas gráficas se puede ver que el comportamiento de los datos de deformación de modelo original como del modelo propuesto poseen un comportamiento similar, lo cual justifica que poseen características mecánicas similares, además de esto se ve que en el modelo original la media de deformación es de 29,36 mm, mientras que en el nuevo modelo baja a 19,25 mm. Estos datos son los que validan la hipótesis la cual decía que se puede crear un nuevo modelo de asiento de autobús interprovincial con la ayuda del método de optimización topológica, el cual mantenga las características de resistencia estructural, así como otras propiedades mecánicas disminuyendo el peso de la estructura global.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

En el marco de este estudio, se ha llevado a cabo una investigación exhaustiva centrada en el diseño y optimización topológica de asientos de autobús, utilizando herramientas avanzadas como SolidWorks y ANSYS Workbench.

Esta investigación representa un paso significativo hacia la mejora continua en el diseño de asientos y componentes automotrices, buscando no solo cumplir con normativas rigurosas sino también superar expectativas en términos de eficiencia, rendimiento y seguridad.

#### 5.1 Propuesta

A continuación se proponen distintas ideas que complementarían el estudio realizado, lo que contribuirá a la industria automotriz.

##### *5.1.1 Desarrollar un estudio de optimización topológica en un asiento construido con un acero A500*

La elección de realizar un estudio similar en un asiento construido con acero A500 presenta varias razones fundamentales que destacan su importancia en el contexto de la investigación. Si tomamos en cuenta que al realizar un estudio en un asiento construido con un material distinto no solo amplía el alcance de la investigación, sino que también proporciona información valiosa para la toma de decisiones en el diseño de componentes automotrices, promoviendo la excelencia en términos de rendimiento, seguridad y sostenibilidad.

Entre las ventajas del estudio tenemos:

##### *a. Exploración de Materiales Alternativos:*



La industria automotriz busca constantemente materiales alternativos que ofrezcan mejoras en términos de resistencia, peso y durabilidad. El acero A500 representa una alternativa relevante al acero ASTM A36, y su aplicación en el diseño de asientos permite evaluar sus propiedades específicas en un contexto práctico.

*b. Optimización Específica del Material:*

Cada material tiene propiedades distintas que pueden influir en el rendimiento y la eficiencia de un componente. Realizar un estudio específico en un asiento construido con acero A500 permitirá optimizar el diseño de acuerdo con las características particulares de este material.

*c. Cumplimiento de Normativas y Estándares:*

Diferentes materiales pueden requerir enfoques de diseño y construcción específicos para cumplir con las normativas y estándares de seguridad. Al abordar la construcción de un asiento con acero A500, se garantiza la evaluación exhaustiva de su conformidad con las normativas pertinentes, asegurando la seguridad y fiabilidad del producto final.

*d. Diversificación de Resultados:*

La diversificación en la elección de materiales en la investigación amplía la comprensión de cómo diferentes opciones afectan el rendimiento de los componentes automotrices. Proporciona datos comparativos valiosos que pueden orientar futuros desarrollos y elecciones de materiales en la industria.

*e. Posibilidad de Mejora Continua:*

La evaluación de un nuevo material ofrece la oportunidad de identificar áreas de mejora y perfeccionamiento en el diseño de asientos. Los hallazgos derivados de este estudio pueden servir

como base para futuras investigaciones y optimizaciones en la aplicación de acero A500 en otros componentes automotrices.

*f. Innovación y Avance Tecnológico:*

La aplicación de un material avanzado como el acero A500 en el diseño de asientos demuestra un compromiso con la innovación y el avance tecnológico en la industria automotriz. Contribuye al desarrollo de soluciones más eficientes, sostenibles y seguras.

**5.1.2 *Desarrollar el estudio de optimización topológica ocupando el diseño de experimentos nativo de ANSYS***

En el estudio realizado para determinar las partes del asiento que presenta un mayor impacto en la deformación, se optó por usar un analizador de datos externo de ANSYS, debido a la complejidad y diversas falencias en la obtención de los resultados.

En dicho se programas de realizo el diseño de experimentos utilizando los resultados de ANSYS, donde los diferentes tipos de perfiles empleados en la construcción de asientos se exploraron como variables de entrada, mientras que los valores de deformación obtenidos de las simulaciones se establecieron como las salidas fundamentales.

Para un posterior estudio se propone indagar más en el uso del diseño de experimentos nativo de ANSYS, debido a que en un estudio de optimización topológica presenta varias razones fundamentales que resaltan su importancia como por ejemplo:

- Eficiencia en la Exploración de Variables.
- Identificación de Relaciones Multivariables.
- Optimización de Recursos.
- Generación de Datos Confiables y Reproducibles.
- Consideración de Interacciones entre Variables.
- Alineación con Metodologías Avanzadas de Ingeniería.

### ***5.1.3 Desarrollar el estudio de optimización topológica en diversas autopartes o repuestos automotrices.***

Como se indicó en el estudio, la optimización topológica posibilita la creación de estructuras más eficientes. Por ejemplo, en términos de eficiencia en el uso de materiales, esta técnica facilita el diseño de componentes automotrices que aprovechan de manera óptima el material durante su construcción al eliminar áreas redundantes, al tiempo que se mantiene la resistencia estructural necesaria. Al aplicar esta metodología a diversas autopartes, se logra maximizar la eficiencia en el uso de material, contribuyendo así a la reducción de peso y al mejoramiento general de la eficiencia del vehículo.

Al reducir el uso de materia prima, se pueden disminuir los costos de producción, ya que una pieza optimizada resulta en una estructura más simple y menos costosa de fabricar. Esto contribuye a una reducción de los costos de producción, beneficiando tanto a los fabricantes como a los consumidores finales.

Optimizar diversas autopartes puede tener un impacto significativo en el rendimiento global del vehículo, ya que este se vuelve más ligero y eficiente, contribuyendo así a la mejora del consumo de combustible, manejo y aceleración. Además, las partes optimizadas cumplirán con los estándares de seguridad, ya que al desarrollarlas de esta forma, se mejorará su resistencia y durabilidad. La reducción de peso también puede influir positivamente en la gestión de impactos y en la seguridad de los ocupantes, ya que se pueden estudiar de manera más precisa.

Si consideramos el impacto en la innovación y el desarrollo tecnológico, esta técnica impulsa un progreso notable en la industria automotriz, fomentando la adopción de nuevas tecnologías avanzadas en el diseño y fabricación de componentes, lo que mantiene a la industria a la vanguardia de la ingeniería.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Al generar la geometría del asiento de bus interprovincial a través de un software CAD, se ha logrado obtener una representación digital precisa y detallada del diseño, esto gracias a las herramientas computacionales, en donde se aplicaron diferentes técnicas de modelación CAD como miembro estructural, superficies, recortes de aristas, entre otras, para un correcto modelado de los asientos. Esto proporciona una base sólida para llevar a cabo análisis y evaluaciones correspondientes.
- El análisis estático explícito mediante elementos finitos realizado en el asiento de bus interprovincial según la norma INEN 2708 ha permitido identificar cómo se comporta el asiento frente a diferentes cargas y condiciones. Esto proporciona información esencial para asegurar que el asiento cumple con los requisitos de seguridad y resistencia establecidos por la normativa.
- La evaluación a través de simulaciones utilizando los softwares CAD/CAE ha brindado una comprensión detallada de los esfuerzos y deformaciones máximos presentes en el diseño original del asiento, tanto para el bus interprovincial como para los elementos que se pretenden optimizar. Esta evaluación proporciona una base para tomar decisiones informadas sobre qué partes requieren mejoras.
- Dada la complejidad de la estructura, se emplearon diversos enfoques de mallado con el propósito de alcanzar una calidad de malla global satisfactoria. Esta calidad se evaluó mediante el método de Element Quality, el cual proporcionó un valor de 1, indicando una calidad excepcional de la malla a nivel global.
- La simulación de la estructura se completó en un lapso de 0,3 segundos, empleando cargas conforme a las indicaciones de la norma NTE INEN 2708, tal como se detalla en su apéndice 12. Se analizaron los desplazamientos en los tres ejes de movimiento (X, Y, Z) en la estructura del asiento. Posteriormente, se llevó a cabo una verificación del cumplimiento del asiento con respecto a la norma NTE INEN 2708. Con el propósito de realizar esta validación, se creó una tabla que contiene los criterios de aceptación establecidos. De esta manera, los resultados derivados de la simulación de los asientos fueron contrastados y confirmados en relación con los estándares de la normativa.
- Se simuló los esfuerzos producidos por el cinturón de seguridad, para los cual se desarrolló el análisis para cinturones de dos y tres puntos, para poder garantizar que las personas permanezcan en el asiento en caso de sufrir el impulso de una fuerza externa.
- El rediseño topológico de las partes seleccionadas del asiento busca mejorar la estructura aligerando su peso. Mediante la modificación de la forma de estas partes, se pretende redistribuir las tensiones y reducir las áreas con mayores concentraciones de esfuerzos. Esto contribuyo a la creación de un diseño de asiento más eficiente y resistente, manteniendo al

mismo tiempo los estándares de seguridad y funcionalidad.

- Basándonos en el análisis efectuado sobre la optimización topológica de la estructura del asiento destinado a un bus de tipo interprovincial, podemos afirmar que las partes sujetas a optimización satisfacen los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 2708. Estos resultados aseguran la seguridad de los pasajeros que viajan sentados durante sus desplazamientos.
- Con el fin de lograr una optimización más efectiva de un elemento, es crucial considerar la distribución de esfuerzos que ejercen un impacto directo. Esto permitirá tomar decisiones informadas sobre cómo conservar o reducir material de manera estratégica, sin comprometer las propiedades de resistencia originales.
- El peso de la estructura del diseño inicial del asiento es de 25,62 kg. Sin embargo, a través de la optimización topológica, se logró reducir este peso a 21,97 kg, lo que implica un aligeramiento de 3,65 kg. Dado que en un autobús se instalan 44 asientos dispuestos en dos filas, la suma total del peso reducido en el autobús ascendería a 80,3 kg.

## **6.2 Recomendaciones**

- A la hora de generar el modelo estructural para la simulación, es imperativo diseñarlo en concordancia con las dimensiones y especificaciones que se enmarcan en las normativas de homologación vigentes. De esta forma, se asegura la conformidad con los estándares establecidos.
- La elección del tipo de malla en la simulación debe basarse en consideraciones pragmáticas, como el tiempo necesario para ejecutar el programa CAE. Además, es crucial que dicha malla sea uniforme, especialmente en los bordes o uniones, donde suelen surgir diversas complicaciones que pueden afectar la precisión de los resultados.
- La exactitud de los resultados y su correspondencia con la realidad están influenciadas por diversos factores, tales como el material empleado, la naturaleza de las conexiones entre las partes y las fuerzas externas que se aplican. Tomar en cuenta estos elementos resulta esencial para garantizar que la simulación refleje de manera cercana la situación real.
- Con el fin de obtener un análisis óptimo durante la fase de optimización topológica, es fundamental definir claramente qué partes se considerarán para la conservación de material y la colocación de condiciones de frontera. Establecer estas áreas de interés contribuirá significativamente a un proceso de optimización más efectivo y con resultados más valiosos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALCOSER NAULA, Luis. & MORALES VILLAROEL, Edison.** *Diseño y construcción de los anclajes de asientos de un autobús interprovincial bajo condiciones de impacto frontal y lateral en la empresa Metálica Pillapa.* [en línea], (Tesis Ingeniería) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera Ingeniería Automotriz. 2017 [Consulta: 15 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6233>
2. **ANT.** *Balance de siniestralidad de tránsito de 2022.* [en línea] 2023 [Consulta: 4 de agosto de 2023] Disponible: <https://www.ant.gob.ec/ant-presenta-el-balance-de-siniestralidad-de-transito-de-2022/>
3. **ARCHITECTURAL AND ENGINEERING COMPUTER AIDED DESIGN.** *SolidWorks.* [en línea]. 2023. [consulta: 22 agosto 2023]. Disponible: <https://cadlearningcenter.com/support/solidworks/>
4. **ASTUDILLO BAUTISTA, Fausto.** *Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático según la norma INEN 2708 de la estructura del asiento de transporte público interprovincial para verificar su conformidad en la empresa Sistemas de Asientos American.* [en línea], (Tesis Ingeniería) Universidad Técnica De Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica 2016 [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24438>
5. **BOLAÑOS PORTILLA, Cristhian.** *Propuesta de Diseño Ergonómico Centrado en el Asiento del Usuario de Unidades de Transporte Interprovincial del Ecuador.* [en línea], (Tesis Ingeniería) Universidad Internacional SEK. 2018 [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2735>
6. **CASTILLO, Darwin & MONTORO, Edison.** *Solución de problemas de optimización topológica usando el método de gradient espectral proyectado no monótono.* [en línea] 2021 Vol. 24, núm. 2, pp.74–81. [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/matema/article/view/21801>

7. **CÓRDOVA ALDAS, Carlos.** *Optimización topológica de un asiento de autobús interprovincial para asegurar el cumplimiento del Reglamento ECE-R80.* [en línea], (Tesis Ingeniería) Universidad Tecnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Maestría en Mecánica Mención Diseño. 2017 [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31322>
8. **CORREA PILLAJO, Fabricio. & DELGADO NIETO, Bryan.** *Diseño, análisis y construcción por medio de impresión 3D de la estructura de un cuadricóptero utilizando las herramientas de diseño generativo, optimización topológica y dinámica de fluidos computacionales.* [en línea] (Trabajo de titulación) Escuela Politécnica del Ejército - ESPE. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica 2022 [Consulta: 21 de octubre de 2022.] Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO%201/Downloads/T-ESPE-052199%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO%201/Downloads/T-ESPE-052199%20(1).pdf)
9. **GIMÉNEZ MARÍN, Héctor.** *Optimización topológica como medio de generación de ideas para el diseño de producto* [en línea]. (Trabajo de maestría) UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. 2021 [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/174726>
10. **HORTIGÓN FUENTES, Beatriz.** *Definición de un modelo de comportamiento plástico durante la estricción para los aceros corrugados de alta ductilidad* [en línea]. (Tesis Doctoral) Universidad de Sevilla. 2015 [consultado 5 junio 2023] Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/31900>
11. **MENDOZA, A., VELÁZQUEZ VILLEGAS, F. & ZEPEDA SÁNCHEZ, A.** Adaptation of Topologic Optimized Structures Based on Skeletonization. [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica. 2016 pp. 415–421. [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-73812016000100415](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-73812016000100415)
12. **MEZA, Carlos, TAMAYO, Fernando & FRANCO, Ediguer.** *El Hombre y la Máquina.* [en línea]. 2015 Vol. 46, pp. 72–79. [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47843368009>

13. **MEZA VALENCIA, Carlos.** *Optimización topológica en el diseño de elementos estructurales mecánicos.* [en línea] 2012 [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: [https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4209/TME01179.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20optimizaci%C3%B3n%20topol%C3%B3gica%20\(OT\)%20es,o%20minimizar%20alguna%20caracter%C3%ADstica%20deseada](https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4209/TME01179.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20optimizaci%C3%B3n%20topol%C3%B3gica%20(OT)%20es,o%20minimizar%20alguna%20caracter%C3%ADstica%20deseada)
14. **MORENO ZULCA, Pedro.** 2020. *Análisis estructural de un bus por el método de elementos finitos.* [en línea] 2020 Vol. 5, núm. 1, pp. 799–837. [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1265>
15. **INEN 1668.** *Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial.* [en línea] 2015 [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/M2-RTE-043-2R.pdfuisitos>.
16. **INEN 2708.** *Vehículos Automotores. Asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros. Resistencia de los asientos y de sus anclajes. Requisitos y método de ensayo.* [en línea] 2013 [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/255376506/Nte-Inen-2708-Asientos-de-Vehiculos-de-Grandes-Dimensiones-Para-El-Transporte-de-Pasajeros-Resistencia-de-Los-Asientos-y-de-Sus-Anclajes-Requisitos>
17. **PADILLA PADILLA, Celin.** *Diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio del comportamiento estático de los anclajes de asientos de autobús. REVISTA INFOCIENCIA.* [en línea] 2017 Vol. 11, núm. 1, pp. 107–114. [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Infociencia/article/view/1010>
18. **POZO, Edwin, AQUINO, Sócrates & ORDEÑEZ, Marco.** *Análisis estadístico para validar la simulación por elemento finito en el diseño a deformación de una viga en voladizo. Polo del Conocimiento.* [en línea] 2021 Vol. 6, núm. 6, pp. 586–611 [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO%201/Downloads/Dialnet-AnalisisEstadisticoParaValidarLaSimulacionPorEleme-8016986%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO%201/Downloads/Dialnet-AnalisisEstadisticoParaValidarLaSimulacionPorEleme-8016986%20(1).pdf)



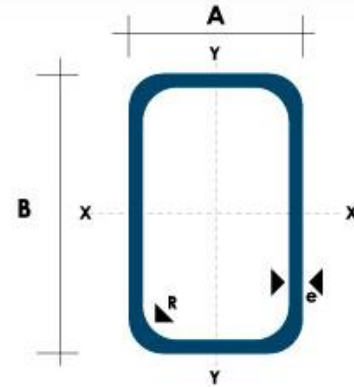
19. **SANTOS CORREA, Luis.** 2017. *Simulación por el método de los elementos finitos del impacto frontal de un bus interprovincial de fabricación nacional, con el propósito de proponer modificaciones a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323:2009.* [en línea] 2017 SANGOLQUI: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO - ESPE. 611 [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/13543>
20. **WU, Jun, SIGMUND, Ole & GROEN, Jeroen P.,** 2021. *Topology optimization of multi-scale structures: a review.* [en línea] 2021 [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00158-021-02881-8>



## ANEXOS

### ANEXO A: PERFILES ESTRUCTURALES – TUBO RECTANGULAR (CATÁLOGO DIPAC).

NOMENCLATURA	
Área =	Área de la selección transversal del tubo, cm <sup>2</sup>
I =	Momento de inercia de la sección, cm <sup>4</sup>
W =	Módulo resistente de la sección, cm <sup>3</sup>
i =	Radio de giro de la sección cm



Dimensiones				Área	Ejes X-X			Ejes Y-Y		
A mm	B mm (e)	Espesor mm	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	i cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
10	20	0.8	0.36	0.45	0.08	0.04	0.41	0.23	0.09	0.71
12	25	0.8	0.43	0.53	0.43	0.34	0.90	0.13	0.22	0.50
12	25	1.0	0.54	0.77	0.59	0.48	0.88	10.18	0.30	0.49
15	25	0.8	0.49	0.61	0.23	0.12	0.62	0.52	0.21	0.92
15	25	1.0	0.64	0.83	0.31	0.15	0.61	0.69	0.28	0.91
15	25	1.2	0.69	0.90	0.33	0.16	0.60	0.74	0.30	0.91
20	30	0.8	0.61	0.77	0.53	0.26	0.82	0.99	0.40	1.13
20	30	1.2	0.90	1.14	0.75	0.37	0.81	1.42	0.57	1.11
20	40	0.8	0.74	0.93	0.67	0.34	0.85	1.98	0.79	1.46
20	40	1.0	0.92	1.27	0.89	0.45	0.84	2.66	1.06	1.45
20	40	1.2	1.09	1.38	0.96	0.48	0.83	2.87	1.15	1.44
20	40	1.5	1.35	1.65	3.10	1.60	1.37	1.06	1.06	0.82
20	50	1.2	1.29	1.62	1.17	0.59	0.85	5.02	2.01	1.76
20	50	1.5	1.59	2.14	1.48	0.74	0.83	6.48	2.59	1.74
25	50	0.8	0.95	1.08	3.59	1.43	1.82	1.24	0.99	1.07
25	50	1.0	1.15	1.36	4.47	1.79	1.81	1.53	1.22	1.06
25	50	1.2	1.37	1.57	5.10	2.04	1.80	1.74	1.40	1.05
25	50	1.5	1.82	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
30	50	0.8	0.98	1.25	2.01	1.01	1.27	4.42	1.77	1.88
30	50	1.0	1.23	1.71	2.69	1.35	1.25	5.95	2.38	1.86
30	50	1.2	1.47	1.86	2.91	1.46	1.25	6.44	2.58	1.86
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21

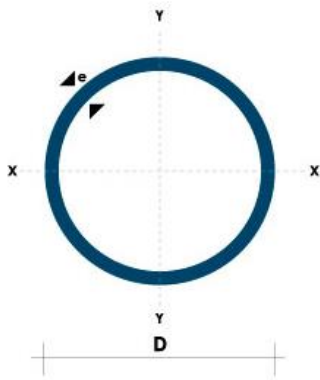
**ANEXO B: PERFILES ESTRUCTURALES – PLATINA (CATÁLOGO DIPAC).**



Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	A	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00

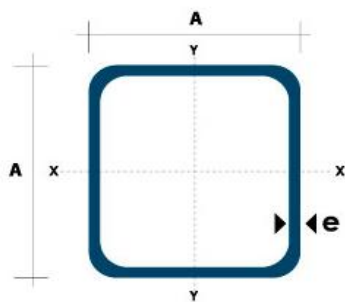
\*Otras calidades, largos y acabados: previa consulta

ANEXO C: PERFILES ESTRUCTURALES – TUBO (CATÁLOGO DIPAC).



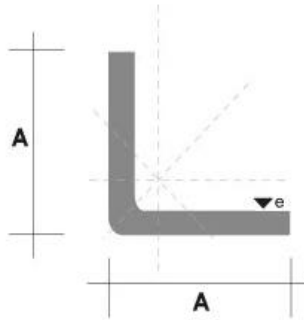
(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	I
Pulgadas	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

ANEXO D: PERFILES ESTRUCTURALES – TUBO CUADRADO (CATÁLOGO DIPAC).



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

## ANEXO E: PERFILES ESTRUCTURALES – ÁNGULO (CATÁLOGO DIPAC).



Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>
	A	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	56.95	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable



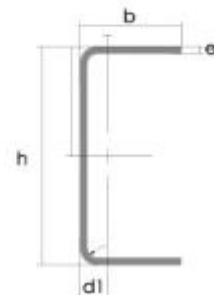
ANEXO F: PERFILES ESTRUCTURALES – CANAL C (CATÁLOGO DIPAC).

Designación	Dimensiones (mm)			Masa Kg/m	A cm <sup>2</sup>	d1 cm	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	e				ix	ly	Wx	Wy	ix	ly
	mm	mm	mm				cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
C 200 x 50 x 2	200	50	2	4,59	5,87	0,92	316	11,8	31,6	2,88	7,34	1,42
C 200 x 50 x 3	200	50	3	6,80	8,7	0,96	462	17,1	46,2	4,23	7,29	1,4
C 200 x 50 x 4	200	50	4	8,95	11,5	1,0	600	22,1	60	5,52	7,23	1,39
C 200 x 50 x 5	200	50	5	11,05	14,2	1,05	729	26,7	72,9	6,75	7,17	1,37
C 200 x 50 x 6	200	50	6	13,08	16,81	1,09	850,8	31,18	85,08	7,97	7,11	1,36
C 200 x 60 x 5	200	60	5	11,83	15,18	1,34	853,8	45,29	85,33	9,72	7,5	1,73
C 200 x 60 x 6	200	60	6	14,02	18,01	1,39	963,8	53,04	96,37	11,5	7,31	1,71
C 200 x 60 x 8	200	60	8	18,23	23,5	1,53	1219	66,96	121,9	14,96	7,2	1,68
C 200 x 80 x 6	200	80	6	15,91	20,42	2,14	1190	120,8	119	20,61	7,63	2,43
C 200 x 80 x 8	200	80	8	20,74	26,69	2,14	1514	153,9	151,4	26,27	7,53	2,4
C 200 x 80 x 10	200	80	10	25,34	32,71	2,23	1803	183,9	180,3	31,87	7,42	2,37
C 200 x 80 x 12	200	80	12	29,71	38,47	2,32	2060	210,4	206	37,04	7,32	2,34
C 200 x 100 x 6	200	100	6	17,79	22,82	2,78	1416	225,3	141,6	31,19	7,87	3,14
C 200 x 100 x 8	200	100	8	23,25	29,89	2,87	1809	289,6	180,9	40,61	7,77	3,11
C 200 x 100 x 10	200	100	10	28,48	36,71	2,97	2165	348,6	216,5	49,59	7,67	3,08
C 200 x 100 x 12	200	100	12	33,71	43,28	3,07	2485	420,8	248,5	60,72	7,58	3,12
C 250 x 60 x 3	250	60	3	8,45	10,8	1,1	894,5	30,27	71,56	6,18	9,1	1,67
C 250 x 60 x 4	250	60	4	11,15	14,27	1,14	1167	39,31	93,35	8,09	9,04	1,66
C 250 x 60 x 5	250	60	5	13,79	17,68	1,19	1426	47,85	114,1	9,95	8,98	1,65
C 250 x 60 x 6	250	60	6	16,38	21,02	1,23	1674	55,89	133,9	11,72	8,92	1,63
C 250 x 60 x 8	250	60	8	21,37	27,48	1,32	2133	70,52	170,6	15,07	8,81	1,6
C 250 x 80 x 6	250	80	6	18,26	23,42	1,82	2031	129	162,5	21,28	9,31	2,34
C 250 x 80 x 8	250	80	8	23,88	30,69	1,91	2601	164,7	208,1	27,03	9,2	2,31
C 250 x 80 x 10	250	80	10	29,27	37,71	2,00	3119	197,3	249,5	32,88	9,09	2,28
C 250 x 80 x 12	250	80	12	34,42	44,47	2,09	3589	225,8	287,1	38,2	8,98	2,25
C 250 x 100 x 6	250	100	6	20,14	25,82	2,49	2388	241,6	191,1	32,17	9,61	3,05
C 250 x 100 x 8	250	100	8	26,39	33,89	2,58	3069	311,4	245,6	41,96	9,51	3,03
C 250 x 100 x 10	250	100	10	32,41	41,71	2,67	3695	375,8	295,6	51,27	9,41	3,0
C 250 x 100 x 12	250	100	12	38,19	49,27	2,77	4268	450,3	341,5	62,28	9,31	3,02
C 250 x 120 x 10	250	120	10	35,55	45,71	3,40	4272	629,6	641,7	73,21	9,67	3,71
C 250 x 120 x 12	250	120	12	41,96	54,07	3,49	4948	732,6	395,8	86,09	9,57	3,68
C 300 x 80 x 4	300	80	4	13,98	17,87	1,56	2186	93,35	145,8	14,5	11,06	2,29
C 300 x 80 x 5	300	80	5	17,33	22,18	1,61	2685	114,4	179	17,9	11,0	2,27
C 300 x 80 x 6	300	80	6	20,62	26,42	1,65	3165	134,6	211	21,19	10,94	2,26
C 300 x 80 x 8	300	80	8	27,02	34,69	1,74	4072	172,9	271,4	27,62	10,83	2,23
C 300 x 80 x 10	300	80	10	33,19	42,71	1,82	4096	207,7	327,1	33,6	10,71	2,2
C 300 x 80 x 12	300	80	12	39,13	50,47	1,91	5673	237,5	378,2	39	10,6	2,17
C 300 x 100 x 6	300	100	6	22,50	28,82	2,26	3684	254,6	245,6	32,89	11,3	2,97
C 300 x 100 x 8	300	100	8	29,53	37,89	2,35	4754	328,6	316,9	42,95	11,2	2,94
C 300 x 100 x 10	300	100	10	36,33	46,71	2,44	5748	397,3	383,2	52,55	11,09	2,91
C 300 x 100 x 12	300	100	12	42,90	55,3	2,53	6670	459	445	61,5	11,0	2,88
C 300 x 120 x 10	300	120	10	39,47	50,71	3,11	6590	667,5	439,3	75,09	11,4	3,63
C 300 x 120 x 12	300	120	12	46,67	60,07	3,21	7664	777,8	510,9	88,49	11,3	3,6
C 300 x 150 x 10	300	150	10	44,18	56,71	4,21	7851	1251	523,4	115,3	11,77	4,7
C 300 x 150 x 12	300	150	12	52,32	67,27	4,31	9157	1465	610,4	137	11,67	4,67

Dimensiones exteriores a la sección transversal.

Radio de curvatura interior igual a 1,5e para espesores menores a 6,00 mm

Radio de curvatura interior igual a 2e para espesores de 6,00 mm o mayores



**ANEXO G: NORMA NTE INEN 2708.**



Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 2708**

2013-08

**VEHICULOS AUTOMOTORES. ASIENTOS DE VEHÍCULOS DE GRANDES DIMENSIONES PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS. RESISTENCIA DE LOS ASIENTOS Y DE SUS ANCLAJES. REQUISITOS Y MÉTODO DE ENSAYO**

MOTOR VEHICLES. SEATS OF LARGE PASSENGER VEHICLES. STRENGTH OF THE SEATS AND THEIR ANCHORAGES. REQUIREMENTS. TEST METHOD

---

Correspondencia: Esta norma es equivalente al Reglamento No. 80 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE)- Asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros y de estos vehículos por lo que respecta a la resistencia de los asientos y de sus anclajes

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, Protección contra choques y sistemas de restricción, requisitos y métodos de ensayo  
ICS:43.040.80; 43.180

28  
páginas

## INDICE

	Página
1. Objeto.....	1
2. Campo de aplicación.....	1
3. Referencias normativas.....	1
4. Términos y definiciones.....	2
5. Requisitos para asientos.....	3
6. Requisitos para anclajes de asientos de un tipo de vehículo.....	3
7. Requisitos para la instalación de asientos en un tipo de vehículo.....	4
8. Procedimientos de ensayo de asientos según el subcapítulo 5 y/o de anclajes según el subcapítulo 6.1.2.....	5
8.1 Requisitos.....	5
8.2 Preparación del asiento para el ensayo.....	5
8.3 Ensayos dinámicos.....	6
9. Procedimiento de ensayo de los anclajes de un vehículo en aplicación del subcapítulo 6.1.1.....	8
9.1 Aparato de ensayo.....	8
9.2 Procedimiento de ensayo.....	8
10. Mediciones que deben efectuarse.....	9
11. Determinación de los criterios de aceptabilidad.....	10
12. Requisitos y procedimiento del ensayo estático.....	10
12.1 Requisitos.....	10
12.2 Ensayo estático.....	11
13. Características de absorción de energía de la parte posterior de los respaldos de asientos.....	13
14. Procedimiento de determinación del punto «H» y del ángulo real del torso de las plazas de asiento en vehículos de motor.....	13
14.1 Objeto.....	13
14.2 Definiciones.....	13
14.3 Requisitos.....	14



*(Continua)*

	<b>Página</b>
<b>Apéndice Y</b> .....	<b>18</b>
<b>Apéndice Y.1 Descripción del maniquí tridimensional para el punto H</b> .....	<b>18</b>
<b>Apéndice Y.2 Sistema de referencia tridimensional</b> .....	<b>21</b>
<b>Apéndice Y.3 Parámetros de referencia de las plazas de asiento</b> .....	<b>22</b>
<b>Apéndice Z</b> .....	<b>23</b>

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	<b>VEHÍCULOS AUTOMOTORES. ASIENTOS DE VEHÍCULOS DE GRANDES DIMENSIONES PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS. RESISTENCIA DE LOS ASIENTOS Y DE SUS ANCLAJES. REQUISITOS Y MÉTODO DE ENSAYO</b>	NTE INEN 2708:2013 2013-08
--	--	----------------------------------

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma define los términos, establece los requisitos y describe los métodos de ensayo, determinación de la resistencia de los asientos y de sus anclajes, para los asientos de vehículos de grandes dimensiones que transportan pasajeros, con el fin de proveer protección a los ocupantes de un vehículo comercial en caso de accidentes.

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 La presente norma se aplica a:

- a) Asientos de pasajeros para instalación orientada hacia adelante en vehículos de las categorías M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>, de las clases II, III;
- b) Vehículos de las categorías M2 y M3, de las clases II, III, con respecto a los anclajes de los asientos de pasajeros y la instalación de asientos.

2.2 A solicitud del fabricante, se considerará que los vehículos de la categoría M<sub>2</sub> (1) que cumplen con el Reglamento n° 17 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), cumplen los requisitos de la presente norma.

2.3 Los vehículos con varios asientos a los que les sea aplicable la excepción establecida en el punto 7.4 del Reglamento n° 14 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), deben cumplir lo establecido en la presente norma.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencia sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

Reglamento n° 14 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — *Anclajes de los cinturones de seguridad, los sistemas de anclajes Isofix y los anclajes superiores Isofix.*

Reglamento n° 17 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — *Los asientos, sus anclajes y los apoyacabezas.*

Reglamento n° 21 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — *Acondicionamiento interior.*

Reglamento n° 29 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — *Protección de los ocupantes de la cabina de un vehículo comercial.*

Reglamento n° 80 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — *Asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros y de estos vehículos por lo que respecta a la resistencia de los asientos y de sus anclajes.*

ISO 4130:1978 Road vehicles -- Three-dimensional reference system and fiducial marks – Definitions. International Organization for Standardization. Ginebra, 2007.

ISO 6549:1980 Road vehicles -- Procedure for H-point determination. International Organization for Standardization, Ginebra 2007.

#### 4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

**4.1 Tipo de asiento:** Asientos que no presentan entre sí diferencias esenciales respecto a las características que se indican a continuación, y que pueden afectar a su resistencia y peligrosidad.

**4.1.1** Estructura, forma, dimensiones y materiales de las partes que soporten la carga.

**4.1.2** Tipos y dimensiones del sistema de regulación y de bloqueo del respaldo.

**4.1.3** Dimensiones, estructura y materiales de las fijaciones y soportes (por ejemplo, patas).

**4.2 Tipo de vehículo:** Vehículos de motor que no presentan entre sí diferencias esenciales respecto a los subcapítulos siguientes:

**4.2.1** Características de fabricación pertinentes para la presente norma.

**4.2.2** Tipo o tipos de asiento con homologación que lleve el vehículo, en su caso.

**4.3 Asiento:** Estructura que puede anclarse a la estructura del vehículo, que incluya la tapicería y los elementos de fijación, diseñada para su uso en un vehículo y para que se sienten en ella una o más personas adultas.

**4.4 Asiento individual:** Asiento diseñado y fabricado para que se siente en él un viajero.

**4.5 Asiento doble:** Asiento diseñado y fabricado para que se sienten en él dos viajeros, uno al lado del otro; se considerará que dos asientos situados uno al lado del otro sin estar interconectados son dos asientos individuales.

**4.6 Fila de asientos:** Asiento diseñado y fabricado para que se sienten en él tres o más viajeros, uno al lado del otro; no se considerará que varios asientos individuales o dobles contiguos son una fila de asientos.

**4.7 Cojín del asiento:** Parte del asiento colocada de manera casi horizontal y diseñada para que se siente en ella un viajero.

**4.8 Respaldo:** Parte del asiento que es casi vertical y está diseñada para que un viajero apoye en ella la espalda, los hombros y, posiblemente, la cabeza.

**4.9 Sistema de regulación:** Dispositivo que permite ajustar el asiento o sus partes en una posición apropiada para el viajero que esté sentado en dicho asiento.

**4.10 Sistema de desplazamiento:** Dispositivo que permite un desplazamiento lateral o longitudinal, sin posición intermedia fija, del asiento o de una de sus partes, para facilitar el acceso de los viajeros.

**4.11 Sistema de bloqueo:** Dispositivo que asegura el mantenimiento en posición de utilización del asiento y de sus partes.

**4.12 Anclaje:** Parte del suelo o de la carrocería del vehículo en que pueden fijarse los asientos.

**4.13 Elementos de fijación:** Pernos u otros elementos utilizados para fijar el asiento al vehículo.

**4.14 Carro:** Equipo de ensayo fabricado y utilizado para la reproducción dinámica de accidentes de carretera con choque frontal.

**4.15 Asiento auxiliar:** Asiento del maniquí colocado en el carro detrás del asiento que se ensaye. Este asiento será representativo del asiento que se utilice en el vehículo detrás del asiento que se ensaye.

**4.16 Plano de referencia:** Plano que pasa por los puntos de contacto de los talones del maniquí, utilizado para determinar el punto H y el ángulo real del torso en la plaza de asiento de los vehículos de motor conforme a lo prescrito en el capítulo 14.

**4.17 Altura de referencia:** Altura del punto más alto del asiento por encima del plano de referencia.

**4.18 Maniquí:** Maniquí que se ajuste a las especificaciones de Hybrid II o III (1).

**4.19 Zona de referencia:** Espacio entre dos planos longitudinales verticales, con una separación de 400 mm y simétricos respecto al punto H, y definidos por rotación del aparato en forma de cabeza descrito en el anexo 1 del Reglamento n° 21 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), de la vertical a la horizontal. El aparato se colocará según la descripción de dicho anexo del Reglamento n° 21 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), y se regulará en su longitud máxima de 840 mm y su longitud mínima de 736 mm para la limitación residual de dicho espacio.

**4.20 Cinturón de tres puntos:** Para los fines de la presente norma, también el cinturón que tiene más de tres puntos de anclaje.

**4.21 Distancia entre asientos:** En el caso de asientos orientados en la misma dirección, la distancia entre la cara anterior del respaldo de un asiento y la cara posterior del respaldo del asiento que le antecede, medida horizontalmente y a una altura de 620 mm por encima del suelo.

## 5. REQUISITOS PARA ASIENTOS

**5.1** Cada tipo de asiento debe cumplir los requisitos de ensayo del capítulo 8 (ensayo dinámico) o de los capítulos 12 y 13 (ensayo estático), según lo elija el fabricante.

**5.2** Todo sistema de regulación y de desplazamiento instalado debe incluir un sistema de bloqueo, que funcionará automáticamente.

**5.3** No será obligatorio que los sistemas de regulación y bloqueo funcionen de manera normal después del ensayo.

## 6. REQUISITOS PARA ANCLAJES DE ASIENTOS DE UN TIPO DE VEHÍCULO

**6.1** Los anclajes de los asientos del vehículo deben superar:

**6.1.1** El ensayo descrito en el capítulo 9;

**6.1.2** O, si el asiento se halla en la parte de la estructura del vehículo que se está ensayando, los ensayos descritos en el capítulo 8; no será obligatorio que el asiento esté homologado, a condición de que cumpla los requisitos del subcapítulo 8.3.2.1 de dicho capítulo..

**6.2** Se aceptará que se produzca una deformación permanente, incluida la rotura, de un anclaje o de la zona que lo rodea, siempre que la fuerza establecida se haya ejercido durante todo el período fijado.

**6.3** En caso de que haya más de un tipo de anclaje en un vehículo, se ensayará cada una de las variantes.

**6.4** Podrá efectuarse un solo ensayo para homologar al mismo tiempo un asiento y un vehículo.

**6.5** En el caso de los vehículos de la categoría M<sub>3</sub>, se considerará que los anclajes de los asientos cumplen los requisitos de los subcapítulos 6.1 y 6.2 si los anclajes de los cinturones de seguridad de las plazas de asientos correspondientes están montados directamente en los asientos que han de instalarse y cumplen a su vez los requisitos de la Reglamento n° 14 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), en caso necesario con la excepción prevista en el subcapítulo 7.4.

## **7. REQUISITOS PARA LA INSTALACIÓN DE ASIENTOS EN UN TIPO DE VEHÍCULO**

**7.1** Todos los asientos instalados orientados hacia adelante se homologarán con arreglo a los requisitos del capítulo 5 de la presente norma y si cumplen las siguientes condiciones:

**7.1.1** El asiento tendrá una altura de referencia mínima de 1 m; y

**7.1.2** el punto H del asiento que esté situado inmediatamente detrás se hallará menos de 72 mm por encima del punto H del asiento que se ensaye o, si el asiento que está detrás se halla a más de 72 mm de altura, el asiento se ensayará y homologará para la instalación en esa posición.

**7.2** Si se concede la homologación de conformidad con el capítulo 8, serán aplicables los ensayos 1 y 2 de dicho capítulo, con las siguientes salvedades:

**7.2.1** El ensayo 1 del capítulo 8 no se realizará si la parte posterior del asiento no puede ser golpeada por un viajero no sujeto (es decir, cuando no haya ningún asiento que mire hacia adelante justo detrás del asiento que se ensaye).

**7.2.2** El ensayo 2 del capítulo 8 no se realizará:

**7.2.2.1** Si la parte posterior del asiento no puede ser golpeada por un viajero sujeto, o

**7.2.2.2** Si el asiento que se halla detrás lleva un cinturón de tres puntos con anclajes que cumplen plenamente el Reglamento n° 14 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), (sin excepción), o

**7.2.2.3** Si el asiento cumple los requisitos del capítulo 13 de la presente norma

**7.3** Si se conceden las homologaciones de conformidad con los capítulos 12 y 13, todos los ensayos serán aplicables, con las salvedades siguientes:

**7.3.1** El ensayo del capítulo 12 no se realizará si la parte posterior del asiento no puede ser golpeada por un viajero no sujeto (es decir, cuando no haya ningún asiento que mire hacia adelante justo detrás del asiento que se ensaye).

**7.3.2** El ensayo del capítulo 13 no se realizará:

**7.3.2.1** Si la parte posterior del asiento no puede ser golpeada por un viajero sujeto, o

**7.3.2.2** Si el asiento que se halla detrás lleva un cinturón de tres puntos con anclajes que cumplen plenamente el Reglamento n° 14 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), (sin excepción).

## **8. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE ASIENTOS SEGÚN EL SUBCAPÍTULO 5 Y/O DE ANCLAJES SEGÚN EL SUBCAPÍTULO 6.1.2**

### **8.1 Requisitos**

**8.1.1** La finalidad de los ensayos es determinar:

**8.1.1.1** Si el ocupante u ocupantes de los asientos quedan correctamente retenidos por los asientos delanteros o por el uso de un cinturón de seguridad.

**8.1.1.1.1** Se considerará que se cumple este requisito si el movimiento hacia adelante de cualquier parte del torso y la cabeza del maniquí no sobrepasa el plano vertical transversal situado a 1,6 m del punto R del asiento auxiliar.

**8.1.1.2** Si el ocupante o los ocupantes del asiento no sufren lesiones de gravedad.

**8.1.1.2.1** Se considerará que se cumple este requisito si los valores de los criterios de aceptabilidad biomecánica del maniquí utilizado, determinados según el capítulo 11, son los siguientes:

**8.1.1.2.1.1** El valor del criterio de aceptabilidad de la cabeza (CAC) es inferior a 500,

**8.1.1.2.1.2** El valor del criterio de aceptabilidad del tórax (CAT) es inferior a 30 veces g, excepto en periodos de menos de 3 ms ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ),

**8.1.1.2.1.3** El valor del criterio de aceptabilidad del fémur (CAF) es inferior a 10kN y no se supera el valor de 8 kN en periodos que no sumen más de 20 ms.

**8.1.1.3** Si el asiento y los soportes del asiento son suficientemente resistentes.

**8.1.1.3.1** Se considerará que se cumple este requisito si:

**8.1.1.3.1.1** Ninguna parte del asiento, el soporte del asiento o los accesorios se desprenden completamente durante el ensayo,

**8.1.1.3.1.2** El asiento permanece firmemente sujeto, aunque se hayan desprendido parcialmente uno o más anclajes, y todos los sistemas de bloqueo permanecen fijos mientras dure el ensayo,

**8.1.1.3.1.3** Después del ensayo no hay ninguna parte estructural del asiento o los accesorios con fracturas, aristas vivas, bordes puntiagudos o esquinas que puedan causar lesiones.

**8.1.2** Todos los elementos que formen parte del respaldo del asiento o los accesorios del mismo deben estar pensados para que no causen lesiones a los viajeros como consecuencia de un impacto. Se considerará que se cumple este requisito si toda parte que pueda entrar en contacto con una esfera de 165 mm de diámetro tiene un radio de curvatura de 5 mm como mínimo.

**8.1.2.1** Si alguna parte de los elementos y accesorios mencionados es de un material de dureza inferior a 50 Shore A en un soporte rígido, los requisitos establecidos en el subcapítulo 8.1.2 solo se aplicarán al respaldo rígido.

**8.1.2.2** No será preciso que las partes del respaldo del asiento, como los dispositivos de regulación del asiento y los accesorios, cumplan lo dispuesto en el subcapítulo 8.1.2 si, en la posición de descanso, se hallan debajo de un plano horizontal situado a 400 mm por encima del plano de referencia, aun cuando el ocupante pueda entrar en contacto con dichas partes.

### **8.2 Preparación del asiento para el ensayo**

**8.2.1** El asiento que se vaya a ensayar se colocará encima de:

**8.2.1.1** Una plataforma de ensayo representativa de la carrocería del vehículo,

**8.2.1.2** O una plataforma de ensayo rígida.

**8.2.2** El anclaje utilizado para el ensayo del asiento o asientos en la plataforma será idéntico o tendrá las mismas características que el utilizado en el vehículo o vehículos en que vaya a colocarse el asiento.

**8.2.3** El asiento debe estar completo, incluida la tapicería y los accesorios. Si el asiento dispone de una mesa, esta debe estar en posición cerrada

**8.2.4** Si se puede regular lateralmente, el asiento se hallará en la posición de máxima extensión

**8.2.5** Si es regulable, el respaldo estará regulado de manera que la inclinación resultante del torso del maniquí utilizado para determinar el punto H y el ángulo real del torso en posición sentada en los vehículos de motor sea lo más próxima posible a la recomendada por el fabricante para un uso normal o, si no hay ninguna recomendación especial del fabricante, lo más próxima posible a 25° o hacia atrás respecto a la vertical.

**8.2.6** Si el respaldo lleva un apoyacabezas regulable en altura, este se hallará en su posición más baja.

**8.2.7** Se colocarán tanto en el asiento auxiliar como en el asiento que se vaya a ensayar cinturones de seguridad que cumplan el Reglamento n° 16 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), fijados en anclajes instalados conforme al Reglamento n° 14 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), (teniendo en cuenta, en su caso, la excepción prevista en el punto 7.4 de ese Reglamento CEPE).

### **8.3 Ensayos dinámicos**

**8.3.1** *Ensayo 1.* La plataforma de ensayo se colocará en un carro.

**8.3.2** *Asiento auxiliar.* El asiento auxiliar podrá ser del mismo tipo que el asiento que se ensaya y se situará paralelamente y justo detrás del asiento que se ensaya. Ambos asientos estarán a la misma altura, ajustados de modo idéntico y con una distancia entre asientos de 750 mm.

**8.3.3** *Maniquí.*

**8.3.3.1** El maniquí se colocará sin retención en el asiento auxiliar de manera que su plano de simetría corresponda al plano de simetría de la plaza de asiento correspondiente.

**8.3.3.2** Las manos del maniquí estarán apoyadas en los muslos, y los codos tocarán el respaldo; las piernas estarán extendidas al máximo y, si es posible, serán paralelas entre sí; los talones tocarán el suelo.

**8.3.3.3** El maniquí se colocará en el asiento del siguiente modo:

**8.3.3.1** El maniquí se colocará en el asiento en la posición más próxima a la deseada.

**8.3.3.2** Se colocará lo más bajo posible pegando a la parte delantera del torso del maniquí una superficie rígida plana de 76 mm × 76 mm.

**8.3.3.3** Se presionará horizontalmente la superficie plana contra el torso del maniquí con una fuerza de entre 250 N y 350 N:

**8.3.3.3.1** El torso se desplazará hacia adelante por los hombros hasta que esté en posición vertical y, acto seguido, se colocará contra el respaldo. Esta operación se realizará dos veces.

**8.3.3.3.2** Sin que el torso se mueva, se colocará la cabeza en una posición tal que la plataforma sobre la que se hallen los instrumentos de medición contenidos en la cabeza sea horizontal y que el plano mediano sagital de la cabeza sea paralelo al del vehículo.

**8.3.3.3.4** Se retirará con cuidado la superficie plana.

**8.3.3.3.5** Se desplazará hacia adelante el maniquí en el asiento y se repetirá el procedimiento de colocación indicado anteriormente.

**8.3.3.3.6** Si es necesario, se corregirá la posición de los miembros inferiores.

**8.3.3.3.7** Los instrumentos de medición colocados no afectarán de ningún modo al movimiento del maniquí durante el impacto.

**8.3.3.3.8** La temperatura del sistema de los instrumentos de medición se estabilizará antes del ensayo y se mantendrá, en la medida de lo posible, entre 19 °C y 26 °C.

#### **8.3.4** *Simulación de impacto*

**8.3.4.1** El cambio total de velocidad del carro que simule el impacto estará entre 30 km/h y 32 km/h.

**8.3.4.2.** La desaceleración o, a elección del solicitante, la aceleración del carro durante la simulación de impacto se ajustará a lo indicado en la figura 1. Salvo en intervalos que sumen menos de 3 ms, la curva de desaceleración o aceleración del carro en función del tiempo se mantendrá dentro de los límites señalados en la figura 1.

**8.3.4.3** Además, la desaceleración o aceleración media estará comprendida entre 6,5 veces g y 8,5 veces g.

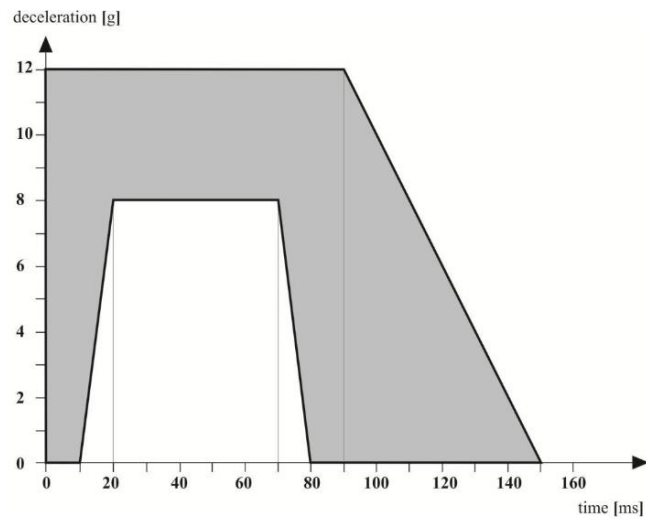
#### **8.3.5** *Ensayo 2*

**8.3.5.1** El ensayo 1 se repetirá con un maniquí sentado en el asiento auxiliar. El maniquí estará sujeto con un cinturón de seguridad colocado y ajustado según las instrucciones del fabricante. El número de puntos de anclaje del cinturón de seguridad para los fines del ensayo 2 debe indicarse.

**8.3.5.2** El asiento auxiliar será del mismo tipo que el asiento ensayado o de un tipo distinto, en cuyo caso debe indicarse sus características.

**8.3.5.3** En caso de que el ensayo 2 se realice con un maniquí sujeto con un cinturón de seguridad de tres puntos y que no se sobrepasen los valores de los criterios relativos a las lesiones, se considerará que el asiento auxiliar cumple los requisitos referentes a las cargas de ensayo estático y al movimiento del anclaje superior durante el ensayo señalado en el Reglamento n° 14 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), en lo que respecta a esta instalación.



**FIGURA 1. Desaceleración o aceleración (g)**

## 9. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE LOS ANCLAJES DE UN VEHÍCULO EN APLICACIÓN DEL SUBCAPÍTULO 6.1.1

### 9.1 Aparato de ensayo

**9.1.1** Mediante un sistema de fijación (pernos, tornillos, etc.) suministrado por el fabricante, se fijará a las partes de la estructura sometidas a los ensayos una estructura rígida suficientemente representativa del asiento que vaya a utilizarse en el vehículo.

**9.1.2** En caso de que varios tipos de asientos que difieran entre sí en cuanto a la distancia existente entre los extremos inicial y final de sus patas puedan colocarse en el mismo anclaje, el ensayo se llevará a cabo en la distancia más corta. Se indicará dicha distancia en el certificado de homologación de tipo.

### 9.2 Procedimiento de ensayo

**9.2.1** Se aplicará una fuerza  $F$ :

**9.2.1.1** A una altura de 750 mm por encima del plano de referencia y en la línea vertical que contenga el centro geométrico del área limitada por el polígono cuyos vértices sean los diferentes puntos de anclaje o, en su caso, los anclajes del asiento más alejados, con la estructura rígida indicada en el subcapítulo 9.1.1;

**9.2.1.2** En dirección horizontal y hacia la parte delantera del vehículo;

**9.2.1.3** Durante el menor tiempo posible, con una duración mínima de 0,2 s.

**9.2.2** La fuerza  $F$  se determinará:

**9.2.2.1** Bien mediante la fórmula siguiente:  $F = (5\,000 \pm 50) \times i$

donde:

F = es la fuerza en N e  
 l = el número de plazas del asiento cuyos anclajes deben ser homologados; o bien, si el fabricante así lo solicita,

**9.2.2.2** De conformidad con las cargas representativas medidas durante los ensayos dinámicos señalados en el capítulo 8 de la presente norma.

## 10. MEDICIONES QUE DEBEN EFECTUARSE

**10.1** Todas las mediciones necesarias se realizarán con sistemas de medición que correspondan a las especificaciones de la norma internacional ISO 6487:1987, titulada «Técnica de medición en los ensayos de impacto: utilización de instrumentos».

### 10.2 Ensayo dinámico

#### 10.2.1 Mediciones sobre el carro

Se medirán las características de desaceleración o aceleración del carro, a partir de las desaceleraciones o aceleraciones medidas en la estructura rígida del carro, con sistemas de medición que tengan un CFC de 60.

#### 10.2.2 Mediciones en los maniqués

Las lecturas de los dispositivos de medición se registrarán mediante canales de datos independientes con los CFC siguientes:

##### 10.2.2.1 Mediciones en la cabeza del maniquí

La aceleración triaxial resultante respecto al centro de gravedad ( $\gamma_r$ ) <sup>(1)</sup> se medirá con un CFC de 600.

##### 10.2.2.2 Mediciones en el tórax del maniquí

La aceleración resultante en el centro de gravedad se medirá con un CFC de 180.

##### 10.2.2.3 Mediciones en el fémur del maniquí

La fuerza de compresión axial se medirá con un CFC de 600.

<sup>(1)</sup> Expresada en g (= 9,81 m/s<sup>2</sup>) cuyo valor escalar se calcula con la siguiente fórmula:

$$\gamma_r^2 = \gamma_1^2 + \gamma_V^2 + \gamma_t^2$$

donde:

$\gamma_r$  = valor de la aceleración longitudinal instantánea;

$\gamma_1$  = valor de la aceleración vertical instantánea;

$\gamma_t$  = valor de la aceleración transversal instantánea.

## 11. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

### 11.1 Criterio de aceptabilidad de la cabeza (CAC)

11.1.1 Este criterio de lesiones (CAC) se calculará según la aceleración triaxial resultante, medida de conformidad con el subcapítulo 10.2.2.1 del capítulo 10 con la fórmula siguiente:

$$HAC = (t_2 - t_1) \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_2}^{t_1} \gamma_r dt \right]^{2.5}$$

Donde:

$t_1$  y  $t_2$  = son cualesquiera valores de tiempo durante el ensayo

CAC = es el valor máximo en el intervalo  $t_1$  y  $t_2$ .

Los valores de  $t_1$  y de  $t_2$  se expresarán en segundos.

### 11.2 Criterio de aceptabilidad del tórax (CAT)

11.2.1 Este criterio vendrá determinado por el valor absoluto de la aceleración resultante, expresada en g y medida con arreglo al subcapítulo 10.2.2.2 del capítulo 10, y por el período de aceleración expresado en ms.

### 11.3 Criterio de aceptabilidad del fémur (CAF)

El valor de este criterio vendrá determinado por la carga de compresión expresada en kN, transmitida de manera axial en cada fémur del maniquí y medida según el subcapítulo 10.2.2.3 del capítulo 10, y por la duración de la carga de compresión expresada en ms.

## 12. REQUISITOS Y PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO ESTÁTICO

### 12.1 Requisitos

12.1.1 La finalidad de los requisitos que deben cumplir los asientos que se ensayen según el presente capítulo es determinar:

12.1.1.1 Si los ocupantes de los asientos quedan correctamente retenidos por los asientos situados delante de ellos;

12.1.1.2 Si los ocupantes de los asientos no sufren lesiones de gravedad, y

12.1.1.3 Si el asiento y los soportes del asiento son suficientemente resistentes.

12.1.2 Se considerará que se cumplen los requisitos del subcapítulo 12.1.1.1 si el desplazamiento máximo del punto central de aplicación de cada fuerza establecida en el subcapítulo 12.2.2.1, medido en el plano horizontal y en el plano mediano longitudinal de la plaza de asiento correspondiente, no sobrepasa los 400 mm.

12.1.3 Se considerará que se cumplen los requisitos del subcapítulo 12.1.1.2 si se dan las características siguientes:

12.1.3.1 El desplazamiento máximo del punto central de aplicación de cada fuerza establecida en el subcapítulo 12.2.2.1, medido como se indica en el subcapítulo 12.1.2, no sobrepasa los 100 mm.

**12.1.3.2** El desplazamiento máximo del punto central de aplicación de cada fuerza establecida en el subcapítulo 12.2.2.1, medido como se indica en el subcapítulo 12.1.2, no sobrepasa los 50 mm.

**12.1.3.3** Todos los elementos que formen parte del respaldo del asiento o los accesorios del mismo deben estar diseñados para que no causen lesiones a los viajeros como consecuencia de un impacto. Se considerará que se cumple este requisito si toda parte que pueda entrar en contacto con una esfera de 165 mm de diámetro tiene un radio de curvatura de 5 mm como mínimo.

**12.1.3.4** Si alguna de las partes de los elementos y accesorios mencionados anteriormente es de un material de dureza inferior a 50 Shore A en un soporte rígido, los requisitos del subcapítulo 12.1.3.3 solo se aplicarán al soporte rígido.

**12.1.3.5** No se aplicará lo dispuesto en el subcapítulo 12.1.3.3 a las partes del respaldo del asiento como dispositivos de regulación del asiento y accesorios si, en la posición de descanso, dichas partes están situadas debajo de un plano horizontal de 400 mm por encima del plano de referencia, aun en el caso de que el ocupante pueda entrar en contacto con las mismas.

**12.1.4** Se considerará que se cumplen los requisitos del subcapítulo 12.1.1.3 si:

**12.1.4.1** Ninguna parte del asiento, del soporte del asiento ni de los accesorios se desprende completamente durante el ensayo;

**12.1.4.2** El asiento sigue estando firmemente sujeto, aunque uno o varios anclajes se hayan desprendido parcialmente, y todos los sistemas de bloqueo permanecen fijos durante todo el tiempo que dure el ensayo;

**12.1.4.3** Después del ensayo no hay ninguna parte estructural del asiento o los accesorios con fracturas, aristas vivas, bordes puntiagudos o esquinas que puedan causar lesiones.

## **12.2 Ensayo estático**

### **12.2.1 Aparato de ensayo**

**12.2.1.1** El aparato consistirá en superficies cilíndricas con un radio de curvatura de 82 mm  $\pm$  3 mm y un ancho:

**12.2.1.1.1** Igual como mínimo al ancho del respaldo de cada plaza de asiento del asiento que se ensaye en lo que se refiere a la parte superior,

**12.2.1.1.2** De 320  $^{+10}_0$  mm en la parte inferior, como se indica en la figura 1 del presente capítulo.

**12.2.1.2** La superficie que descansa sobre el asiento será de un material cuya dureza no sea inferior a 80 Shore A.

**12.2.1.3** Cada superficie cilíndrica dispondrá al menos de un transductor de fuerza capaz de medir fuerzas aplicadas en la dirección que se indica en el subcapítulo 12.2.2.1.1.

### **12.2.2 Procedimiento de ensayo**

**12.2.2.1** e aplicará a la parte posterior del asiento en cada una de las plazas de asiento una fuerza de  $\frac{1000}{H1} \pm 50$  N utilizando un dispositivo que se ajuste a lo dispuesto en el subcapítulo 12.2.1.

**12.2.2.1.1** La dirección de aplicación de la fuerza estará situada en el plano vertical mediano de la plaza de asiento correspondiente; será horizontal y se ejercerá de atrás hacia adelante del asiento.

**12.2.2.1.2** Esa dirección se situará a una altura H1 comprendida entre 0,70 m y 0,80 m por encima del plano de referencia. El fabricante determinará la altura exacta.

**12.2.2.2** Se aplicará simultáneamente una fuerza de ensayo de  $\frac{2000}{H2} \pm 100$  N a la parte posterior del asiento en cada plaza de asiento en el mismo plano vertical y en la misma dirección a una altura H2 que estará comprendida entre 0,45 m y 0,55 m por encima del plano de referencia, con un dispositivo que se ajuste a lo dispuesto en el subcapítulo 12.2.1. El fabricante determinará la altura exacta.

**12.2.2.3** Los maniqués de ensayo se mantendrán en contacto lo máximo posible con la parte posterior del asiento durante la aplicación de las fuerzas indicadas en los subcapítulos 12.2.2.1 y 12.2.2.2. Deben poder girar en un plano horizontal.

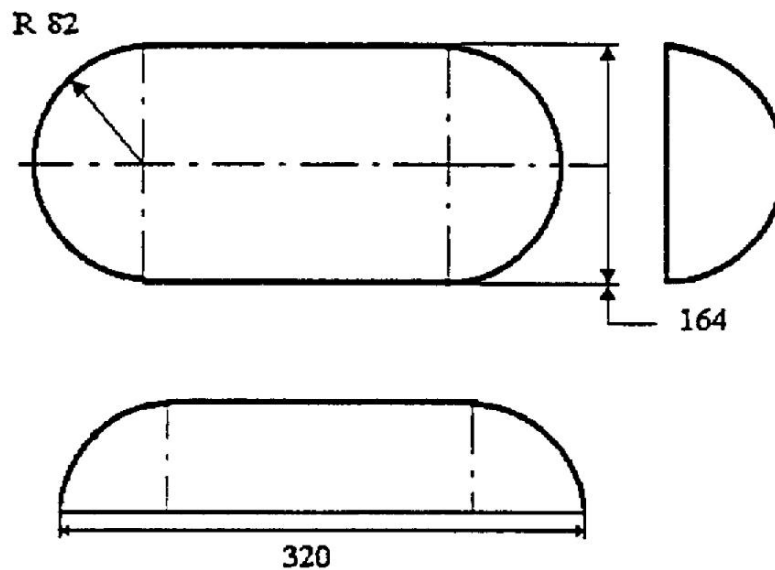
**12.2.2.4** En caso de que un asiento tenga más de una plaza de asiento, deben ejercerse simultáneamente las fuerzas en cada plaza, y habrá tantos maniqués en posición superior e inferior como plazas de asiento.

**12.2.2.5** La posición inicial de cada plaza de asiento de cada uno de los maniqués se determinará poniendo en contacto los dispositivos de ensayo con el asiento con una fuerza igual a 20 N como mínimo.

**12.2.2.6** Cualquiera que sea la deformación y durante un mínimo de 0,2 segundos, deben aplicarse lo más rápidamente posible y mantenerse unidas en un valor específico las fuerzas indicadas en los subcapítulos 12.2.2.1 y 12.2.2.2.

**12.2.2.7** En caso de que el ensayo se haya llevado a cabo siendo una o más fuerzas, pero no todas, mayores que las indicadas en los subcapítulos 12.2.2.1 y 12.2.2.2, y que el asiento cumpla los requisitos, se considerará que se ha superado el ensayo.

**FIGURA 1. Aparato de ensayo estático**



### 13. CARACTERÍSTICAS DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA DE LA PARTE POSTERIOR DE LOS RESPALDOS DE ASIENTOS

13.1 Los elementos de la parte posterior de los respaldos de los asientos situados en la zona de referencia, tal como se define en el subcapítulo 9.2.2.1 del capítulo 9 de la presente norma, se verificarán a petición del fabricante de conformidad con los requisitos de absorción de energía establecidos en el anexo 4 del Reglamento n° 21 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Con ese fin, se ensayarán en todas las posiciones de uso todos los accesorios incorporados, excepto las mesitas, que deben estar cerradas.

13.2 Se hará referencia a este ensayo en un impreso de un tipo de asiento, en que se adjuntará un esquema que indique la zona de la parte del respaldo verificada en el ensayo de disipación de energía.

### 14. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DEL PUNTO «H» Y DEL ÁNGULO REAL DEL TORSO DE LAS PLAZAS DE ASIENTO EN VEHÍCULOS DE MOTOR (Ver apéndice Y)

14.1 **Objeto.** El procedimiento descrito en el presente capítulo sirve para establecer la posición del punto H y el ángulo real del torso de una o varias plazas de asiento en un vehículo de motor y para verificar la relación entre los parámetros medidos y las especificaciones de diseño facilitadas por el fabricante del vehículo, (Nota 1).

#### 14.2 Definiciones

Para los efectos de este capítulo, se adoptan las siguientes definiciones:

14.2.1 *Parámetros de referencia.* Una o varias de las características siguientes de una plaza de asiento:

14.2.1.1 Los puntos H y R, así como la relación entre ambos;

14.2.1.2 Los ángulos real y previsto del torso, así como la relación entre ambos.

14.2.2 Maniquí tridimensional para el punto H (maniquí 3D-H): el dispositivo utilizado para determinar el punto H y el ángulo real del torso. Este dispositivo se describe en el apéndice Y.1 del presente capítulo.

14.2.3 *Punto H.* Centro del eje sobre el que pivotan el torso y el muslo del maniquí 3D-H, cuando este está instalado en el asiento de un vehículo tal y como se describe en el subcapítulo 14.4 del presente capítulo. El punto H se sitúa en el centro del eje medio del dispositivo que está entre los botones de mira del punto H, a cada lado del maniquí 3D-H. El punto H se corresponde teóricamente con el punto R (en relación con las tolerancias, ver subcapítulo 14.3.2.2 del presente capítulo). Una vez determinado con arreglo al procedimiento descrito en el capítulo 14.4, se considera que el punto H está fijo en relación con la estructura cojín-asiento y que se desplaza con ella al regular el asiento.

14.2.4 *Punto R o punto de referencia de la plaza de asiento.* Punto previsto por el fabricante para cada plaza de asiento y establecido con respecto al sistema de referencia tridimensional.

14.2.5 *Línea del torso.* Eje de simetría de la varilla del maniquí 3D-H, con dicha varilla totalmente desplazada hacia atrás.

14.2.6 *Ángulo real del torso.* Ángulo medido entre una línea vertical que pasa por el punto H y la línea del torso, utilizando para la medición el cuadrante de ángulo de la espalda del maniquí 3D-H.

Teóricamente, el ángulo real del torso corresponde al ángulo previsto del torso (en relación con las tolerancias, ver subcapítulo 14.3.2.2 del presente capítulo).

NOTA 1. Cuando no sea posible determinar el punto H en las plazas de asiento distintas de los asientos delanteros utilizando el maniquí tridimensional para el punto H u otros procedimientos, la autoridad competente podrá, si lo estima conveniente, tomar como referencia el punto R indicado por el fabricante.

**14.2.7 Ángulo previsto del torso.** Ángulo medido entre una línea vertical que pasa por el punto R y la línea del torso, en una posición que corresponde a la posición prevista del respaldo del asiento establecida por el fabricante del vehículo.

**14.2.8 Plano medio del ocupante (PMO).** Plano mediano del maniquí 3D-H colocado en cada plaza de asiento prevista; está representado por la coordenada del punto H en el eje Y. En los asientos individuales, el plano medio del asiento coincide con el plano medio del ocupante. En otros asientos, el plano medio del ocupante viene especificado por el fabricante.

**14.2.9 Sistema de referencia tridimensional.** El sistema descrito en el apéndice Y.2 del presente capítulo.

**14.2.10 Marcas de referencia.** Puntos físicos (orificios, superficies, marcas o entalladuras) en la carrocería del vehículo definidos por el fabricante.

**14.2.11 Disposición del vehículo para la medición.** Posición del vehículo definida por las coordenadas de las marcas de referencia en el sistema de referencia tridimensional.

**14.2.11 Disposición del vehículo para la medición.** la posición del vehículo definida por las coordenadas de las marcas de referencia en el sistema de referencia tridimensional.

### 14.3 Requisitos

#### 14.3.1. *Presentación de los parámetros*

Cuando sean necesarios los parámetros de referencia para demostrar la conformidad de una plaza de asiento con las disposiciones de la presente norma, se presentarán, de acuerdo con el procedimiento dispuesto en el apéndice Y.3 del presente capítulo, la totalidad o una selección adecuada de los parámetros siguientes:

**14.3.1.1** Las coordenadas del punto R en relación con el sistema de referencia tridimensional;

**14.3.1.2** El ángulo previsto del torso;

**14.3.1.3** Todas las indicaciones necesarias para regular el asiento (si es regulable) en la posición de medición establecida en el subcapítulo 14.4.3 del presente capítulo.

**14.3.2** Relación entre los resultados de las mediciones y las especificaciones de diseño

**14.3.2.1** Las coordenadas del punto H y el valor del ángulo real del torso, obtenidos según el procedimiento establecido en el subcapítulo 14.4 del presente capítulo, se compararán, respectivamente, con las coordenadas del punto R y con el valor del ángulo previsto del torso indicados por el fabricante del vehículo.

**14.3.2.2** Las posiciones relativas de los puntos R y H y la relación entre el ángulo previsto y el ángulo real del torso se considerarán satisfactorias para la plaza de asiento en cuestión si el punto H, tal como está definido por sus coordenadas, se encuentra dentro de un cuadrado de 50 mm de lado en el que las diagonales de los lados horizontales y verticales se cortan en el punto R, y si el ángulo real del torso no difiere en más de 5° del ángulo previsto del torso.

**14.3.2.3** Si se cumplen estas condiciones, el punto R y el ángulo previsto del torso se utilizarán para demostrar la conformidad con las disposiciones de la presente norma.

**14.3.2.4.** Si el punto H o el ángulo real del torso no satisfacen los requisitos del subcapítulo 14.3.2.2 del presente capítulo, deben ser determinados otras dos veces (en total, tres veces). Si los resultados obtenidos en dos de estas tres operaciones satisfacen los requisitos, se aplicarán las condiciones del subcapítulo 14.3.2.3.

**14.3.2.5** Si los resultados de al menos dos de las tres operaciones descritas en el subcapítulo 14.3.2.4 no satisfacen los requisitos del subcapítulo 14.3.2.2, o si no se puede efectuar la verificación porque el fabricante del vehículo no ha suministrado datos sobre la posición del punto R o el ángulo previsto del torso cada vez que se haga referencia al punto R o al ángulo previsto del torso en la presente norma se utilizará como referencia el baricentro de los tres puntos medidos o la media de los tres ángulos medidos.

#### **14.4 Procedimiento para determinar el punto H y el ángulo real del torso**

**14.4.1** El vehículo debe ser preacondicionado a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ , a elección del fabricante, con el fin de que el material del asiento alcance la temperatura ambiente. Si el asiento que debe comprobarse no ha sido utilizado nunca, debe sentarse en él dos veces durante un minuto una persona de 70 a 80 kg, o se utilizará un dispositivo del mismo peso, a fin de flexionar el cojín y el respaldo. A petición del fabricante, todos los conjuntos de asientos deben permanecer descargados durante al menos treinta minutos antes de instalar el maniquí 3D-H.

**14.4.2** La disposición del vehículo para la medición debe ser la indicada en el subcapítulo 14.2.11 del presente capítulo.

**14.4.3** Si el asiento es regulable, éste debe colocarse, en primer lugar, en la posición normal de conducción o de utilización más retrasada, de acuerdo con las indicaciones del fabricante del vehículo, teniendo en cuenta únicamente el reglaje longitudinal del asiento, con exclusión de otros desplazamientos del asiento utilizados con fines distintos de las posiciones normales de conducción o utilización. En caso de que el asiento disponga de otros reglajes (vertical, angular, de respaldo, etc.), estos se efectuarán a continuación para colocar el asiento en la posición especificada por el fabricante del vehículo. En cuanto a los asientos suspendidos, debe fijarse rígidamente la posición vertical que corresponda a una posición normal de conducción, de acuerdo con lo especificado por el fabricante.

**14.4.4** La superficie de la plaza de asiento que vaya a ser ocupada por el maniquí 3D-H debe cubrirse con una muselina de algodón de tamaño suficiente y de una textura apropiada, definida, o bien como una tela de algodón uniforme de  $18,9$  hilos/cm<sup>2</sup>, con un peso de  $0,228$  kg/m<sup>2</sup>, o bien como tela de punto o no tejida de características equivalentes.

Si el ensayo se efectúa fuera del vehículo, la base sobre la que se sitúe el asiento debe tener las mismas características esenciales <sup>(1)</sup> que el piso del vehículo al que se destine el asiento.

**14.4.5** Situar el conjunto de asiento y espalda del maniquí 3D-H de forma que el plano medio del ocupante (PMO) coincida con el plano medio del maniquí. A petición del fabricante, el maniquí 3D-H puede ser desplazado hacia el interior con respecto al PMO si está colocado en una posición tan exterior que el borde del asiento no permite su nivelado.

**14.4.6** Acoplar los conjuntos de pies y elementos inferiores de las piernas al elemento de asiento del maniquí, bien por separado, bien utilizando el conjunto de barra en T y elementos inferiores de las piernas. La línea que pasa por los botones de mira del punto H debe ser paralela al suelo y perpendicular al plano medio longitudinal del asiento.

**14.4.7** Regular la posición de los pies y las piernas del maniquí 3D-H como sigue:

##### **14.4.7.1 Plaza de asiento designada: conductor y pasajero delantero lateral**

**14.4.7.1.1** Los dos conjuntos de piernas y pies deben moverse hacia delante de manera que los pies adopten posiciones naturales sobre el piso y, si es necesario, entre los pedales. A ser posible, el pie izquierdo y el pie derecho se colocarán aproximadamente a la misma distancia a izquierda y derecha, respectivamente, del plano medio del maniquí 3D-H. El nivel de burbuja que sirve para verificar la orientación transversal del maniquí 3D-H se pondrá en posición horizontal, reajustando, si es preciso, el elemento de asiento o desplazando los conjuntos de piernas y pies hacia atrás. La línea que pasa por los botones de mira del punto H debe mantenerse perpendicular al plano medio longitudinal del asiento.

<sup>(1)</sup> Ángulo de inclinación, diferencia de altura con montaje sobre pedestal, textura superficial, etc.



**14.4.7.1.2** Si la pierna izquierda no puede mantenerse paralela a la derecha y el pie izquierdo no puede apoyarse en la estructura, desplazar el pie izquierdo hasta que encuentre apoyo. Debe mantenerse la alineación de los botones de mira.

**14.4.7.2** Plaza de asiento designada: asientos traseros laterales

Con respecto a los asientos traseros o auxiliares, las piernas se colocarán según especifique el fabricante. Si los pies reposan sobre partes del piso que están a niveles diferentes, debe servir de referencia el pie que primero entre en contacto con el asiento delantero, mientras que el otro pie se colocará de tal manera que el nivel de burbuja que señala la orientación transversal del asiento del dispositivo indique la horizontal.

**14.4.7.3** Otras plazas de asiento designadas:

Debe seguirse el procedimiento general indicado en el subcapítulo 14.4.7.1, con la diferencia de que los pies se colocarán como especifique el fabricante del vehículo.

**14.4.8** Colocar las pesas de los muslos y los elementos inferiores de las piernas y nivelar el maniquí 3D-H.

**14.4.9** Inclinar el elemento de espalda hasta el tope delantero y separar el maniquí 3D-H del respaldo del asiento por medio de la barra en T. Volver a colocar el maniquí sobre el asiento por uno de los métodos siguientes:

**14.4.9.1** Si el maniquí 3D-H tiene tendencia a deslizarse hacia atrás, aplicar el siguiente procedimiento: dejar que se deslice hacia atrás hasta que ya no sea necesario ejercer sobre la barra en T una fuerza horizontal hacia delante que impida el movimiento, es decir, hasta que el elemento de asiento toque el respaldo del asiento. Si es necesario, volver a colocar los elementos inferiores de las piernas.

**14.4.9.2** Si el maniquí 3D-H no tiene tendencia a deslizarse hacia atrás, aplicar el siguiente procedimiento: deslizarlo hacia atrás ejerciendo sobre la barra en T una fuerza horizontal hacia atrás, hasta que el elemento de asiento toque el respaldo del asiento (ver Figura 2 del apéndice Y1 del presente capítulo).

**14.4.10** Aplicar una fuerza de  $100\text{ N} \pm 10\text{ N}$  al conjunto de asiento-espalda del maniquí 3D-H en la intersección del cuadrante de ángulo de la cadera y el alojamiento de la barra en T. La dirección de aplicación de la fuerza debe mantenerse a lo largo de una línea que pasa por la intersección mencionada hasta un punto situado inmediatamente por encima del alojamiento de la barra de los muslos (ver Figura 2 del apéndice Y1 del presente capítulo). A continuación, volver a colocar con cuidado el elemento de espalda sobre el respaldo del asiento. Tomar las precauciones necesarias durante el resto del procedimiento para evitar que el maniquí 3D-H se deslice hacia delante.

**14.4.11** Colocar las pesas de las nalgas derecha e izquierda y, a continuación, alternativamente, las ocho pesas del torso, manteniendo nivelado el maniquí 3D-H.

**14.4.12** Inclinar hacia delante el elemento de espalda para liberar la presión ejercida sobre el respaldo del asiento. A continuación, balancear el maniquí 3D-H de un lado a otro describiendo un arco de  $10^\circ$  ( $5^\circ$  a cada lado del plano medio vertical) durante tres ciclos completos, a fin de suprimir todo rozamiento acumulado entre el maniquí y el asiento.

Durante el balanceo, puede que la barra en T del maniquí 3D-H tienda a desviarse de la alineación vertical y horizontal especificada. Por eso debe retenerse aplicando una fuerza lateral adecuada durante los movimientos de balanceo. Al sujetar la barra en T y balancear el maniquí 3D-H, debe velarse por que no se aplique de forma inadvertida ninguna fuerza exterior en dirección vertical, o hacia delante y hacia atrás.

En esta fase, los pies del maniquí 3D-H no deben retenerse ni sujetarse. Por el contrario, si cambian de posición, deben dejarse que la conserven por el momento.

Volver a colocar con cuidado el elemento de espalda sobre el respaldo del asiento, comprobando la posición neutra de los dos niveles de burbuja. Si durante el balanceo del maniquí 3D-H se han movido los pies, volverán a colocarse del modo siguiente:

Levantar alternativamente cada pie, lo mínimo necesario, hasta que no se produzca ningún movimiento adicional de los pies. Durante esta operación, los pies deben poder rotar y no estarán sometidos a ninguna fuerza lateral ni hacia delante. Cuando cada pie haya vuelto a su posición inferior, el talón debe estar en contacto con la estructura prevista al efecto.

Comprobar la posición neutra del nivel de burbuja lateral; si es preciso, aplicar sobre la parte superior del elemento de espalda, una fuerza lateral suficiente para nivelar sobre el asiento el elemento de asiento del maniquí 3D-H sobre el asiento.

**14.4.13** Sujetando la barra en T para impedir que el maniquí 3D-H se deslice hacia delante sobre el cojín del asiento, proceder del siguiente modo:

- a) Volver a colocar el elemento de espalda sobre el respaldo del asiento;
- b) Aplicar y liberar, alternativamente, sobre la barra de ángulo de la espalda, a una altura que corresponda aproximadamente al centro de las pesas del torso, una fuerza horizontal hacia atrás, inferior o igual a 25 N, hasta que el cuadrante de ángulo de la cadera indique que, tras dejar de aplicarse dicha fuerza, se ha obtenido una posición estable. Verificar que no se aplique sobre el maniquí 3D-H ninguna fuerza exterior lateral o hacia abajo. Si es necesario un nuevo ajuste de nivel del maniquí 3D-H, girar hacia delante el elemento de espalda, volver a nivelar y repetir el procedimiento desde el subcapítulo 14. 4.12.

**14.4.14** Efectuar todas las mediciones:

**14.4.14.1** Las coordenadas del punto H se miden con respecto al sistema de referencia tridimensional.

**14.4.14.2** El ángulo real del torso se verifica en el cuadrante de ángulo de la espalda del maniquí 3D-H con la varilla completamente desplazada hacia atrás.

**14.4.15** Si se desea proceder a una nueva instalación del maniquí 3D-H, el conjunto del asiento debe antes, permanecer sin carga alguna durante, como mínimo, 30 minutos. El maniquí 3D-H no debe dejarse cargado sobre el conjunto de asiento más del tiempo necesario para realizar el ensayo.

**14.4.16** Si los asientos de una misma fila pueden considerarse similares (asiento corrido, asientos idénticos, etc.), solo se determinará un punto H y un ángulo real del torso por fila de asientos, con el maniquí 3D-H descrito en el apéndice Y1 del presente capítulo, sentado en una plaza de asiento considerada representativa de la fila. Esta plaza de asiento debe ser:

**14.4.16.1** Para la fila delantera, el asiento del conductor;

**14.4.16.2** Para la fila o las filas posteriores, un asiento lateral.

## APÉNDICE Y

### Apéndice Y.1

#### DESCRIPCIÓN DEL MANIQUÍ TRIDIMENSIONAL PARA EL PUNTO H <sup>(1)</sup> (Maniquí 3D-H)

##### 1. Elementos de espalda y asiento

Los elementos de espalda y asiento se fabrican con plástico reforzado y metal; simulan el torso y los muslos de una persona y están articulados mecánicamente en el punto H. En el punto H está articulada una varilla que tiene fijado un cuadrante para medir el ángulo real del torso. La barra de los muslos, regulable, fijada al elemento de asiento, determina el eje de simetría de los muslos y sirve como línea de referencia del cuadrante de ángulo de la cadera.

##### 2. Elementos de cuerpo y piernas

Los segmentos inferiores de las piernas están conectados al conjunto del elemento de asiento por medio de la barra en T que une las rodillas, que a su vez es una extensión lateral de la barra de los muslos regulable. Los elementos inferiores de las piernas llevan incorporados cuadrantes para medir el ángulo de las rodillas. Los conjuntos de zapatos y pies están graduados para medir el ángulo de los pies. Dos niveles de burbuja permiten orientar el dispositivo en el espacio. Las pesas de los elementos del cuerpo están situadas en los centros de gravedad correspondientes, a fin de producir una penetración en el asiento equivalente a la de un varón adulto de 76 kg. Es necesario comprobar que todas las articulaciones del maniquí 3D-H se mueven libremente y sin rozamiento perceptible. (Ver Figura 1)

El maniquí corresponde al descrito en la norma ISO 6549-1980.

---

<sup>(1)</sup> Para obtener información sobre la fabricación del maniquí 3D-H, dirigirse a la Society of Automotive Engineers (SAE), 400 Commonwealth Drive, Warrendale, Pennsylvania 15096, Estados Unidos de América. El maniquí corresponde al descrito en la norma ISO 6549:1980.

FIGURA 1. Denominación de los elementos del maniquí 3-D H

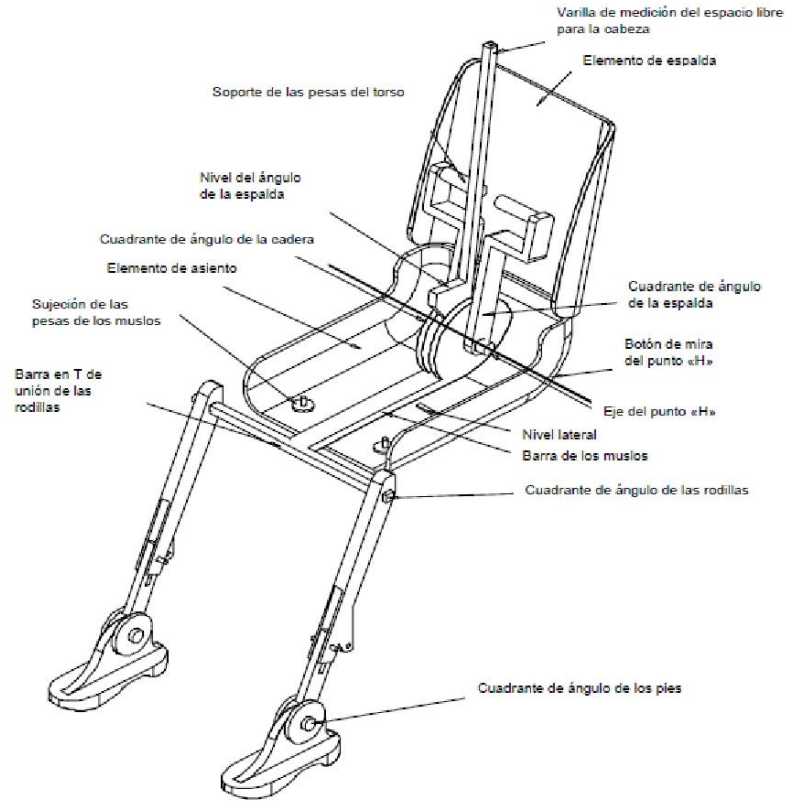
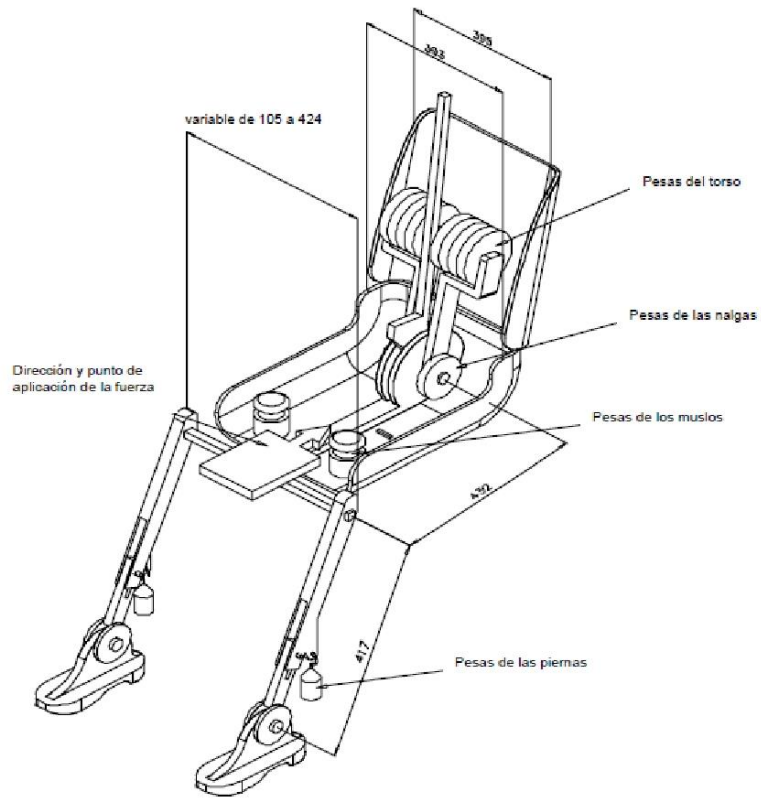


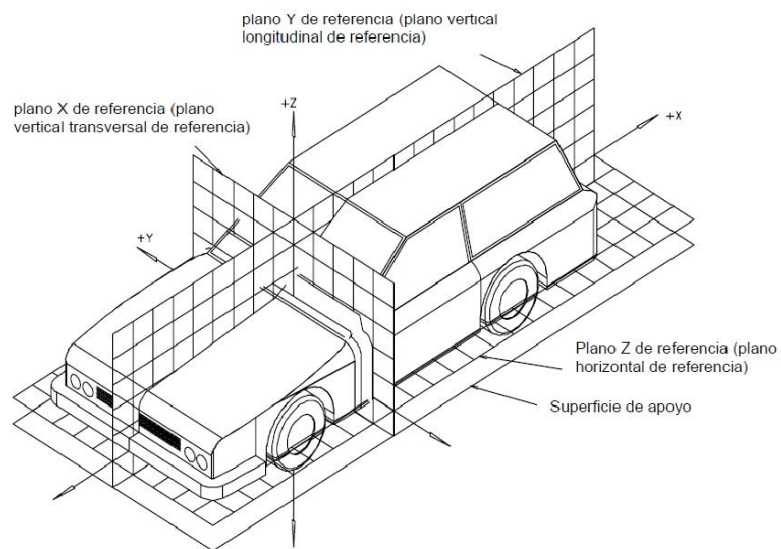
FIGURA 2. Dimensiones de los elementos del maniquí 3-D H y distribución de fuerzas



(Dimensiones en milímetros)

**Apéndice Y.2****SISTEMA DE REFERENCIA TRIDIMENSIONAL**

1. El sistema de referencia tridimensional está definido por tres planos ortogonales establecidos por el fabricante del vehículo (ver Figura 3) <sup>(1)</sup>.
2. La disposición del vehículo para la medición se determina colocándolo sobre la superficie de apoyo de manera que las coordenadas de las marcas de referencia correspondan a los valores indicados por el fabricante.
3. Las coordenadas de los puntos R y H se determinan con respecto a las marcas de referencia definidas por el fabricante del vehículo.

**FIGURA 3. Sistema de referencia tridimensional**

<sup>(1)</sup> El sistema de referencia corresponde a la norma ISO 4130:1978.

## Apéndice Y.3

**PARÁMETROS DE REFERENCIA DE LAS PLAZAS DE ASIENTO****1. Codificación de los parámetros de referencia**

Los parámetros de referencia de cada plaza de asiento se enumeran consecutivamente en una lista. Las plazas de asiento se identifican con un código de dos caracteres. El primero es un número arábigo que designa la fila de asientos, contando desde la fila delantera hacia la fila posterior del vehículo. El segundo es una letra mayúscula que designa la posición de la plaza de asiento en una fila, vista en el sentido de la marcha hacia delante del vehículo. Se utilizarán las siguientes letras:

L = izquierda  
C = centro  
R = derecha

**2. Descripción de la disposición del vehículo para la medición:****2.1 Coordenadas de las marcas de referencia**

X .....  
Y .....  
Z .....

**3. Lista de parámetros de referencia**

3.1 Plaza de asiento: .....

**3.1.1 Coordenadas del punto R**

X .....  
Y .....  
Z .....

3.1.2. Ángulo previsto del torso: .....

3.1.3. Especificaciones para el reglaje del asiento <sup>(1)</sup>

horizontal: .....

vertical: .....

angular: .....

ángulo del torso: .....

NOTA: Enumerar en esta lista los parámetros de referencia de otras plazas de asiento utilizando la numeración 3.2, 3.3, etc.

---

<sup>(1)</sup> Táchese lo que no proceda.

**APÉNDICE Z**  
**BIBLIOGRAFÍA**

Reglamento n° 80 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — *Asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros y de estos vehículos por lo que respecta a la resistencia de los asientos y de sus anclajes.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2701 *Vehículos automotores. Protección contra impacto posterior.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656 *Clasificación vehicular.*



## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO: VEHÍCULOS AUTOMOTORES. ASIENTOS DE** Código:  
**NTE INEN 2708 VEHICULOS DE GRANDES DIMENSIONES PARA EL ICS: 43.040.80**  
**TRANSPORTE DE PASAJEROS. RESISTENCIA DE LOS**  
**ASIENTOS Y DE SUS ANCLAJES. REQUISITOS Y MÉTODO**  
**DE ENSAYO**

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: 2013-05-21 al 2013-06-04

<b>Comite Interno del INEN:</b> Fecha de iniciación: 2013-05-15 Integrantes del Subcomité:	<b>Fecha de aprobación:</b> 2013-05-15
--	--

### NOMBRES:

Dra. María Augusta Friofrío, (Presidenta)  
Ing. Diego Cushi  
Ing. Marco Proaño  
Arq. Edwin Piñeiros  
  
Ing. Roberto Almeida  
  
Ing. Miguel Salazar  
Ing. Ricardo Carrillo  
  
Ing. Verónica Mera, (Secretaría técnica)

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

COORDINACIÓN GENERAL TÉCNICA  
DIRECCIÓN TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN  
DIRECCIÓN TÉCNICA DE METROLOGÍA  
DIRECCIÓN TÉCNICA DE  
REGLAMENTACIÓN  
DIRECTOR DE VALIDACIÓN Y  
CERTIFICACIÓN  
DIRECCIÓN TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN  
DIRECCIÓN TÉCNICA DE VALIDACIÓN Y  
CERTIFICACIÓN  
DIRECCIÓN TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN

### Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 52 de 2013-08-06

Por Resolución No. 13260 de 2013-07-05

# ANEXO H: REGLAMENTO NO. 14 CEPE (COMISIÓN ECONÓMICA PARA EUROPA).

19.8.2015

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 218/27

## ACTOS ADOPTADOS POR ÓRGANOS CREADOS MEDIANTE ACUERDOS INTERNACIONALES

Solo los textos originales de la CEPE surten efectos jurídicos con arreglo al Derecho internacional público. La situación y la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento deben verificarse en la última versión del documento de la CEPE sobre la situación TRANS/WP.29/343, disponible en:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocsts.html>

**Reglamento nº 14 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) — Prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos en lo que concierne a los anclajes de los cinturones de seguridad, los sistemas de anclajes ISOFIX, los anclajes superiores ISOFIX y las plazas de asiento i-Size [2015/1406]**

Incluye todos los textos válidos hasta:

El suplemento 5 de la serie 07 de modificaciones. Fecha de entrada en vigor: 10 de junio de 2014

### ÍNDICE

#### REGLAMENTO

1. Ámbito de aplicación
2. Definiciones
3. Solicitud de homologación
4. Homologación
5. Especificaciones
6. Ensayos
7. Inspección durante los ensayos estáticos y después de los mismos para anclajes del cinturón de seguridad
8. Modificación y extensión de la homologación del tipo de vehículo
9. Conformidad de la producción
10. Sanciones por disconformidad de la producción
11. Instrucciones de funcionamiento
12. Cese definitivo de la producción
13. Nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de la realización de los ensayos de homologación y de los organismos de homologación de tipo
14. Disposiciones transitorias

#### ANEXOS

- |         |   |
|---------|---|
| Anexo 1 | Comunicación  |
| Anexo 2 | Disposición de la marca de homologación   |
| Anexo 3 | Emplazamiento de los anclajes efectivos   |
| Anexo 4 | Procedimiento de determinación del punto H y del ángulo real del torso de las plazas sentadas en vehículos de motor |
| Anexo 5 | Dispositivo de tracción   |
| Anexo 6 | Número mínimo de puntos de anclaje y emplazamiento de los anclajes inferiores                                       |

- Anexo 7 Ensayo dinámico por el que puede optarse en lugar del ensayo estático de resistencia de los anclajes de los cinturones de seguridad
- Anexo 8 Especificaciones del maniquí
- Anexo 9 Sistemas de anclajes ISOFIX y anclajes superiores ISOFIX
- Anexo 10 Plaza de asiento i-Size

## 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento se aplica a:

- a) los vehículos de las categorías M y N <sup>(1)</sup> en lo referente a los anclajes de los cinturones de seguridad destinados a los ocupantes adultos de los asientos, orientados en el sentido de la marcha, en sentido contrario a la marcha u orientados hacia un lado;
- b) los vehículos de las categorías M<sub>1</sub> en lo referente a los sistemas de anclajes ISOFIX y los anclajes superiores ISOFIX destinados a sistemas de retención infantil. Los vehículos de otras categorías que estén equipados con anclajes ISOFIX también deben cumplir lo dispuesto en el presente Reglamento;
- c) los vehículos de todas las categorías con respecto a las plazas de asiento i-Size, si el fabricante del vehículo ha previsto alguna.

## 2. DEFINICIONES

A efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

- 2.1. «Homologación del vehículo»: la homologación de un tipo de vehículo equipado con anclajes para tipos de cinturones de seguridad determinados.
- 2.2. «Tipo de vehículo»: una categoría de vehículos automóviles que no presentan entre sí diferencias esenciales por lo que respecta a las dimensiones, formas y materiales de los componentes de la estructura del vehículo o del asiento a la que estén fijados los anclajes del cinturón de seguridad y los sistemas de anclajes ISOFIX y los anclajes superiores ISOFIX, en su caso, ni, si la resistencia de los anclajes se somete al ensayo dinámico, así como la resistencia del suelo del vehículo cuando se la somete al ensayo estático en el caso de las plazas de asiento i-Size, por lo que respecta a las características de los componentes del sistema de retención, en especial la función de limitador de carga, que influyen en las fuerzas aplicadas a los anclajes de los cinturones de seguridad.
- 2.3. «Anclajes»: las partes de la estructura del vehículo o del asiento o de cualquier otra parte del vehículo a las cuales se deban sujetar los cinturones de seguridad.
- 2.4. «Anclaje efectivo»: el punto utilizado para determinar convencionalmente el ángulo de cada parte del cinturón de seguridad con respecto al usuario, según se prevé en el punto 5.4, es decir, el punto donde una correa debería sujetarse para obtener la misma posición prevista para cuando se use el cinturón, y que podrá ser o no el anclaje real, según la configuración del cinturón y la forma en que esté fijado a dicho punto.
  - 2.4.1. Por ejemplo:
    - 2.4.1.1. en caso de que en la estructura del vehículo o del asiento se utilice una guía de correa, se considerará anclaje efectivo el punto medio de la guía en el lugar donde la correa se separa de ella, del lado del usuario del cinturón, y
    - 2.4.1.2. en caso de que el cinturón pase directamente del usuario a un retractor fijado a la estructura del vehículo o a la estructura del asiento, sin intervención de una guía de correa, se considerará anclaje efectivo la intersección del eje del cilindro del retractor con el plano medio de la correa sobre el cilindro.
- 2.5. «Suelo»: la parte inferior de la carrocería del vehículo que une las paredes laterales de este. Tomado en este sentido, el suelo comprende las nervaduras, relieves embutidos y demás elementos eventuales de refuerzo, aunque estén por debajo del suelo, como, por ejemplo, los largueros y travesaños.

<sup>(1)</sup> Con arreglo a la definición de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, punto 2.

- 2.6. «Asiento»: una estructura que puede ser parte integrante de la estructura del vehículo, recubierta con tapicería y proyectada para acomodar a una persona adulta. El término engloba tanto un asiento individual como una parte de un asiento corrido diseñada para que se siente una persona.
- 2.6.1. «Asiento delantero para pasajeros»: el asiento cuyo punto H de su posición más avanzada se encuentra en el plano vertical transversal que pasa por el punto R del conductor o por delante del mismo.
- 2.6.2. «Asiento orientado hacia delante»: aquel que puede utilizarse con el vehículo en movimiento y que mira hacia la parte delantera del vehículo de manera que su plano vertical de simetría forma un ángulo de menos de  $+ 10^\circ$  o  $- 10^\circ$  Con el plano vertical de simetría del vehículo.
- 2.6.3. «Asiento orientado hacia atrás»: aquel que puede utilizarse con el vehículo en movimiento y que mira hacia la parte trasera del vehículo de manera que su plano vertical de simetría forma un ángulo de menos de  $+ 10^\circ$  o  $- 10^\circ$  Con el plano vertical de simetría del vehículo.
- 2.6.4. «Asiento orientado hacia un lado»: aquel que puede utilizarse con el vehículo en movimiento y que mira hacia un lado del vehículo de manera que su plano vertical de simetría forma un ángulo de  $90 \pm 10^\circ$  Con el plano vertical de simetría del vehículo.
- 2.7. «Grupo de asientos»: bien un asiento corrido, bien asientos separados pero montados uno al lado del otro (es decir, con los anclajes delanteros de uno de los asientos alineados con los anclajes traseros de otro asiento o delante de los mismos, y alineados con los anclajes delanteros de otro asiento o detrás de los mismos), que ofrezcan una o varias plazas de asiento para adultos.
- 2.8. «Asiento corrido»: una estructura recubierta con tapicería y proyectada para que se siente más de una persona adulta.
- 2.9. «Tipo de asiento»: una categoría de asientos que no difieren entre sí en los siguientes aspectos esenciales:
- 2.9.1. forma, dimensiones y materiales de la estructura del asiento;
- 2.9.2. tipo y dimensiones de los sistemas de regulación y de todos los sistemas de bloqueo;
- 2.9.3. tipo y dimensiones de los anclajes del cinturón en el asiento, del anclaje del asiento y de las partes que forman parte de la estructura del vehículo.
- 2.10. «Anclaje del asiento»: el sistema de fijación del conjunto del asiento a la estructura del vehículo, con inclusión de las partes afectadas de dicha estructura.
- 2.11. «Sistema de regulación»: el dispositivo que permite ajustar el asiento o sus partes a una posición del ocupante sentado adaptada a su morfología; este dispositivo puede, en particular, permitir:
- 2.11.1. el desplazamiento longitudinal;
- 2.11.2. el desplazamiento vertical;
- 2.11.3. el desplazamiento angular;
- 2.12. «Sistema de desplazamiento»: un dispositivo que permite un desplazamiento angular o longitudinal, sin posición intermedia fija, del asiento o de una de sus partes, para facilitar el acceso al espacio situado detrás de dicho asiento.
- 2.13. «Sistema de bloqueo»: un dispositivo destinado a mantener inmóvil el asiento y sus partes en cualquier posición de uso y que incluya mecanismos para el bloqueo del respaldo con respecto al asiento y del asiento con respecto al vehículo.
- 2.14. «Zona de referencia»: el espacio entre dos planos longitudinales verticales, con una separación de 400 mm y simétricos respecto al punto H, y definidos por rotación del aparato en forma de cabeza descrito en el anexo 1 de Reglamento nº 21, de la vertical a la horizontal. El aparato deberá colocarse con arreglo a lo descrito en dicho anexo del Reglamento nº 21 y se regulará en su longitud máxima de 840 mm.
- 2.15. «Función de limitador de carga sobre el tórax»: la parte del cinturón de seguridad, del asiento o del vehículo destinada a limitar la intensidad de la fuerza de retención ejercida sobre el tórax del ocupante en caso de colisión.

- 2.16. «ISOFIX»: un sistema para la conexión de los sistemas de retención infantil a los vehículos que posee dos anclajes rígidos al vehículo, dos fijaciones rígidas correspondientes en el sistema de retención infantil y un medio para limitar la rotación del sistema de retención infantil.
- 2.17. «Plaza ISOFIX»: emplazamiento que permite la instalación de:
- a) bien un sistema universal de retención infantil ISOFIX orientado hacia delante tal como se define en el Reglamento n° 44;
  - b) o bien un sistema semiuniversal de retención infantil ISOFIX orientado hacia delante tal como se define en el Reglamento n° 44;
  - c) o bien un sistema semiuniversal de retención infantil ISOFIX orientado hacia atrás tal como se define en el Reglamento n° 44;
  - d) o bien un sistema semiuniversal de retención infantil ISOFIX de orientación lateral tal como se define en el Reglamento n° 44;
  - e) o bien un sistema de retención infantil ISOFIX para vehículos específicos tal como se define en el Reglamento n° 44;
  - f) o bien un sistema de retención infantil i-Size para vehículos específicos tal como se define en el Reglamento n° 129;
  - g) o bien un sistema de retención infantil ISOFIX para vehículos específicos tal como se define en el Reglamento n° 129.
- 2.18. «Anclaje inferior ISOFIX»: una barra horizontal redonda y rígida de 6 mm de diámetro que salga de la estructura del vehículo o del asiento para poder acoger y sujetar un sistema de retención infantil ISOFIX con fijaciones ISOFIX.
- 2.19. «Sistema de anclajes ISOFIX»: un sistema formado por dos anclajes inferiores ISOFIX concebido para sujetar un sistema de retención infantil ISOFIX junto con un dispositivo antirrotación.
- 2.20. «Fijación ISOFIX»: una de las dos conexiones que cumplen los requisitos de los Reglamentos n° 44 o 129 que salen del sistema de retención infantil ISOFIX y que son compatibles con un anclaje inferior ISOFIX.
- 2.21. «Sistema de retención infantil ISOFIX»: un sistema de retención infantil que cumple los requisitos los Reglamentos n° 44 o 129 y que debe sujetarse a un sistema de anclajes ISOFIX.
- 2.22. «Dispositivo de aplicación de fuerza estática (SFAD)»: un aparato de ensayo de los sistemas de anclajes de vehículo ISOFIX y que se utiliza para verificar su resistencia y la capacidad de la estructura del vehículo o del asiento para limitar la rotación en un ensayo estático. El aparato de ensayo para los anclajes inferiores y los anclajes superiores se describe en las figuras 1 y 2 del anexo 9, así como un SFAD<sub>SI</sub> (pata de apoyo) para evaluar las plazas de asiento i-Size con respecto a la resistencia del suelo del vehículo. En la figura 3 del anexo 10 se ofrece un ejemplo de SFAD<sub>SI</sub>.
- 2.23. «Dispositivo antirrotación»:
- a) un dispositivo antirrotación para un sistema de retención infantil ISOFIX universal consiste en la fijación superior ISOFIX;
  - b) un dispositivo antirrotación para un sistema de retención infantil ISOFIX semiuniversal consiste en una fijación superior, o en el salpicadero del vehículo, o en una pata de apoyo destinada a limitar la rotación del dispositivo de sujeción durante un impacto frontal;
  - c) un dispositivo antirrotación para un sistema de retención infantil i-Size consiste en una fijación superior o en una pata de apoyo destinada a limitar la rotación del dispositivo de sujeción durante un impacto frontal;
  - d) para los sistemas de retención infantil ISOFIX, i-Size, universales y semiuniversales, el asiento del vehículo no constituye en sí mismo ningún dispositivo antirrotación.
- 2.24. «Anclaje superior ISOFIX»: un elemento, como por ejemplo una barra, situado en una zona definida, diseñado para admitir el conector de la correa de anclaje superior ISOFIX y transferir su fuerza de sujeción a la estructura del vehículo.
- 2.25. «Conector de anclaje superior ISOFIX»: un dispositivo destinado a estar fijado a un anclaje superior ISOFIX.

- 2.26. «Gancho de anclaje superior ISOFIX»: un conector de anclaje superior ISOFIX normalmente utilizado para fijar una correa de anclaje superior ISOFIX a un anclaje superior ISOFIX tal como se define en la figura 3 del anexo 9 del presente Reglamento.
- 2.27. «Correa de anclaje superior ISOFIX»: una correa de tejido (o su equivalente) que se extiende desde la parte superior de un sistema de retención infantil ISOFIX hasta el anclaje superior ISOFIX, y que está equipada con un dispositivo de ajuste, un dispositivo de disminución de la tensión, y un conector de anclaje superior ISOFIX.
- 2.28. «Dispositivo de guía»: un dispositivo destinado a ayudar a la persona que instala el sistema de retención infantil ISOFIX guiando físicamente las fijaciones ISOFIX de la retención infantil ISOFIX a un alineamiento correcto con los anclajes inferiores ISOFIX a fin de facilitar el enganche.
- 2.29. «Aparato de retención infantil»: un aparato correspondiente a una de las ocho clases de tamaños ISOFIX definidas en el anexo 17, apéndice 2, punto 4, del Reglamento nº 16, cuyas dimensiones se presentan en las figuras 1 a 7 del punto 4 anteriormente mencionado. Estos aparatos de retención infantil (ARI) se utilizan en el Reglamento nº 16 para comprobar cuáles son las clases de tamaño de los sistemas de retención infantil ISOFIX que pueden adaptarse a las posiciones ISOFIX del vehículo. Asimismo, uno de los ARI, el denominado ISO/F2 (B) o ISO/F2X(B1) que se describe en el anexo 17, apéndice 2, del Reglamento nº 16, se utiliza en este Reglamento para comprobar la situación y la posibilidad de acceso a cualquier sistema de anclajes ISOFIX.
- 2.30. «Volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo»: el volumen, mostrado en las figuras 1 y 2 del anexo 10 del presente Reglamento, dentro del cual se apoyará la pata de apoyo de un sistema de retención infantil i-Size definida en el Reglamento nº 129 y que, por tanto, ha de estar en contacto con el suelo del vehículo.
- 2.31. «Superficie de contacto con el suelo del vehículo»: la zona resultante de la intersección de la superficie superior del suelo del vehículo (incluida la tapicería, la alfombrilla, la espuma, etc.) con el volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo y que está concebida para soportar las fuerzas de la pata de apoyo de un sistema de retención infantil i-Size definido en el Reglamento nº 129.
- 2.32. «Plaza de asiento i-Size»: una plaza de asiento, en caso de que el fabricante del vehículo haya señalado alguna, que está concebida para acoger un sistema de retención infantil i-Size, definido en el Reglamento nº 129, y que cumple los requisitos establecidos en este Reglamento.
3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN
- 3.1. La solicitud de homologación de un tipo de vehículo en lo que concierne a los anclajes, los sistemas de anclajes ISOFIX, los anclajes superiores ISOFIX y las plazas de asiento i-Size, en su caso, deberá presentarla el fabricante del vehículo o su representante debidamente acreditado.
- 3.2. Deberá ir acompañada por los documentos (por triplicado) que se mencionan a continuación y se harán constar asimismo los datos siguientes:
- 3.2.1. croquis de la estructura general del vehículo, a la escala adecuada, que indiquen la situación de los anclajes y de los anclajes efectivos (cuando proceda), de los sistemas de anclajes ISOFIX, de los anclajes superiores ISOFIX, en su caso, y, en caso de haber plazas de asiento i-Size, la superficie de contacto del suelo del vehículo, y croquis detallados de los anclajes, de los sistemas de anclajes ISOFIX, en su caso, y de los anclajes superiores ISOFIX, en su caso, y de los puntos a los que están fijados y, en caso de haber plazas de asiento i-Size, la superficie de contacto con el suelo del vehículo;
- 3.2.2. la indicación de la naturaleza de los materiales que pueden influir en la resistencia de los anclajes, de los sistemas de anclajes ISOFIX y de los anclajes superiores ISOFIX, en su caso, y, en caso de haber plazas de asiento i-Size, la superficie de contacto con el suelo del vehículo;
- 3.2.3. una descripción técnica de los anclajes, de los sistemas de anclajes ISOFIX y de los anclajes superiores ISOFIX, en su caso;
- 3.2.4. en el caso de los anclajes, los sistemas de anclajes ISOFIX y los anclajes superiores ISOFIX, en su caso, fijados a la estructura del asiento:
- 3.2.4.1. una descripción detallada del tipo de vehículo en lo que concierne al diseño de sus asientos, de los anclajes de sus asientos y de sus sistemas de regulación y bloqueo;

- 3.2.4.2. croquis, a la escala que proceda y con suficiente detalle, de los asientos y sus anclajes al vehículo, y de sus sistemas de regulación y bloqueo.
- 3.2.5. La prueba de que el cinturón de seguridad o el sistema de retención utilizado en el ensayo de homologación de los anclajes se ajusta al Reglamento nº 16, en caso de que el fabricante del vehículo opte por el ensayo dinámico de resistencia alternativo.
- 3.3. El fabricante deberá presentar al servicio técnico encargado de los ensayos de homologación, según decida, bien un vehículo representativo del tipo de vehículo objeto de homologación, bien las partes del vehículo consideradas esenciales para los ensayos de los anclajes de los cinturones de seguridad, de los sistemas de anclajes ISOFIX y de los anclajes superiores ISOFIX (en su caso), y, si hay plazas de asiento i-Size, para el ensayo relativo a la superficie de contacto con el suelo del vehículo.
4. HOMOLOGACIÓN
- 4.1. Si el vehículo presentado para su homologación con arreglo al presente Reglamento satisface los requisitos pertinentes del presente Reglamento, deberá concederse la homologación de dicho tipo de vehículo.
- 4.2. Se asignará un número de homologación a cada tipo homologado. Los dos primeros dígitos (actualmente, 07, que corresponden a la serie 07 de modificaciones) indicarán la serie correspondiente de modificaciones que incorpore las modificaciones técnicas importantes más recientes introducidas en el Reglamento en el momento en que se expidió la homologación. Una misma Parte contratante no podrá asignar el mismo número a otro tipo de vehículo según se define en el punto 2.2.
- 4.3. La notificación a las Partes contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento de la homologación de un tipo de vehículo o la extensión o denegación o retirada de la misma con arreglo al Reglamento deberá realizarse por medio de un formulario que se ajustará al modelo que figura en el anexo 1 del presente Reglamento.
- 4.4. Se colocará una marca de homologación internacional, de manera visible y en un lugar fácilmente accesible especificado en el formulario de homologación, en cada vehículo que se ajuste a un tipo de vehículo homologado con arreglo al presente Reglamento. La marca consistirá en:
- 4.4.1. la letra «E» mayúscula dentro de un círculo seguida del número que identifica al país emisor de la homologación <sup>(1)</sup>;
- 4.4.2. el número del presente Reglamento, a la derecha del círculo que se establece en el punto 4.4.1;
- 4.4.3. la letra «e» a la derecha del número del presente Reglamento, cuando se trate de una homologación con arreglo al ensayo dinámico al que se refiere el anexo 7.
- 4.5. Si el vehículo se ajusta a un tipo de vehículo homologado de acuerdo con uno o varios Reglamentos adjuntos al Acuerdo en el país que haya concedido la homologación con arreglo al presente Reglamento, no será necesario repetir el símbolo que se establece en el punto 4.4.1. En ese caso, el Reglamento, los números de homologación y los símbolos adicionales de todos los Reglamentos según los cuales se ha concedido la homologación en el país que la concedió de conformidad con el presente Reglamento se colocarán en columnas verticales a la derecha del símbolo exigido en el punto 4.4.1.
- 4.6. La marca de homologación aparecerá claramente legible y será indeleble.
- 4.7. La marca de homologación se situará en la placa informativa del vehículo colocada por el fabricante, o cerca de la misma.
- 4.8. El anexo 2 del presente Reglamento proporciona ejemplos de disposición de la marca de homologación.
5. ESPECIFICACIONES
- 5.1. Definiciones (véase el anexo 3)
- 5.1.1. El punto H es un punto de referencia definido en el anexo 4, punto 2.3, del presente Reglamento, que deberá determinarse con arreglo al procedimiento expuesto en dicho anexo.
- 5.1.1.1. El punto H' es un punto de referencia que corresponde a H, definido en el punto 5.1.1, que deberá determinarse para cada posición normal en la que se utilice el asiento.

<sup>(1)</sup> Los números de identificación de las Partes contratantes del Acuerdo de 1958 se reproducen en el anexo 3 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2/Amend.3.

- 5.1.1.2. El punto R es el punto de referencia de la plaza de asiento a la que se refiere el anexo 4, punto 2.4, del presente Reglamento.
- 5.1.2. El sistema de referencia tridimensional se define en el anexo 4, apéndice 2, del presente Reglamento.
- 5.1.3. Los puntos  $L_1$  y  $L_2$  son los anclajes efectivos inferiores.
- 5.1.4. El punto C se sitúa a 450 mm en dirección vertical por encima del punto R. No obstante, si la distancia S definida en el punto 5.1.6 no es inferior a 280 mm y si el fabricante opta por la fórmula alternativa prevista  $BR = 260 \text{ mm} + 0,8 S$  especificada en el punto 5.4.3.3, la distancia vertical entre C y R deberá ser de 500 mm.
- 5.1.5. Los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  son, respectivamente, los formados por un plano horizontal y los planos perpendiculares al plano longitudinal vertical mediano del vehículo y que pasan por el punto R y los puntos  $L_1$  y  $L_2$ .  
Si el asiento es regulable, este requisito también se aplicará a los puntos H de todas las posiciones normales de conducción o utilización, indicadas por el fabricante del vehículo.
- 5.1.6. S es la distancia en milímetros que separa el anclaje efectivo superior de un plano de referencia P paralelo al plano longitudinal mediano del vehículo y que se define de la siguiente forma:
- 5.1.6.1. si la plaza de asiento está bien definida por la forma del asiento, el plano P será el plano mediano de dicho asiento;
- 5.1.6.2. si la plaza de asiento no está bien definida:
- 5.1.6.2.1. el plano P relativo al asiento del conductor será el plano vertical paralelo al plano longitudinal mediano del vehículo que pase por el centro del volante en el plano del aro del mismo, colocado en su posición central si es regulable;
- 5.1.6.2.2. el plano P relativo al pasajero lateral delantero será simétrico al del conductor;
- 5.1.6.2.3. el plano P relativo a una plaza de asiento lateral trasera será el que haya especificado el fabricante, siempre que para la distancia A entre el plano longitudinal mediano del vehículo y el plano P se respeten los siguientes límites:  
A es igual o superior a 200 mm si el asiento corrido está proyectado para ser ocupado únicamente por dos pasajeros;  
A es igual o superior a 300 mm si el asiento corrido está proyectado para ser ocupado por más de dos pasajeros.
- 5.2. Especificaciones generales
- 5.2.1. Los anclajes deberán estar proyectados, contruidos y colocados de manera que:
- 5.2.1.1. permitan la instalación de un cinturón de seguridad adecuado. Los anclajes de las plazas de asiento laterales delanteras deberán permitir la instalación de cinturones de seguridad que incluyan un retractor y una polea de reenvío al montante, teniendo presente sobre todo las características de resistencia de los anclajes, a no ser que el fabricante suministre el vehículo equipado con otros tipos de cinturones provistos de retractores. Si los anclajes resultan adecuados únicamente para determinados tipos de cinturones, su configuración deberá indicarse en el formulario que se menciona en el punto 4.3;
- 5.2.1.2. reduzcan al mínimo el riesgo de deslizamiento del cinturón cuando esté correctamente colocado;
- 5.2.1.3. reduzcan al mínimo el riesgo de deterioro de la correa por contacto con las partes rígidas salientes de la estructura del vehículo o del asiento;
- 5.2.1.4. el vehículo pueda cumplir lo dispuesto en el presente Reglamento en condiciones normales de utilización;
- 5.2.1.5. cuando se trate de anclajes que admitan diferentes posiciones para permitir a las personas entrar en el vehículo y para retener a los ocupantes, las especificaciones del presente Reglamento se deberán aplicar a los anclajes en la posición de retención efectiva.



- 5.2.2. Los sistemas de anclajes ISOFIX y los anclajes superiores ISOFIX, instalados o concebidos para ser instalados, para sistemas de retención infantil ISOFIX, así como la superficie de contacto con el suelo del vehículo de las plazas de asiento i-Size, deberán estar concebidos, fabricados y colocados de manera que:
- 5.2.2.1. los sistemas de anclajes ISOFIX y los anclajes superiores, así como las superficies de contacto con el suelo del vehículo de las plazas de asiento i-Size, permitan que el vehículo cumpla lo dispuesto en el presente Reglamento en condiciones normales de utilización.
- Los sistemas de anclajes ISOFIX y los anclajes superiores ISOFIX que pudieran añadirse a un vehículo cumplirán asimismo lo dispuesto en el presente Reglamento. En consecuencia, estos anclajes deberán describirse en el documento de solicitud de la homologación de tipo:
- 5.2.2.2. el sistema de anclajes ISOFIX y la resistencia de los anclajes superiores ISOFIX estarán diseñados para cualquier sistema de retención infantil ISOFIX de grupo de masa 0, 0+ o 1, tal como se define en el Reglamento nº 44;
- 5.2.2.3. los sistemas de anclajes ISOFIX, los anclajes superiores ISOFIX y la superficie de contacto con el suelo de las plazas de asiento i-Size estarán concebidos para los sistemas de retención infantil i-Size, definidos en el Reglamento nº 129.
- 5.2.3. Sistemas de anclajes ISOFIX, diseño y colocación:
- 5.2.3.1. Cualquier sistema de anclajes ISOFIX deberá consistir en una o varias barras rígidas horizontales y transversales de  $6 \pm 0,1$  mm de diámetro, que cubran dos zonas de un mínimo de 25 mm de longitud efectiva situadas en el mismo eje, tal como se define en la figura 4 del anexo 9.
- 5.2.3.2. Cualquier sistema de anclajes ISOFIX instalado en una plaza de asiento de un vehículo deberá estar situado a una distancia no inferior a 120 mm detrás del punto H tal como se determina en el anexo 4 del presente Reglamento, medida horizontalmente y hasta el centro de la barra.
- 5.2.3.3. Para cualquier sistema de anclajes ISOFIX instalado en el vehículo, deberá ser posible fijar el aparato de retención infantil ISOFIX «ISO/F2» (B) o bien el «ISO/F2X» (B1), según indique el fabricante del vehículo, descritos en el Reglamento nº 16 (anexo 17, apéndice 2).
- Las plazas para i-Size acogerán aparatos de retención infantil de las clases de tamaño «ISO/F2X» (B1), e «ISO/R2» (D) junto con el volumen para la evaluación de las dimensiones de la pata de apoyo, definidos en el Reglamento nº 16 (anexo 17, apéndice 2).
- 5.2.3.4. La superficie inferior del aparato de retención infantil ISOFIX, tal como se define en el punto 5.2.3.3, deberá tener ángulos de posición dentro de los límites siguientes, medidos en relación con los planos de referencia del vehículo tal como se definen en el anexo 4, apéndice 2, del presente Reglamento:
- a) Cabeceo:  $15 \pm 10^\circ$  ;
- b) Balanceo:  $0 \pm 5^\circ$  ;
- c) Guiñada:  $0 \pm 10^\circ$  .
- En cuanto a las plazas i-Size, a condición de no superar los límites establecidos en el punto 5.2.3.4, se admite que la longitud más corta de la pata de apoyo, según el volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo, forme un ángulo de cabeceo mayor del que normalmente impondría el asiento o la estructura del vehículo. Será posible instalar el aparato de retención infantil ISOFIX con el ángulo de cabeceo aumentado.
- 5.2.3.5. Los sistemas de anclajes ISOFIX deberán estar permanentemente colocados o ser ocultables. En caso de anclajes ocultables, los requisitos relativos al sistema de anclajes ISOFIX deberán cumplirse cuando estén desplegados.
- 5.2.3.6. Cada barra de anclaje inferior ISOFIX (cuando se despliegue para su uso) o cada dispositivo de guía instalado permanentemente deberá ser visible, sin compresión del cojín del asiento ni del respaldo del asiento, cuando la barra o el dispositivo de guía sean vistos, en un plano vertical longitudinal que pase a través del centro de la barra o del dispositivo de guía, a lo largo de una línea que haga un ángulo ascendente de 30 grados con un plano horizontal.

Como alternativa al requisito anterior, el vehículo deberá estar permanente marcado junto a cada barra o dispositivo de guía. Este marcado deberá consistir en uno de los elementos siguientes, a elección del fabricante.

5.2.3.6.1. Como mínimo, el símbolo de la figura 12 del anexo 9, que consiste en un círculo con un diámetro de un mínimo de 13 mm y que contiene un pictograma, con las siguientes condiciones:

- a) el pictograma deberá contrastar con el fondo del círculo;
- b) el pictograma deberá estar situado cerca de cada barra del sistema;

5.2.3.6.2. La palabra «ISOFIX» en mayúsculas de un mínimo de 6 mm de altura.

5.2.3.7. Los requisitos del punto 5.2.3.6 no se aplicarán a las plazas de asiento i-Size, que estarán marcadas conforme a lo dispuesto en el punto 5.2.5.1.

5.2.4. Anclajes superiores ISOFIX, diseño y colocación:

A petición del fabricante del vehículo, los métodos descritos en los puntos 5.2.4.1 y 5.2.4.2 pueden utilizarse alternativamente.

El método descrito en el punto 5.2.4.1 únicamente puede utilizarse si la plaza ISOFIX está situada en un asiento del vehículo.

5.2.4.1. Sin perjuicio de los puntos 5.2.4.3 y 5.2.4.4, la parte de cada anclaje superior ISOFIX que está destinada a unirse a un conector de anclaje superior ISOFIX deberá estar situada a una distancia no superior a 2 000 mm del punto de referencia del hombro y dentro de la zona sombreada, tal como se muestra en las figuras 6 a 10 del anexo 9, de la plaza de asiento determinada para la que se ha instalado, tomándose como referencia una plantilla descrita en la norma SAE J 826 (julio de 1995) y que figura en el anexo 9, figura 5, con arreglo a las condiciones siguientes:

5.2.4.1.1. el punto H de la plantilla debe estar situado en el único punto H de la posición descendente completa y la posición hacia atrás completa del asiento, excepto el hecho de que la plantilla está situada lateralmente en el punto medio entre los dos anclajes inferiores ISOFIX;

5.2.4.1.2. la línea del torso de la plantilla debe estar en el mismo ángulo en relación con el plano vertical transversal cuando el respaldo del asiento esté en la posición más vertical, y

5.2.4.1.3. la plantilla debe estar situada en el plano vertical longitudinal que contiene el punto H de la plantilla.

5.2.4.2. La zona de anclaje superior ISOFIX también puede ser colocada con la ayuda del aparato «ISO/F2» (B), tal como se define en el Reglamento nº 16 (anexo 17, apéndice 2, figura 2), en una plaza ISOFIX equipada con anclajes inferiores ISOFIX, tal como se muestra en la figura 11 del anexo 9.

La plaza de asiento será la posición más hacia atrás y más hacia abajo del asiento, con el respaldo del asiento en su posición nominal, o como recomiende el fabricante del vehículo.

En vista lateral, el anclaje superior ISOFIX deberá estar situado detrás de la cara posterior del aparato «ISO/F2» (B).

La intersección entre la cara posterior del aparato «ISO/F2» (B) y la línea horizontal (anexo 9, figura 11, referencia 3) que contiene el último punto rígido de una dureza superior a 50 Shore A en la parte superior del respaldo del asiento define el punto de referencia 4 (anexo 9, figura 11) en el eje de simetría del aparato «ISO/F2» (B). En este punto de referencia, un ángulo máximo de 45° por encima de la línea horizontal define el límite superior de la zona de anclaje de fijación superior.

En vista desde arriba, en el punto de referencia 4 (anexo 9, figura 11), un ángulo máximo de 90° que se extiende hacia atrás y lateralmente, y en vista posterior, un ángulo máximo de 40° que define dos volúmenes que limitan la zona de anclaje para la fijación superior ISOFIX.

El origen de la correa de anclaje superior ISOFIX (5) está situado en la intersección del aparato «ISO/F2» (B) con un plano a una distancia de 550 mm por encima de la cara horizontal del aparato «ISO/F2» (B) (1) en el eje de simetría del aparato «ISO/F2» (B) (6).

Además, el anclaje superior ISOFIX deberá tener más de 200 mm, pero no más de 2 000 mm desde el origen de la correa de anclaje superior ISOFIX en la cara posterior del aparato «ISO/F2» (B), medido a lo largo de la correa cuando está extendida sobre el respaldo del asiento hacia el anclaje superior ISOFIX.

- 5.2.4.3. La parte del anclaje superior ISOFIX en un vehículo que está destinada a unirse a un conector de anclaje superior ISOFIX puede estar situada fuera de las zonas sombreadas mencionadas en los puntos 5.2.4.1 o 5.2.4.2 si un emplazamiento dentro de una zona no es apropiado y si el vehículo está equipado con un dispositivo de encaminamiento que:
- 5.2.4.3.1. garantice que la correa de anclaje superior ISOFIX funcione como si la parte del anclaje destinada a unirse con el anclaje superior ISOFIX estuviese situada en la zona sombreada; y
- 5.2.4.3.2. se encuentre al menos 65 mm por detrás de la línea del torso, en caso de un dispositivo de encaminamiento de tejido no rígido o de un dispositivo de encaminamiento desplegable, o al menos 100 mm por detrás de la línea del torso, en caso de un dispositivo de encaminamiento rígido fijo, y
- 5.2.4.3.3. cuando se someta a ensayo después de que se haya instalado tal como está previsto para su utilización, el dispositivo sea lo suficientemente resistente para resistir, con el anclaje superior ISOFIX, la carga mencionada en el punto 6.6 del presente Reglamento.
- 5.2.4.4. Puede empotrarse un anclaje de fijación en el respaldo del asiento, a condición de que no sea en la zona de enrollamiento de la correa en la parte superior del respaldo del asiento del vehículo.
- 5.2.4.5. El anclaje superior ISOFIX deberá tener unas dimensiones que permitan fijar un gancho de anclaje superior ISOFIX tal como se especifica en la figura 3.

Deberá preverse un espacio libre alrededor de cada anclaje superior ISOFIX para permitir el cierre y la apertura del mecanismo.

Todos los anclajes situados por detrás de un sistema de anclajes ISOFIX y que puedan utilizarse para fijar un gancho de anclaje superior ISOFIX estarán diseñados para impedir una utilización incorrecta mediante una o varias de las medidas siguientes:

- diseñar todos esos anclajes en la zona de anclaje superior ISOFIX como anclajes superiores ISOFIX, o
- marcar solo los anclajes superiores ISOFIX utilizando uno de los símbolos, o su imagen invertida, representados en la figura 13 del anexo 9, o
- cuando no se apliquen las medidas a) o b) anteriores, marcar dichos anclajes indicando claramente que no deben utilizarse con ningún sistema de anclajes ISOFIX.

Cuando un anclaje superior ISOFIX esté bajo una cubierta, esta cubierta deberá estar identificada, por ejemplo, por uno de los símbolos o la imagen invertida de uno de los símbolos presentados en la figura 13 del anexo 9; deberá poder retirarse esta cubierta sin la ayuda de herramientas.

- 5.2.5. Requisitos relativos a las plazas de asiento i-Size

Todas las plazas de asiento i-Size, definidas por el fabricante del vehículo, cumplirán los requisitos establecidos en los puntos 5.2.2 a 5.2.5.3.

- 5.2.5.1. Marcas

Todas las plazas de asiento i-Size estarán marcadas de forma permanente cerca del sistema de anclajes inferiores ISOFIX (barra o dispositivo de guía) de la plaza de asiento correspondiente.

El marcado será, como mínimo, el símbolo de la figura 4 del anexo 10, que consiste en un cuadrado de un tamaño mínimo de 13 mm, que contiene un pictograma que cumplirá siguientes condiciones:

- deberá contrastar con el fondo del cuadrado;
- deberá estar situado cerca de cada barra del sistema.

#### 5.2.5.2. Requisitos geométricos para las plazas de asiento i-Size conectadas a patas de apoyo i-Size

Además de los requisitos establecidos en los puntos 5.2.3 y 5.2.4, se comprobará que la superficie superior del suelo del vehículo (incluida la tapicería, la alfombra, la espuma, etc.) intersecciona con las dos superficies de delimitación en las direcciones x e y del volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo, como se muestra en las figuras 1 y 2 del anexo 10 del presente Reglamento.

El volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo está delimitado como se indica a continuación (véanse también las figuras 1 y 2 del anexo 10 del presente Reglamento):

- a) en anchura, por los dos planos paralelos al plano longitudinal mediano del aparato de retención infantil instalado en la plaza de asiento respectiva y distantes 100 mm de dicho plano, y
- b) en longitud, por los dos planos perpendiculares al plano formado por la superficie inferior del aparato de retención infantil y perpendiculares al plano longitudinal mediano del aparato de retención infantil, respectivamente a 585 y 695 mm del plano que pasa por los ejes de los anclajes inferiores ISOFIX y que es perpendicular a la superficie inferior del aparato de retención infantil, y
- c) en altura, por los planos paralelos a la superficie inferior de la retención infantil situados a 270 y 525 mm por debajo de esta.

El ángulo de cabeceo utilizado para la evaluación geométrica anterior se medirá conforme a lo dispuesto en el punto 5.2.3.4.

El cumplimiento de este requisito podrá demostrarse mediante un ensayo físico, una simulación por ordenador o por dibujos representativos.

#### 5.2.5.3. Requisitos relativos a la resistencia del suelo del vehículo para las plazas de asiento i-Size

La totalidad de la superficie de contacto con el suelo del vehículo (véanse las figuras 1 y 2 del anexo 10) deberá resistir las cargas impuestas cuando sea sometida a ensayo con arreglo al punto 6.6.4.5.

#### 5.3. Número mínimo de anclajes de cinturón e ISOFIX que deberán preverse

5.3.1. Los vehículos de las categorías M y N (excepto los de las categorías M<sub>2</sub> o M<sub>3</sub> que pertenezcan a las clases I o A<sup>1</sup>) deberán ir equipados con anclajes de cinturón de seguridad que cumplan los requisitos del presente Reglamento.

5.3.1.1. Los anclajes de los sistemas de cinturón-arnés homologados como cinturones de tipo S (con retractor o sin él) con arreglo al Reglamento n° 16 deberán cumplir los requisitos establecidos en el Reglamento n° 14, pero el anclaje o los anclajes adicionales previstos para el montaje de una correa de entrepierna (conjunto) quedarán exentos de los requisitos de resistencia y emplazamiento establecidos en el presente Reglamento.

5.3.2. El número mínimo de anclajes de cinturones de seguridad en cada plaza de asiento orientada en el sentido de la marcha, en el sentido contrario a la marcha o hacia un lado será el que se especifica en el anexo 6.

5.3.3. No obstante, para las plazas de asiento laterales que no sean delanteras de los vehículos de la categoría N<sub>1</sub>, que se señalan en el anexo 6 con el símbolo Ø, se permitirán dos anclajes inferiores, siempre que, entre el asiento y la parte lateral más próxima del vehículo, haya una zona de paso que permita a los pasajeros desplazarse a otras partes del vehículo.

El espacio entre un asiento y la parte lateral se considerará zona de paso cuando la distancia entre dicha parte lateral, teniendo todas las puertas cerradas, y un plano longitudinal vertical que pase por el centro del asiento de que se trate, medido en la posición del punto R y perpendicularmente al plano longitudinal mediano del vehículo, sea superior a 500 mm.

5.3.4. Para las plazas de asiento delanteras centrales señaladas en el anexo 6 con el símbolo \*, se considerarán adecuados dos anclajes inferiores siempre que el parabrisas quede fuera de la zona de referencia definida en el anexo 1 del Reglamento n° 21; si el parabrisas está dentro de la zona de referencia, se necesitarán tres anclajes.

Por lo que se refiere a los anclajes de los cinturones, el parabrisas se considera parte de la zona de referencia cuando puede entrar en contacto estático con el aparato de ensayo según el método descrito en el anexo 1 del Reglamento nº 21.

5.3.5. Cada una de las plazas de asiento marcada en el anexo 6 con el símbolo  $\ddagger$  deberá estar provista de tres anclajes. Dichas plazas de asiento podrán estar provistas de dos anclajes siempre que se cumpla una de las condiciones siguientes:

5.3.5.1. que un asiento u otra parte del vehículo conforme con el apéndice 1, punto 3.5, del Reglamento nº 80 se halle directamente delante,

5.3.5.2. que ninguna parte del vehículo esté en la zona de referencia o pueda estarlo, cuando el vehículo se encuentre en movimiento,

5.3.5.3. que las partes del vehículo dentro de la mencionada zona de referencia cumplan los requisitos en materia de absorción de energía que figuran en el apéndice 6 del Reglamento nº 80.

5.3.6. Para todos los asientos destinados exclusivamente a ser utilizados cuando el vehículo se encuentra parado, así como para todos los asientos de cualquier vehículo no contemplado en los puntos 5.3.1 a 5.3.4, no se requieren anclajes. No obstante, si el vehículo está provisto de anclajes para estos asientos, dichos anclajes deberán ajustarse a lo dispuesto en el presente Reglamento. No será necesario que se ajusten a los requisitos del presente Reglamento los anclajes destinados exclusivamente a ser utilizados conjuntamente con un cinturón para personas con discapacidad, o cualquier otro sistema de retención conforme al anexo 8, serie 02 de modificaciones, del Reglamento nº 107.

5.3.7. En el caso del piso superior de los vehículos de dos pisos, los requisitos aplicables a las plazas de asiento centrales delanteras se aplicarán también a las plazas de asiento laterales delanteras.

5.3.8. Número mínimo de posiciones ISOFIX que deberán preverse

5.3.8.1. Todo vehículo de la categoría  $M_1$  deberá ir equipado como mínimo con dos posiciones ISOFIX que cumplan los requisitos del presente Reglamento.

Al menos dos de las posiciones ISOFIX deberán ir equipadas con un sistema de anclajes ISOFIX y un anclaje superior ISOFIX.

El tipo y el número de aparatos ISOFIX, definidos en el Reglamento nº 16, que pueden instalarse en cada plaza ISOFIX se definen en ese mismo Reglamento.

5.3.8.2. No obstante lo dispuesto en el punto 5.3.8.1, si un vehículo está únicamente equipado con una fila de asientos no es obligatorio que esté equipado con una plaza ISOFIX.

5.3.8.3. No obstante lo dispuesto en el punto 5.3.8.1, al menos uno de los dos sistemas de posiciones ISOFIX deberá instalarse en la segunda fila de asientos.

5.3.8.4. No obstante lo dispuesto en el punto 5.3.8.1, los vehículos de la categoría  $M_1$  estarán equipados con solo un sistema con una plaza ISOFIX si:

a) no disponen de más de dos puertas para los pasajeros, y

b) disponen de una plaza de asiento trasera determinada en la cual la interferencia con los componentes de la transmisión o la suspensión impide la instalación de anclajes ISOFIX con arreglo a los requisitos del punto 5.2.3, y

c) tienen un índice de la relación potencia-masa (PMR) superior a 140 con arreglo a las definiciones del Reglamento nº 51 y con la definición de relación potencia/masa (PMR):

$$PMR = (P_n/m_n) \times 1\,000 \text{ kg/kW}$$

donde:

$P_n$ : potencia (nominal) máxima del motor expresada en kW <sup>(1)</sup>;

$m_{10}$ : masa de un vehículo en orden de marcha expresada en kg;

$m_i = m_{10}$  (para los vehículos de categoría  $M_1$ );

y

d) cuentan con un motor que desarrolla una potencia (nominal) máxima superior a 200 kW.

Tales vehículos necesitan disponer solo de un sistema de anclajes ISOFIX y de un anclaje superior ISOFIX en una plaza de asiento delantera para pasajeros determinada combinados con un dispositivo de desactivación del airbag (si dicha plaza de asiento cuenta con un airbag) y una etiqueta de advertencia de que en la segunda fila de asientos no hay ninguna plaza ISOFIX.

- 5.3.8.5. Si se instala un sistema de anclajes ISOFIX en una plaza de asiento delantera protegida con un airbag delantero, deberá instalarse un dispositivo de desactivación de este airbag.
- 5.3.8.6. No obstante lo dispuesto en el punto 5.3.8.1, en caso de que existan uno o varios sistemas de restricción infantil integrados, el número mínimo de posiciones ISOFIX será de dos menos el número de sistemas de restricción infantil integrados de grupos de masa 0, 0+ o 1.
- 5.3.8.7. No obstante lo dispuesto en el punto 5.3.8.1, los vehículos descapotables tal como se definen en el anexo 7, punto 8.1, de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3) <sup>(2)</sup> con más de una fila de asientos, deberán ir equipados con al menos dos anclajes inferiores ISOFIX. En caso de que en estos vehículos ya exista un anclaje superior ISOFIX, deberá cumplir las disposiciones pertinentes del presente Reglamento.
- 5.3.8.8. No obstante lo dispuesto en el punto 5.3.8.1 anterior, no se exigirán plazas ISOFIX en las ambulancias, ni en los coches fúnebres, ni en los vehículos destinados a las fuerzas armadas, la protección civil, los bomberos o las fuerzas responsables del mantenimiento del orden.
- 5.3.8.9. No obstante lo dispuesto en los puntos 5.3.8.1 a 5.3.8.4, una o varias plazas ISOFIX obligatorias podrán sustituirse por plazas de asiento i-Size.
- 5.3.9. En el caso de los asientos que puedan voltearse o colocarse en otras orientaciones cuando el vehículo esté parado, los requisitos del punto 5.3.1 solo se aplicarán a las orientaciones destinadas a un uso normal cuando el vehículo se encuentre circulando, de acuerdo con el presente Reglamento. La ficha de características incluirá una nota al efecto.
- 5.4. Emplazamiento de los anclajes (véase la figura 1 del anexo 3)
- 5.4.1. Generalidades
- 5.4.1.1. Los anclajes de un cinturón podrán estar todos dispuestos en la estructura del vehículo, en la del asiento, o en cualquier otra parte del vehículo, o bien estar repartidos entre dichos emplazamientos.
- 5.4.1.2. Podrán fijarse a un mismo anclaje los extremos de dos cinturones de seguridad adyacentes, siempre que se cumplan los requisitos de ensayo.
- 5.4.2. Emplazamiento de los anclajes efectivos inferiores
- 5.4.2.1. Asientos delanteros de los vehículos de la categoría  $M_1$

En los vehículos de motor de la categoría  $M_1$ , el ángulo  $\alpha_1$  (lado distinto del de la hebilla) deberá situarse entre 30° y 80° y el ángulo  $\alpha_2$  (lado de la hebilla), entre 45° y 80°. Ambas condiciones se aplicarán a todas las posiciones normales de viaje de los asientos delanteros. En caso de que al menos uno de los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  sea constante (por ejemplo, si el anclaje está fijado al asiento) en todas las posiciones de uso normales, su valor deberá ser de  $60 \pm 10^\circ$ . Cuando los asientos sean regulables y tengan un sistema de regulación con un ángulo de inclinación inferior a 20° (véase la figura 1 del anexo 3), el ángulo  $\alpha_1$  podrá ser inferior al mínimo de 30° anteriormente mencionado, siempre que no sea inferior a 20° en ninguna posición de uso normal del asiento.

<sup>(1)</sup> La potencia (nominal) del motor es la potencia del motor expresada en kW (CEPE) y medida conforme al método CEPE con arreglo al Reglamento nº 85.

<sup>(2)</sup> Documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, punto 2.

5.4.2.2. Asientos traseros de los vehículos de la categoría  $M_1$

En los vehículos de motor de la categoría  $M_1$ , los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  de todos los asientos traseros deberán situarse entre  $30^\circ$  y  $80^\circ$ . Cuando los asientos traseros sean regulables, los ángulos anteriormente mencionados se aplicarán a todas las posiciones de viaje normales.

5.4.2.3. Asientos delanteros de los vehículos no pertenecientes a la categoría  $M_1$

En los vehículos de motor de categorías distintas de  $M_1$ , los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  deberán situarse entre  $30^\circ$  y  $80^\circ$  en todas las posiciones de viaje normales de los asientos delanteros. Cuando, en los asientos delanteros de los vehículos con una masa máxima del vehículo que no exceda de 3,5 toneladas, al menos uno de los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  sea constante en todas las posiciones de uso normales, su valor deberá ser de  $60 \pm 10^\circ$  (por ejemplo, en el caso de que el anclaje esté fijado al asiento).

5.4.2.4. Asientos traseros y asientos delanteros o traseros especiales de los vehículos no pertenecientes a la categoría  $M_1$

En los vehículos que no forman parte de la categoría  $M_1$ , en el caso de:

- a) los asientos corridos;
- b) los asientos regulables (delanteros y traseros) con sistema de regulación y un ángulo de inclinación inferior a  $20^\circ$  (véase la figura 1 del anexo 3), y
- c) otros asientos posteriores,

los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  podrán situarse entre  $20^\circ$  y  $80^\circ$  en todas las posiciones de uso normales. Cuando, en los asientos delanteros de los vehículos con una masa máxima del vehículo que no exceda de 3,5 toneladas, al menos uno de los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  sea constante en todas las posiciones de uso normales, su valor deberá ser de  $60 \pm 10^\circ$  (por ejemplo, en el caso de que el anclaje esté fijado al asiento).

En el caso de los asientos, excepto los delanteros, de los vehículos de las categorías  $M_2$  y  $M_3$ , los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  se situarán entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$  en todas las posiciones de uso normales.

5.4.2.5. La distancia entre los dos planos verticales paralelos con respecto al plano longitudinal mediano del vehículo que pasen por cada uno de los dos anclajes efectivos inferiores  $L_1$  y  $L_2$  de un mismo cinturón no deberá ser inferior a 350 mm. En el caso de asientos orientados hacia un lado, la distancia entre los dos planos verticales paralelos con respecto al plano longitudinal mediano del asiento que pasen por cada uno de los dos anclajes efectivos inferiores  $L_1$  y  $L_2$  de un mismo cinturón no deberá ser inferior a 350 mm. En el caso de las plazas de asiento centrales de las filas traseras de asientos de los vehículos de las categorías  $M_1$  y  $N_1$ , la mencionada distancia no podrá ser inferior a 240 mm, siempre que no sea posible intercambiar el asiento trasero central con ninguno de los demás asientos del vehículo. El plano longitudinal mediano del asiento pasará entre los puntos  $L_1$  y  $L_2$  y se situará a una distancia mínima de 120 mm de dichos puntos.

5.4.3. Emplazamiento de los anclajes efectivos superiores (véase el anexo 3)

5.4.3.1. Cuando se utilice una guía de correa o un dispositivo análogo que afecte a la posición de los anclajes efectivos superiores, esta posición se determinará normalmente suponiendo que la línea central longitudinal de la correa pasa por un punto  $J_1$  definido sucesivamente mediante los tres segmentos siguientes a partir del punto R:

RZ: segmento de la línea del torso que, medida a partir del punto R hacia arriba, tendrá una longitud de 530 mm;

ZX: segmento perpendicular al plano medio longitudinal del vehículo, que, medido a partir del punto Z hacia el costado del anclaje, tendrá una longitud de 120 mm;

XJ<sub>1</sub>: segmento perpendicular al plano definido mediante los segmentos RZ y ZX que, medido a partir del punto X hacia delante, tendrá una longitud de 60 mm.

El punto  $J_2$  se determinará por simetría con el punto  $J_1$  respecto al plano vertical longitudinal que pase por la línea del torso descrita en el punto 5.1.2 del maniquí situado en el asiento de que se trate.

Cuando se hayan previsto dos puertas para acceder tanto a los asientos delanteros como a los traseros, y el anclaje superior esté instalado en el punto B, el sistema deberá estar proyectado de tal forma que no dificulte el acceso al vehículo ni la salida del mismo.

- 5.4.3.2. El anclaje efectivo superior deberá encontrarse debajo del plano FN, perpendicular al plano longitudinal mediano del asiento que forma un ángulo de  $65^\circ$  con la línea del torso. Para los asientos traseros, dicho ángulo podrá reducirse a  $60^\circ$ . El plano FN estará situado de forma que corte la línea del torso en un punto D, de modo que  $DR = 315 \text{ mm} + 1,8 S$ . No obstante, en caso de que  $S \leq 200 \text{ mm}$ ,  $DR = 675 \text{ mm}$ .
- 5.4.3.3. El anclaje efectivo superior deberá encontrarse detrás del plano FK perpendicular al plano longitudinal mediano del asiento que corte la línea del torso en un ángulo de  $120^\circ$  en un punto B, de modo que  $BR = 260 \text{ mm} + S$ . Si  $S \geq 280 \text{ mm}$ , el fabricante podrá utilizar  $BR = 260 \text{ mm} + 0,8 S$ , según prefiera.
- 5.4.3.4. El valor S no deberá ser inferior a 140 mm.
- 5.4.3.5. El anclaje efectivo superior deberá estar situado detrás de un plano vertical perpendicular al plano longitudinal mediano del vehículo que pase por el punto R, como se indica en el anexo 3.
- 5.4.3.6. El anclaje efectivo superior deberá estar situado por encima de un plano horizontal que pase por el punto C definido en el punto 5.1.4.
- 5.4.3.6.1. No obstante el requisito del punto 5.4.3.6, en el caso de los asientos para pasajeros de los vehículos de categoría  $M_2$  y  $M_3$ , el anclaje efectivo superior podrá ajustarse por debajo de dicho límite a condición de que se cumplan los requisitos siguientes:
- el cinturón de seguridad o el asiento estarán marcados permanentemente para identificar la posición del anclaje efectivo superior que ha de cumplir el requisito de altura mínima del anclaje efectivo superior establecido en el punto 5.4.3.6. Dicha marca indicará claramente al usuario cuándo el anclaje está en una posición adecuada para un adulto de estatura media;
  - el anclaje efectivo superior estará diseñado de forma que se pueda regular su altura mediante un dispositivo de ajuste manual al que el usuario pueda acceder fácilmente cuando esté sentado y que sea práctico y fácil de utilizar;
  - el anclaje efectivo superior estará concebido para impedir los movimientos hacia arriba del anclaje que puedan reducir la eficacia del dispositivo en una utilización normal;
  - el fabricante incluirá en el manual del vehículo orientaciones claras sobre el ajuste de dichos sistemas, además de consejos sobre las condiciones y las restricciones de uso para los usuarios de baja estatura.
- 5.4.3.7. Además del anclaje superior que se especifica en el punto 5.4.3.1, podrán preverse otros anclajes efectivos superiores, si se cumple alguna de las siguientes condiciones:
- 5.4.3.7.1. que los anclajes suplementarios se ajusten a los requisitos enunciados en los puntos 5.4.3.1 a 5.4.3.6;
- 5.4.3.7.2. que los anclajes suplementarios puedan utilizarse sin la ayuda de herramientas, se ajusten a los requisitos establecidos en los puntos 5.4.3.5 y 5.4.3.6, y estén situados en una de las zonas determinadas por traslación vertical de 80 mm hacia arriba o hacia abajo de la zona descrita en la figura 1 del anexo 3 del presente Reglamento;
- 5.4.3.7.3. que el anclaje o anclajes se destinen a un cinturón-arnés y se ajusten a los requisitos establecidos en el punto 5.4.3.6, si se encuentran detrás del plano transversal que pasa por la línea de referencia y están situados:
- 5.4.3.7.3.1. en el caso de un solo anclaje, en la parte común a dos diedros que tengan por aristas las verticales que pasan por los puntos  $J_1$  y  $J_2$  definidos en el punto 5.4.3.1 y cuyas secciones horizontales se representan en la figura 2 del anexo 3 del presente Reglamento;
- 5.4.3.7.3.2. en el caso de dos anclajes, en aquel de los dos diedros arriba definidos que convenga, siempre que cada anclaje no se separe más de 50 mm de la posición simétrica del otro anclaje con relación al plano P definido en el punto 5.1.6 del asiento de que se trate.
- 5.5. Dimensiones de los orificios fileteados del anclaje
- 5.5.1. El anclaje deberá presentar un orificio fileteado de 7/16 pulgadas (20 UNF 2B).



- 5.5.2. Si el fabricante ha equipado el vehículo con cinturones de seguridad fijados a todos los anclajes prescritos para el asiento de que se trate, no será necesario que dichos anclajes se ajusten al requisito que figura en el punto 5.5.1, siempre que se ajusten a los demás requisitos del presente Reglamento. Además, el requisito al que se refiere el punto 5.5.1 no se aplicará a los anclajes adicionales que cumplan el requisito al que se refiere el punto 5.4.3.7.3.
- 5.5.3. Deberá ser posible retirar el cinturón de seguridad sin dañar el anclaje.
6. ENSAYOS
- 6.1. Ensayos generales para anclajes de cinturones de seguridad
- 6.1.1. Sin perjuicio de que se aplique lo dispuesto en el punto 6.2 y a petición del fabricante:
- 6.1.1.1. los ensayos se podrán realizar en una estructura del vehículo o en un vehículo completamente terminado;
- 6.1.1.2. los ensayos podrán limitarse a los anclajes correspondientes a un solo asiento o un solo grupo de asientos, siempre que:
- a) los anclajes de que se trate tengan las mismas características estructurales que los anclajes correspondientes a los demás asientos o grupos de asientos; y
- b) cuando el asiento o grupo de asientos vaya provisto total o parcialmente de tales anclajes, las características estructurales del asiento o grupo de asientos sean las mismas que las de los demás asientos o grupos de asientos.
- 6.1.1.3. las ventanillas y las puertas podrán estar montadas o no estarlo, y estar cerradas o no estarlo;
- 6.1.1.4. se podrá montar cualquier elemento previsto normalmente y que pueda contribuir a la rigidez de la estructura del vehículo.
- 6.1.2. Los asientos deberán estar montados y colocados en la posición de conducción o de uso escogida por el servicio técnico encargado de realizar los ensayos de homologación, que será la menos favorable desde el punto de vista de la resistencia del sistema. La posición de los asientos deberá estar indicada en el acta. Si el asiento tiene un respaldo cuya inclinación es regulable, dicho respaldo deberá bloquearse de acuerdo con las especificaciones del fabricante o, a falta de dichas especificaciones, de manera que forme un ángulo efectivo lo más próximo posible a 25° en el caso de los vehículos de las categorías M<sub>1</sub> y N<sub>1</sub> y a 15° en el caso de los vehículos de las demás categorías.
- 6.2. Inmovilización del vehículo para los ensayos de anclajes de cinturones de seguridad y para los ensayos de anclajes ISOFIX
- 6.2.1. El método que se utilice para inmovilizar el vehículo durante el ensayo no deberá reforzar los anclajes de los cinturones de seguridad, o los anclajes ISOFIX y su zona de anclaje, ni atenuar la deformación normal de la estructura.
- 6.2.2. Se considerará que un dispositivo de inmovilización es apropiado cuando no ejerza efecto alguno sobre una zona que se extienda a lo largo de toda la anchura de la estructura y cuando dicho dispositivo se acople al vehículo o a la estructura a un mínimo de 500 mm por delante y 300 mm por detrás de dicho anclaje.
- 6.2.3. Se recomienda hacer descansar la estructura sobre unos soportes dispuestos aproximadamente en la vertical de los ejes de las ruedas o, si ello no es posible, en la vertical de los puntos de fijación de la suspensión.
- 6.2.4. Si se utiliza un método de inmovilización diferente del que se estipula en los puntos 6.2.1 y 6.2.3 del presente Reglamento, deberá demostrarse que es equivalente.
- 6.3. Requisitos generales de ensayo para anclajes de cinturones de seguridad
- 6.3.1. Todos los anclajes de los cinturones de seguridad del mismo grupo de asientos serán sometidos a ensayo simultáneamente. No obstante, si existe el riesgo de que una carga asimétrica de los asientos o anclajes pueda producir fallos, podrá realizarse un ensayo suplementario con carga asimétrica.
- 6.3.2. La fuerza de tracción deberá aplicarse en un ángulo de 10 ± 5° por encima de la horizontal en un plano paralelo al plano longitudinal medio del vehículo.

Deberá aplicarse una carga previa del 10 % con una tolerancia del  $\pm$  30 % de la carga objetivo; esta carga se incrementará al 100 % de la carga objetivo pertinente.

- 6.3.3. La aplicación completa de la carga deberá efectuarse en el tiempo más breve posible, y en un tiempo máximo de aplicación de la carga de 60 segundos.

No obstante, el fabricante puede solicitar que la aplicación de la carga se consiga en 4 segundos.

Los anclajes deberán resistir la carga especificada durante, por lo menos, 0,2 segundos.

- 6.3.4. Los dispositivos de tracción que se deberán utilizar en los ensayos descritos en el punto 6.4 figuran en el anexo 5. Los dispositivos mostrados en la figura 1 del anexo 5 deben colocarse en el cojín del asiento y, a continuación, cuando sea posible, deben apretarse contra el respaldo del asiento mientras se tensa la correa del cinturón a su alrededor. El dispositivo mostrado en la figura 2 del anexo 5 debe colocarse en su posición, y la correa del cinturón debe instalarse sobre el dispositivo y tensarse. No deberá ejercerse ninguna carga previa en los anclajes de los cinturones de seguridad que supere el mínimo necesario para un emplazamiento correcto del dispositivo de ensayo durante esta operación.

La anchura del dispositivo de tracción de 254 mm o de 406 mm utilizado en cada plaza de asiento deberá ser lo más cercana posible a la distancia entre los anclajes inferiores.

El emplazamiento del dispositivo de tracción deberá evitar cualquier influencia mutua durante el ensayo de tracción que tenga un efecto negativo en la carga y la distribución de la misma.

- 6.3.5. Los anclajes de los asientos que lleven anclajes superiores deberán someterse a ensayo en las siguientes condiciones:

- 6.3.5.1. Asientos laterales delanteros:

Los anclajes deberán someterse al ensayo que se establece en el punto 6.4.1, durante el cual la fuerza les será transmitida mediante un dispositivo que reproducirá la geometría de un cinturón de seguridad de tres puntos provisto de retractor con polea de reenvío o de guía de correa en el anclaje superior. Además, en caso de que el número de anclajes sea superior al establecido en el punto 5.3, dichos anclajes deberán someterse al ensayo especificado en el punto 6.4.5, en el cual la fuerza les será transmitida mediante un dispositivo que reproduzca la geometría del tipo de cinturón de seguridad destinado a fijarse en dichos anclajes.

- 6.3.5.1.1. Si el retractor no está fijado al anclaje inferior lateral prescrito, o si está fijado al anclaje superior, los anclajes inferiores deberán someterse también al ensayo que se establece en el punto 6.4.3.

- 6.3.5.1.2. En tal caso, los ensayos que se establecen en los puntos 6.4.1 y 6.4.3 podrán realizarse, si así lo solicita el fabricante, en dos estructuras diferentes.

- 6.3.5.2. Asientos laterales traseros y todos los asientos centrales:

Los anclajes deberán someterse al ensayo que se establece en el punto 6.4.2, durante el cual la fuerza les será transmitida mediante un dispositivo que reproduzca la geometría de un cinturón de seguridad de tres puntos sin retractor, y al ensayo que se establece en el punto 6.4.3, durante el cual la fuerza se transmitirá a los dos anclajes inferiores mediante un dispositivo que reproduzca la geometría de un cinturón subabdominal. Ambos ensayos podrán realizarse, si así lo solicita el fabricante, en dos estructuras diferentes.

- 6.3.5.3. Cuando el fabricante entregue su vehículo con cinturones de seguridad, los anclajes correspondientes, a petición del fabricante, podrán someterse únicamente a un ensayo en el que se les transmitan las cargas mediante un dispositivo que reproduzca la geometría de los tipos de cinturones que se han de fijar a dichos anclajes.

- 6.3.6. Si no se han previsto anclajes superiores para los asientos laterales y centrales, los anclajes inferiores se someterán al ensayo que se establece en el punto 6.4.3, en el que las cargas se transmiten a dichos anclajes mediante un dispositivo que reproduce la geometría de un cinturón subabdominal.

- 6.3.7. Si el vehículo está proyectado para admitir otros dispositivos que no permitan que las correas se ajusten directamente a los anclajes sin la intervención de rodillos, etc., o que necesiten, además de los anclajes que

se mencionan en el punto 5.3, otros anclajes suplementarios, el cinturón de seguridad o el sistema de cables, rodillos, etc., que represente el equipo del cinturón de seguridad se ajustará mediante tales dispositivos a los anclajes del vehículo y estos se someterán a los ensayos establecidos en el punto 6.4, según proceda.

6.3.8. Se podrán utilizar métodos de ensayo distintos a los establecidos en el punto 6.3 siempre y cuando se demuestre su equivalencia.

6.4. Requisitos específicos de ensayo para anclajes de cinturones de seguridad

6.4.1. Ensayo en configuración de un cinturón de seguridad de tres puntos provisto de retractor con polea de reenvío o guía de correa en el anclaje superior

6.4.1.1. En el anclaje superior se instalará o bien una polea de reenvío o una guía para cable o correa especialmente adaptada para transmitir la fuerza procedente del dispositivo de tracción, o la polea de reenvío o guía de correa suministrada por el fabricante.

6.4.1.2. Se aplicará una carga de ensayo de  $1\,350 \pm 20$  daN a un dispositivo de tracción (véase la figura 2 del anexo 5) acoplado a los anclajes del mismo tipo de cinturón, mediante un dispositivo que reproduzca la geometría de la correa superior de torso de dicho cinturón de seguridad. Para los vehículos de categorías distintas de  $M_1$  y  $N_1$ , la carga de ensayo será de  $675 \pm 20$  daN, excepto en el caso de los vehículos de las categorías  $M_3$  y  $N_3$ , cuya carga de ensayo será de  $450 \pm 20$  daN.

6.4.1.3. Simultáneamente, se aplicará una fuerza de tracción de  $1\,350 \pm 20$  daN a un dispositivo de tracción (véase la figura 1 del anexo 5) fijado a los dos anclajes inferiores. Para los vehículos de categorías distintas de  $M_1$  y  $N_1$ , la carga de ensayo será de  $675 \pm 20$  daN, excepto en el caso de los vehículos de las categorías  $M_3$  y  $N_3$ , cuya carga de ensayo será de  $450 \pm 20$  daN.

6.4.2. Ensayo en configuración de un cinturón de seguridad de tres puntos sin retractor o con retractor en el anclaje superior

6.4.2.1. Se aplicará una carga de ensayo de  $1\,350 \pm 20$  daN a un dispositivo de tracción (véase la figura 2 del anexo 5) fijado al anclaje superior y al anclaje inferior opuesto del mismo cinturón, utilizando un retractor fijado al anclaje superior, si lo suministra el fabricante. Para los vehículos de categorías distintas de  $M_1$  y  $N_1$ , la carga de ensayo será de  $675 \pm 20$  daN, excepto en el caso de los vehículos de las categorías  $M_3$  y  $N_3$ , cuya carga de ensayo será de  $450 \pm 20$  daN.

6.4.2.2. Simultáneamente, se aplicará una fuerza de tracción de  $1\,350 \pm 20$  daN a un dispositivo de tracción (véase la figura 1 del anexo 5) fijado a los anclajes inferiores. Para los vehículos de categorías distintas de  $M_1$  y  $N_1$ , la carga de ensayo será de  $675 \pm 20$  daN, excepto en el caso de los vehículos de las categorías  $M_3$  y  $N_3$ , cuya carga de ensayo será de  $450 \pm 20$  daN.

6.4.3. Ensayo en configuración de un cinturón subabdominal

Se aplicará una carga de ensayo de  $2\,225 \pm 20$  daN a un dispositivo de tracción (véase la figura 1 del anexo 5) fijado a los dos anclajes inferiores. Para los vehículos de categorías distintas de  $M_1$  y  $N_1$ , la carga de ensayo será de  $1\,110 \pm 20$  daN, excepto en el caso de los vehículos de las categorías  $M_3$  y  $N_3$ , cuya carga de ensayo será de  $740 \pm 20$  daN.

6.4.4. Ensayo de los anclajes dispuestos en su totalidad en la estructura del asiento o repartidos entre la estructura del vehículo y la del asiento

6.4.4.1. Se realizarán, según el caso, los ensayos que se especifican en los puntos 6.4.1 a 6.4.3, añadiendo, para cada asiento y para cada grupo de asientos, la carga suplementaria que abajo se indica.

6.4.4.2. Las cargas indicadas en los puntos 6.4.1 a 6.4.3 se complementarán con una fuerza igual a 20 veces la masa del asiento completo. La carga inercial se aplicará al asiento o a las partes pertinentes del asiento que correspondan al efecto físico de la masa del asiento de que se trate en los anclajes del mismo. El fabricante determinará la carga o cargas adicionales aplicadas y la distribución de las mismas. Todo ello se someterá a la aprobación del servicio técnico.

Por lo que se refiere a los vehículos de las categorías  $M_2$  y  $N_2$ , esta fuerza deberá ser igual a 10 veces la masa del asiento completo; para los vehículos de las categorías  $M_3$  y  $N_3$ , la fuerza deberá ser igual a 6,6 veces la masa del asiento completo.

- 6.4.5. Ensayo en configuración de cinturones de seguridad de tipos especiales
- 6.4.5.1. Se aplicará una carga de ensayo de  $1\,350 \pm 20$  daN a un dispositivo de tracción (véase la figura 2 del anexo 5) acoplado a los anclajes de tales cinturones de seguridad mediante un dispositivo que reproduzca la geometría de la correa o correas superiores de torso.
- 6.4.5.2. Simultáneamente, se aplicará una fuerza de tracción de  $1\,350 \pm 20$  daN a un dispositivo de tracción (véase la figura 3 del anexo 5) fijado a los dos anclajes inferiores.
- 6.4.5.3. Para los vehículos de categorías distintas de  $M_1$  y  $N_1$ , esta carga de ensayo será de  $675 \pm 20$  daN, excepto en el caso de los vehículos de las categorías  $M_3$  y  $N_3$ , cuya carga de ensayo será de  $450 \pm 20$  daN.
- 6.4.6. Ensayo en el caso de los asientos orientados en sentido contrario a la marcha
- 6.4.6.1. Los puntos de anclaje se someterán a ensayo de acuerdo con las fuerzas prescritas en los puntos 6.4.1 a 6.4.3, según convenga. En cada caso, la carga de ensayo se corresponderá con la carga prescrita para los vehículos de las categorías  $M_3$  o  $N_3$ .
- 6.4.6.2. La carga de ensayo se dirigirá hacia delante en relación con la plaza de asiento de que se trate, de acuerdo con el procedimiento descrito en el punto 6.3.
- 6.4.7. Ensayo en el caso de los asientos orientados hacia un lado
- 6.4.7.1. Los puntos de anclaje se someterán a ensayo de acuerdo con las fuerzas prescritas en el punto 6.4.3 para los vehículos  $M_3$ .
- 6.4.7.2. La carga de ensayo se dirigirá hacia delante en relación con el vehículo, de acuerdo con el procedimiento descrito en el punto 6.3. En el caso de que los asientos orientados hacia un lado estén agrupados en una estructura básica, los puntos de anclaje del cinturón de seguridad de cada plaza de asiento del grupo se someterán a ensayo por separado. Además, la estructura básica se someterá a ensayo conforme a lo dispuesto en el punto 6.4.8.
- 6.4.7.3. En la figura 1b del anexo 5 se muestra el dispositivo de tracción adaptado para el ensayo de los asientos orientados hacia un lado.
- 6.4.8. Ensayo de la estructura básica de los asientos orientados hacia un lado
- 6.4.8.1. La estructura básica de un asiento orientado hacia un lado o de un grupo de dichos asientos se someterá a ensayo de acuerdo con las fuerzas prescritas en el punto 6.4.3 para los vehículos  $M_3$ .
- 6.4.8.2. La carga de ensayo se dirigirá hacia delante en relación con el vehículo, de acuerdo con el procedimiento descrito en el punto 6.3. En el caso de que los asientos orientados hacia un lado estén agrupados, la estructura básica se someterá a ensayo simultáneamente para cada plaza de asiento del grupo.
- 6.4.8.3. El punto de aplicación de las fuerzas prescritas en los puntos 6.4.3 y 6.4.4 estará lo más cerca posible del punto H y en la recta definida por un plano horizontal y un plano vertical transversal que pase por el punto H de cada plaza sentada.
- 6.5. Cuando se trate de un grupo de asientos con arreglo a lo descrito en el punto 1 del anexo 7, el fabricante del vehículo podrá optar por realizar el ensayo dinámico al que se refiere el anexo 7, como alternativa al ensayo estático que se establece en los puntos 6.3 y 6.4.
- 6.6. Requisitos del ensayo estático
- 6.6.1. Se someterá a ensayo la resistencia de los sistemas de anclajes ISOFIX aplicando las fuerzas prescritas en el punto 6.6.4.3 al dispositivo de aplicación de fuerza estática (SFAD) con las fijaciones ISOFIX bien aseguradas.
- Cuando se trate de un anclaje superior ISOFIX, deberá efectuarse un ensayo adicional tal como se prescribe en el punto 6.6.4.4.
- En el caso de una plaza de asiento i-Size, deberá efectuarse un ensayo adicional tal como se prescribe en el punto 6.6.4.5.

Se someterán a ensayo simultáneamente todas las plazas ISOFIX y/o i-Size de una misma fila de asientos que puedan utilizarse simultáneamente.

- 6.6.2. El ensayo podrá efectuarse en un vehículo completamente acabado o en un número suficiente de piezas del vehículo que sea representativo de la resistencia y la rigidez de la estructura del mismo.

Las ventanillas y las puertas podrán estar montadas o no estarlo, y estar cerradas o no estarlo.

Se podrá montar cualquier elemento normalmente proporcionado y que pueda contribuir a la estructura del vehículo.

El ensayo podrá limitarse a la plaza ISOFIX o i-Size correspondiente a un solo asiento o un solo grupo de asientos, siempre que:

- a) la plaza ISOFIX o i-Size de que se trate tenga las mismas características estructurales que la plaza ISOFIX o i-Size correspondiente a los demás asientos o grupos de asientos, y
  - b) cuando el asiento o grupo de asientos vaya provisto total o parcialmente de tales plazas ISOFIX o i-Size, las características estructurales del asiento, del grupo de asientos o del suelo, en el caso de las plazas de asiento i-Size, sean las mismas que las de los demás asientos o grupos de asientos.
- 6.6.3. Si los asientos y el apoyacabezas son ajustables, se someterán a ensayo en la posición definida por el servicio técnico dentro del rango limitado prescrito por el fabricante del vehículo, tal como se prevé en el anexo 17, apéndice 3, del Reglamento nº 16.
- 6.6.4. Fuerzas, direcciones y límites de desplazamiento
- 6.6.4.1. Deberá aplicarse una fuerza de  $135 \pm 15$  N en el centro de la barra transversal frontal inferior del SFAD a fin de ajustar la posición hacia delante y hacia atrás de la extensión trasera del SFAD para eliminar cualquier holgura o tensión entre el SFAD y su soporte.
- 6.6.4.2. Deberán aplicarse fuerzas hacia delante y oblicuas al dispositivo de aplicación de fuerza estática (SFAD) de conformidad con el cuadro 1.

Cuadro 1

**Direcciones de las fuerzas de ensayo**

Adelante	$0 \pm 5^\circ$	$8 \pm 0,25$ kN
Oblicua	$75 \pm 5^\circ$ (a ambos lados en dirección hacia delante, o en la peor configuración, o si ambos lados son simétricos, solamente a un lado)	$5 \pm 0,25$ kN

Cada uno de estos ensayos podrá efectuarse en diferentes estructuras si así lo solicita el fabricante.

Las fuerzas en dirección adelante deberán aplicarse con un ángulo inicial de aplicación de fuerza de  $10 \pm 5^\circ$  sobre la horizontal. Las fuerzas oblicuas deberán aplicarse horizontalmente  $0 \pm 5^\circ$ . Deberá aplicarse una fuerza de carga previa de  $500 \pm 25$  N en el punto X de carga prescrito indicado en la figura 2 del anexo 9. La aplicación completa de la carga deberá efectuarse en el tiempo más breve posible, y en un tiempo máximo de aplicación de la carga de 30 segundos. No obstante, el fabricante puede solicitar que la aplicación de la carga se consiga en 2 segundos. La fuerza deberá mantenerse durante un período mínimo de 0,2 s.

Todas las mediciones deberán realizarse con arreglo a la norma ISO 6487 con CFC de 60 Hz o cualquier método equivalente.

- 6.6.4.3. Ensayos únicamente del sistema de anclajes ISOFIX

- 6.6.4.3.1. Ensayo de fuerza en dirección adelante:

El desplazamiento horizontal longitudinal (tras la carga previa) del punto X del SFAD durante la aplicación de una fuerza de  $8 \pm 0,25$  kN deberá limitarse a 125 mm y la deformación permanente, incluida la ruptura parcial o el rompimiento de cualquier anclaje inferior ISOFIX o de la zona circundante, podrá admitirse si la fuerza requerida se sostiene durante el tiempo especificado.

## 6.6.4.3.2. Ensayo de fuerza en dirección oblicua:

El desplazamiento en la dirección de la fuerza (tras la carga previa) del punto X del SFAD durante la aplicación de una fuerza de  $5 \pm 0,25$  kN deberá limitarse a 125 mm y la deformación permanente, incluida la ruptura parcial o el rompimiento de cualquier anclaje inferior ISOFIX o de la zona circundante, podrá admitirse si la fuerza requerida se sostiene durante el tiempo especificado.

## 6.6.4.4. Ensayo de los sistemas de anclajes ISOFIX y de los anclajes superiores ISOFIX:

Debe aplicarse una carga previa de tensión de  $50 \pm 5$  N entre el SFAD y el anclaje superior. El desplazamiento horizontal (tras la carga previa) del punto X durante la aplicación de una fuerza de  $8 \pm 0,25$  kN deberá limitarse a 125 mm y la deformación permanente, incluida la ruptura parcial o el rompimiento de cualquier anclaje inferior y anclaje superior ISOFIX o de la zona circundante, podrá admitirse si la fuerza requerida se sostiene durante el tiempo especificado.

Cuadro 2

## Límites de desplazamiento

Dirección de la fuerza	Desplazamiento máximo del punto X del SFAD
Adelante	125 mm longitudinal
Oblicua	125 mm en dirección de la fuerza

## 6.6.4.5. Ensayo para las plazas de asiento i-Size

Además de los ensayos especificados en los puntos 6.6.4.3 y 6.6.4.4, se realizará un ensayo con un dispositivo de aplicación de fuerza estática modificado, que estará formado por un SFAD y un dispositivo de ensayo de la pata de apoyo, conforme a la figura 3 del anexo 10. Se ajustará la altura y la anchura del dispositivo de ensayo de la pata de apoyo para evaluar la superficie de contacto con el suelo del vehículo, conforme al punto 5.2.5.2 (véanse también las figuras 1 y 2 del anexo 10 del presente Reglamento). La altura del dispositivo de ensayo de la pata de apoyo se ajustará de forma que el pie de dicha pata esté en contacto con la superficie superior del suelo del vehículo. En el caso de que el ajuste de la altura se haga por incrementos, se elegirá la primera muesca en la que el pie se apoye de manera estable en el suelo; en caso de que el ajuste de la altura no se haga por incrementos o sea continuo, el ángulo de cabecero del SFAD se aumentará en  $1,5 \pm 0,5^\circ$  debido al ajuste de la altura del dispositivo de ensayo de la pata de apoyo.

El desplazamiento horizontal (tras la carga previa) del punto X del SFAD durante la aplicación de una fuerza de  $8 \pm 0,25$  kN deberá limitarse a 125 mm y la deformación permanente, incluida la ruptura parcial o el rompimiento de cualquier anclaje inferior ISOFIX y de la superficie de contacto con el suelo del vehículo o de la zona circundante, podrá admitirse si la fuerza requerida se sostiene durante el tiempo especificado.

## 6.6.5. Fuerzas adicionales

## 6.6.5.1. Fuerzas de inercia del asiento

Deberá efectuarse un ensayo de la posición de instalación en la cual la carga se transfiere al conjunto del asiento del vehículo, y no directamente a la estructura del vehículo, a fin de garantizar que la resistencia de los anclajes del asiento del vehículo es suficiente. En este ensayo, una fuerza equivalente a 20 veces la masa de las partes relevantes del conjunto del asiento deberá aplicarse en dirección hacia delante, horizontal y longitudinalmente, al asiento o a la parte relevante del conjunto del asiento correspondiente al efecto físico de la masa del asiento en cuestión en los anclajes del asiento. El fabricante determinará la carga o cargas adicionales aplicadas y la distribución de las mismas; todo ello se someterá a la aprobación del servicio técnico.

A petición del fabricante, la carga adicional puede aplicarse en el punto X del SFAD durante los ensayos estáticos descritos anteriormente.

Si el anclaje superior está integrado en el asiento del vehículo, este ensayo deberá realizarse con la correa de anclaje superior ISOFIX.

No deberá producirse ningún rompimiento y deberán cumplirse los requisitos en materia de desplazamiento presentados en el cuadro 2.

*Nota:* Este ensayo no debe efectuarse en caso de que algún anclaje del sistema de cinturones de seguridad del vehículo esté integrado en la estructura del asiento del vehículo, y el asiento del vehículo ya haya sido sometido a ensayo y homologado en cuanto al cumplimiento de los ensayos de carga del anclaje requeridos por el presente Reglamento para la retención de pasajeros adultos.

7. INSPECCIÓN DURANTE LOS ENSAYOS ESTÁTICOS Y DESPUÉS DE LOS MISMOS PARA ANCLAJES DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD

7.1. Todos los anclajes deberán poder resistir el ensayo descrito en los puntos 6.3 y 6.4. Se podrá admitir una deformación permanente, incluida una ruptura parcial o el rompimiento de un anclaje o de la zona circundante, siempre que la carga prescrita se haya mantenido durante el tiempo previsto. Durante el ensayo deberán respetarse las distancias mínimas para los anclajes efectivos inferiores recogidas en el punto 5.4.2.5 y los requisitos mencionados en el punto 5.4.3.6 para los anclajes efectivos superiores.

7.1.1. Para los vehículos de la categoría M<sub>1</sub> cuya masa total admisible no supere las 2,5 toneladas, en caso de que el anclaje superior del cinturón de seguridad esté fijado a la estructura del asiento, el anclaje superior efectivo no deberá traspasar durante el ensayo un plano transversal que pasa por los puntos R y C del asiento en cuestión (véase la figura 1 del anexo 3 del presente Reglamento).

Para los vehículos distintos de los mencionados, el anclaje superior efectivo del cinturón de seguridad no deberá traspasar durante el ensayo un plano transversal con una inclinación de 10° hacia delante que pasa por el punto R del asiento.

En el ensayo deberá medirse el desplazamiento máximo del punto de anclaje superior efectivo.

Si el desplazamiento del punto de anclaje superior efectivo sobrepasa la mencionada limitación, el fabricante deberá demostrar a satisfacción del servicio técnico que no existe peligro para el ocupante. Por ejemplo, para demostrar que hay suficiente espacio de supervivencia, puede realizarse un ensayo según el procedimiento recogido en el Reglamento n° 94 o un ensayo mediante carro con el impulso correspondiente.

7.2. En los vehículos que estén dotados de sistemas de desplazamiento y de bloqueo de los asientos que permitan salir del vehículo a los ocupantes de todos los asientos, dichos sistemas deberán poderse seguir accionando manualmente una vez que haya cesado de aplicarse la fuerza de tracción.

7.3. Después de los ensayos se tomará nota de cualquier deterioro de los anclajes y de las estructuras que hayan soportado la carga durante los ensayos.

7.4. Excepcionalmente, no será necesario que los anclajes superiores instalados en uno o más asientos de vehículos de la categoría M<sub>1</sub> y de la categoría M<sub>2</sub> de más de 3,5 toneladas que se ajusten a los requisitos establecidos en el Reglamento n° 80, cumplan los requisitos establecidos en el punto 7.1 en relación con la conformidad con el punto 5.4.3.6.

8. MODIFICACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN DEL TIPO DE VEHÍCULO

8.1. Toda modificación del tipo de vehículo deberá notificarse al organismo de homologación de tipo que homologó el tipo de vehículo. A continuación, este podrá optar por una de las posibilidades siguientes:

8.1.1. considerar que las modificaciones probablemente no tendrán consecuencias negativas apreciables y que en cualquier caso el vehículo sigue cumpliendo los requisitos, o bien

8.1.2. exigir una nueva acta de ensayo al servicio técnico responsable de realizar los ensayos.

8.2. La confirmación o denegación de la homologación se comunicará a las Partes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento, especificándose las modificaciones, mediante el procedimiento indicado en el punto 4.3.

8.3. El organismo competente que expida la extensión de la homologación asignará un número de serie a dicha extensión e informará de ello a las demás Partes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento por medio de un formulario de notificación conforme al modelo que figura en el anexo 1 del presente Reglamento.

9. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN
- Los procedimientos de conformidad de la producción deberán ajustarse a lo dispuesto en el apéndice 2 del Acuerdo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), cumpliendo los requisitos siguientes:
- 9.1. Todo vehículo que lleve una marca de homologación en aplicación del presente Reglamento deberá ser conforme al tipo de vehículo homologado en cuanto a los detalles que tengan influencia sobre las características de los anclajes de los cinturones de seguridad y el sistema de anclajes ISOFIX y el anclaje superior ISOFIX.
- 9.2. Para comprobar la conformidad exigida en el punto 9.1 se procederá a un número suficiente de comprobaciones por muestreo de los vehículos producidos en serie que lleven la marca de homologación exigida por el presente Reglamento.
- 9.3. Como norma general, las comprobaciones citadas anteriormente se limitarán a la realización de mediciones. Sin embargo, si fuese necesario, los vehículos se someterán a algunos de los ensayos descritos en el punto 6, elegidos por el servicio técnico encargado de realizar los ensayos de homologación.
10. SANCIONES POR DISCONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN
- 10.1. La homologación concedida a un tipo de vehículo con arreglo al presente Reglamento podrá retirarse si no se cumplen los requisitos establecidos en el punto 9.1 o si sus anclajes de cinturón de seguridad o los sistemas de anclaje ISOFIX y el anclaje superior ISOFIX no superan los controles que se establecen en el punto 9.
- 10.2. Cuando una Parte del Acuerdo que aplique el presente Reglamento retire una homologación que había concedido anteriormente, informará de ello inmediatamente a las demás Partes contratantes que aplican el presente Reglamento mediante un formulario de notificación conforme al ejemplo recogido en el anexo 1 del presente Reglamento.
11. INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO
- Las autoridades nacionales podrán exigir a los fabricantes de los vehículos que se matriculen en su territorio que indiquen de manera clara en las instrucciones para el funcionamiento del vehículo:
- 11.1. los puntos en que se sitúan los anclajes, y
- 11.2. los tipos de cinturones a los que se destinan los anclajes (véase el punto 5 del anexo 1).
12. CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN
- Cuando el titular de una homologación cese completamente de fabricar un tipo de anclajes de cinturón de seguridad o un tipo de sistema de anclajes ISOFIX y anclaje superior ISOFIX homologado con arreglo al presente Reglamento, informará de ello al organismo que haya concedido la homologación. Tras la recepción de la correspondiente notificación, dicho organismo informará a las demás Partes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento mediante un formulario de notificación conforme al modelo recogido en el anexo 1 del presente Reglamento.
13. NOMBRES Y DIRECCIONES DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y DE LOS ORGANISMOS DE HOMOLOGACIÓN DE TIPO
- Las Partes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento comunicarán a la Secretaría de las Naciones Unidas los nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de realizar los ensayos de homologación y de los organismos de homologación de tipo que conceden la homologación y a los cuales deberán remitirse los formularios de certificación de la concesión, retirada o denegación de la homologación expedidos en otros países.
14. DISPOSICIONES TRANSITORIAS
- 14.1. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 06 de modificaciones, ninguna Parte que aplique el presente Reglamento denegará la concesión de homologaciones CEPE con arreglo al mismo en su versión modificada por la serie 06 de modificaciones.



- 14.2. A partir de los 2 años tras la entrada en vigor de la serie 06 de modificaciones del presente Reglamento, las Partes que apliquen el presente Reglamento concederán homologaciones de tipo CEPE únicamente si se cumplen los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 06 de modificaciones.
- 14.3. A partir de los 7 años tras la entrada en vigor de la serie 06 de modificaciones del presente Reglamento, las Partes que apliquen el presente Reglamento podrán denegar el reconocimiento de las homologaciones que no hayan sido concedidas con arreglo a la serie 06 de modificaciones del presente Reglamento. No obstante, las homologaciones vigentes de las categorías de vehículo que no se vean afectadas por la serie 06 de modificaciones del presente Reglamento seguirán siendo válidas y las Partes que apliquen el presente Reglamento continuarán aceptándolas.
- 14.4. En el caso de los vehículos no afectados por el punto 7.1.1, seguirán siendo válidas las homologaciones que se concedan con arreglo a la serie 04 de modificaciones del presente Reglamento.
- 14.5. En el caso de los vehículos no afectados por el suplemento 4 de la serie 05 de modificaciones del presente Reglamento, las homologaciones vigentes seguirán siendo válidas si se concedieron con arreglo a la serie 05 de modificaciones, hasta su suplemento 3.
- 14.6. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor del suplemento 5 de la serie 05 de modificaciones, ninguna Parte que lo aplique denegará la concesión de homologaciones con arreglo al presente Reglamento en su versión modificada por el suplemento 5 de la serie 05 de modificaciones.
- 14.7. En el caso de los vehículos no afectados por el suplemento 5 de la serie 05 de modificaciones del presente Reglamento, las homologaciones vigentes seguirán siendo válidas si se concedieron con arreglo a la serie 05 de modificaciones, hasta su suplemento 3.
- 14.8. En el caso de los vehículos de categoría M<sub>1</sub>, a partir del 20 de febrero de 2005 las Partes que apliquen el presente Reglamento únicamente concederán homologaciones si se cumplen los requisitos establecidos en el presente Reglamento, modificado por el suplemento 5 de la serie 05 de modificaciones.
- 14.9. En el caso de los vehículos de categoría M<sub>1</sub>, a partir del 20 de febrero de 2007 las Partes que apliquen el presente Reglamento podrán denegar el reconocimiento de las homologaciones que no hayan sido concedidas con arreglo al suplemento 5 de la serie 05 de modificaciones del presente Reglamento.
- 14.10. En el caso de los vehículos de categoría N, a partir del 16 de julio de 2006 las Partes que apliquen el presente Reglamento únicamente concederán la homologación si el tipo de vehículo cumple los requisitos establecidos en el presente Reglamento, modificado por el suplemento 5 de la serie 05 de modificaciones.
- 14.11. En el caso de los vehículos de categoría N, a partir del 16 de julio de 2008 las Partes que apliquen el presente Reglamento podrán denegar el reconocimiento de las homologaciones que no hayan sido concedidas con arreglo al suplemento 5 de la serie 05 de modificaciones del presente Reglamento.
- 14.12. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 07 de modificaciones, ninguna Parte contratante que aplique el presente Reglamento denegará la concesión de homologaciones con arreglo al mismo en su versión modificada por la serie 07 de modificaciones.
- 14.13. A partir de 24 meses a partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 07 de modificaciones, las Partes contratantes que apliquen el presente Reglamento concederán homologaciones solo si se cumplen los requisitos del mismo en su versión modificada por la serie 07 de modificaciones.
- 14.14. A partir de 36 meses a partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 07 de modificaciones, las Partes que apliquen el presente Reglamento podrán denegar el reconocimiento de las homologaciones que no se concedieron con arreglo a la serie 07 de modificaciones del presente Reglamento.
- 14.15. No obstante lo dispuesto en los puntos 14.13 y 14.14, seguirán siendo válidas las homologaciones de las categorías de vehículos concedidas con arreglo a las series anteriores de modificaciones del Reglamento que no se vean afectadas por la serie 07 de modificaciones y las Partes que apliquen el Reglamento continuarán aceptándolas.
- 14.16. En la medida en que no existan requisitos sobre la instalación obligatoria de anclajes de cinturones de seguridad para transportines en sus requisitos nacionales en el momento en que se adhieron al presente Reglamento, las Partes contratantes podrán seguir permitiendo su no instalación a efectos de la homologación nacional y, en este caso, dichas categorías de autobuses no podrán ser objeto de una homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento.

- 
- 14.17. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor del suplemento 2 de la serie 07 de modificaciones, ninguna Parte que aplique el presente Reglamento denegará la concesión de homologaciones de tipo con arreglo al presente Reglamento en su versión modificada por el suplemento 2 de la serie 07 de modificaciones.
- 14.18. A partir de los 12 meses de la fecha oficial de entrada en vigor del suplemento 2 de la serie 07 de modificaciones, las Partes que apliquen el presente Reglamento concederán homologaciones de tipo únicamente a aquellos tipos de vehículo que cumplan los requisitos de este Reglamento modificado por el suplemento 2 de la serie 07 de modificaciones.
- 14.19. Las Partes que apliquen el presente Reglamento no denegarán la concesión de extensiones de homologaciones, incluso si no se cumplen los requisitos del suplemento 2 de la serie 07 de modificaciones.
-

## ANEXO I

## COMUNICACIÓN

[formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



expedida por: Nombre de la administración

.....  
 .....  
 .....

relativa a <sup>(2)</sup>: la concesión de la homologación  
 la extensión de la homologación  
 la denegación de la homologación  
 la retirada de la homologación  
 el cese definitivo de la producción

de un tipo de vehículo en lo que concierne a los anclajes de cinturón de seguridad, los sistemas de anclajes ISOFIX, los anclajes superiores ISOFIX y las plazas de asiento i-Size, en su caso, con arreglo al Reglamento n° 14.

N° de homologación: ..... N° de extensión: .....

1. Denominación comercial o marca del vehículo: .....
2. Tipo de vehículo: .....
3. Nombre y dirección del fabricante: .....
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante: .....
5. Denominación del tipo de cinturones y retractores autorizados para ser montados en los anclajes con los que va equipado el vehículo:

		Anclaje en (*)	
		la estructura del vehículo	la estructura del asiento
Parte delantera	Asiento derecho	{ anclajes inferiores anclaje superior	{ exterior interior
	Asiento central	{ anclajes inferiores anclaje superior	{ derecho izquierdo
	Asiento izquierdo	{ anclajes inferiores anclaje superior	{ exterior interior
Parte trasera	Asiento derecho	{ anclajes inferiores anclaje superior	{ exterior interior
	Asiento central	{ anclajes inferiores anclaje superior	{ derecho izquierdo
	Asiento izquierdo	{ anclajes inferiores anclaje superior	{ exterior interior

(\*) Inscribir en la casilla del cuadro la(s) letra(s) siguiente(s):

«A» para un cinturón de tres puntos,  
 «B» para un cinturón subabdominal,  
 «S» para un cinturón de tipo especial; deberá indicarse el tipo en «Observaciones»,  
 «Ar», «Br» o «Sr» para un cinturón con retractor,  
 «Ae», «Be» o «Se» para un cinturón con dispositivo de absorción de energía,  
 «Are», «Bre» o «Sre» para un cinturón con retractor y dispositivos de absorción de energía en un anclaje como mínimo.

- Observaciones: .....
6. Descripción de los asientos <sup>(1)</sup>: .....
  7. Se acoge a la excepción ISOFIX prevista en el punto 5.3.8.8 del presente Reglamento: Sí/No <sup>(2)</sup>.
  8. Descripción de los sistemas de regulación, desplazamiento y bloqueo del asiento o de sus partes <sup>(3)</sup>: .....
  9. Descripción del anclaje del asiento <sup>(3)</sup>: .....
  10. Descripción del tipo concreto de cinturón de seguridad exigido en el caso de un anclaje fijado a la estructura del asiento o que lleve un dispositivo de disipación de energía: .....
  11. Vehículo presentado para su homologación el: .....
  12. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación: .....
  13. Fecha del acta de ensayo expedida por dicho servicio: .....
  14. Número del acta de ensayo expedida por dicho servicio: .....
  15. Homologación concedida/extendida/denegada/retirada <sup>(4)</sup>.
  16. Emplazamiento de la marca de homologación en el vehículo: .....
  17. Lugar: .....
  18. Fecha: .....
  19. Firma: .....
  20. Se adjuntan a la presente comunicación los siguientes documentos, presentados al servicio administrativo que concedió la homologación y disponibles previa solicitud:
    - croquis, diagramas y planos de los anclajes, de los sistemas de anclajes ISOFIX, de los anclajes superiores, en su caso, de la superficie de contacto con el suelo de las plazas i-Size, si procede, así como de la estructura del vehículo;
    - fotografías de los anclajes, de los sistemas de anclajes ISOFIX, de los anclajes superiores en su caso, de la superficie de contacto con el suelo de las plazas i-Size, si procede, así como de la estructura del vehículo;
    - croquis, diagramas y planos de los asientos, sus anclajes al vehículo, los sistemas de regulación y desplazamiento de los asientos y sus partes, y sus dispositivos de bloqueo <sup>(3)</sup>;
    - fotografías de los asientos, sus anclajes, los sistemas de regulación y desplazamiento de los asientos y sus partes, y sus dispositivos de bloqueo <sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Número de identificación del país que ha concedido/extendido/denegado/retirado la homologación (véanse las disposiciones de homologación del Reglamento).

<sup>(2)</sup> Táchese lo que no proceda.

<sup>(3)</sup> Únicamente si el anclaje está fijado al asiento o si el soporte de la correa del cinturón es el asiento.

## ANEXO 2

## DISPOSICIÓN DE LA MARCA DE HOMOLOGACIÓN

## Modelo A

(véase el punto 4.4 del presente Reglamento)

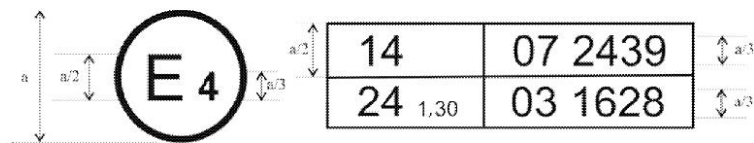


a = 8 mm mín.

Esta marca de homologación colocada en un vehículo indica que el tipo de vehículo ha sido homologado en los Países Bajos (E4) en lo que concierne a los anclajes de los cinturones de seguridad, de conformidad con el Reglamento n° 14, con el número 072439. Los dos primeros dígitos del número de homologación indican que el Reglamento n° 14 ya incluía la serie 07 de modificaciones en el momento de la homologación.

## Modelo B

(véase el punto 4.5 del presente Reglamento)



a = 8 mm mín.

Esta marca de homologación colocada en un vehículo indica que el tipo de vehículo ha sido homologado en los Países Bajos (E4), de conformidad con los Reglamentos n° 14 y 24 (\*). (En el caso de este último Reglamento, el coeficiente de absorción corregido será de 1,30 m<sup>-1</sup>). Los números de homologación indican que en las fechas en que se concedieron estas homologaciones, el Reglamento n° 14 ya incluía la serie 07 de modificaciones y el Reglamento n° 24 se encontraba en su serie 03 de modificaciones.

(\*) El segundo número se ofrece únicamente a modo de ejemplo.

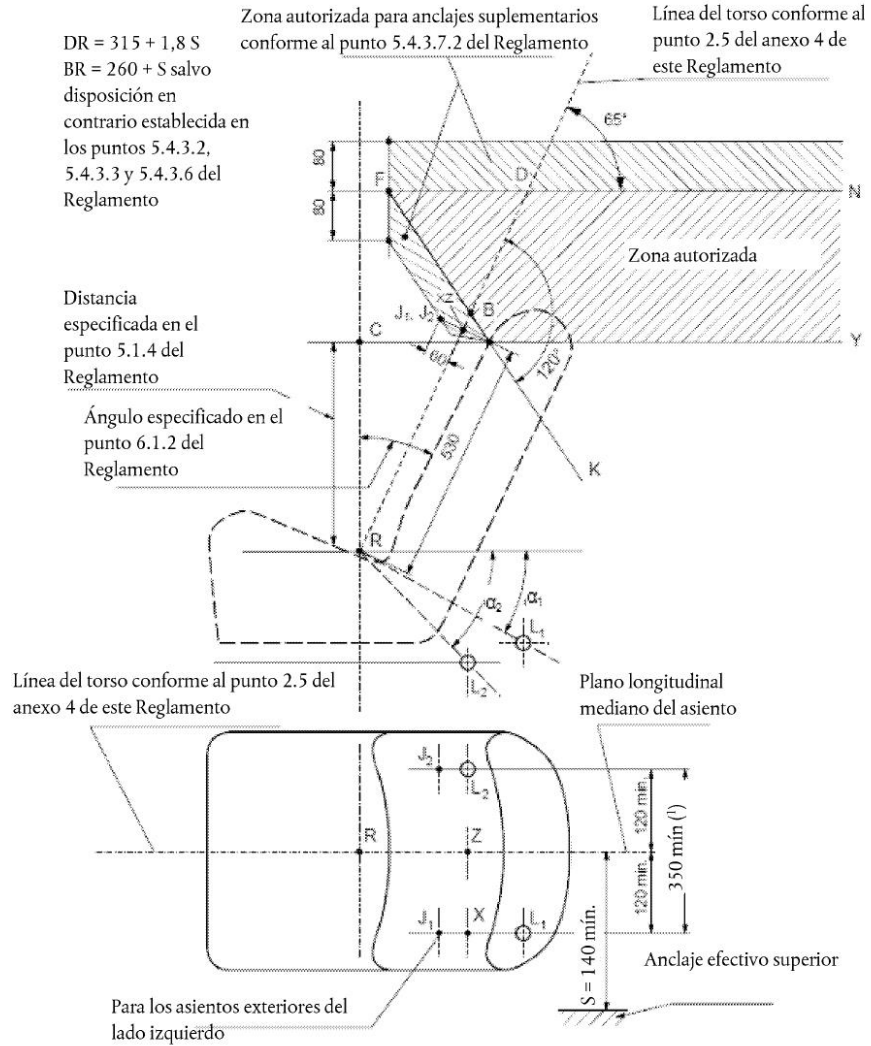
ANEXO 3

EMPLAZAMIENTO DE LOS ANCLAJES EFECTIVOS

Figura 1

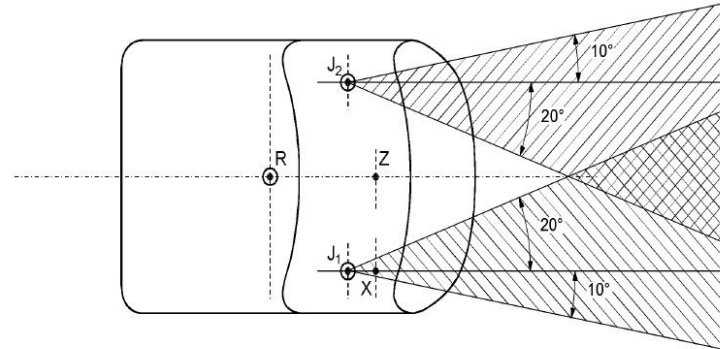
Zonas de emplazamiento de los anclajes efectivos

(El croquis muestra un ejemplo en el que el anclaje superior está fijado a un panel lateral del habitáculo).



<sup>(1)</sup> 240 mm como mínimo en el caso de las plazas de asiento traseras centrales de las categorías de vehículos M1 y N1

Figura 2

**Anclajes efectivos superiores con arreglo al punto 5.4.3.7.3 del Reglamento**

## ANEXO 4

**PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DEL PUNTO H Y DEL ÁNGULO REAL DEL TORSO DE LAS PLAZAS SENTADAS EN VEHÍCULOS DE MOTOR <sup>(1)</sup>**

Apéndice 1: Descripción del maniquí tridimensional para el punto H <sup>(1)</sup>

Apéndice 2: Sistema de referencia tridimensional <sup>(1)</sup>

Apéndice 3: Parámetros de referencia de las plazas de asiento <sup>(1)</sup>

—

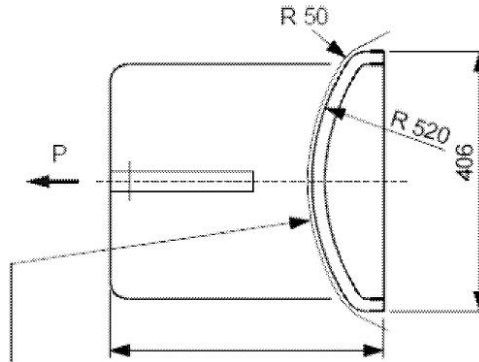
<sup>(1)</sup> Procedimiento descrito en el anexo 1 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3) (documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3): [www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)



## ANEXO 5

## DISPOSITIVO DE TRACCIÓN

Figura 1



Gomaespuma cubierta de tela, grosor 25 mm

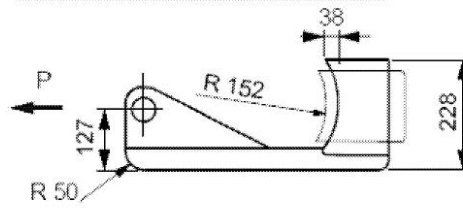
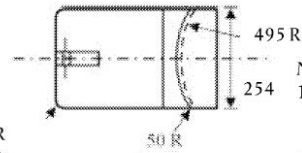


Figura 1a



Notas:  
 1. Bloque cubierto de gomaespuma de densidad media cubierta de tela, grosor 25 mm

2. Todas las dimensiones están en mm

Orificio,  
 diám. 19 mm

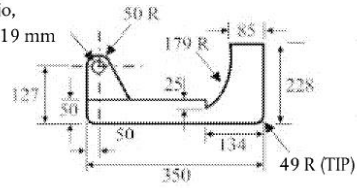


Figura 1b

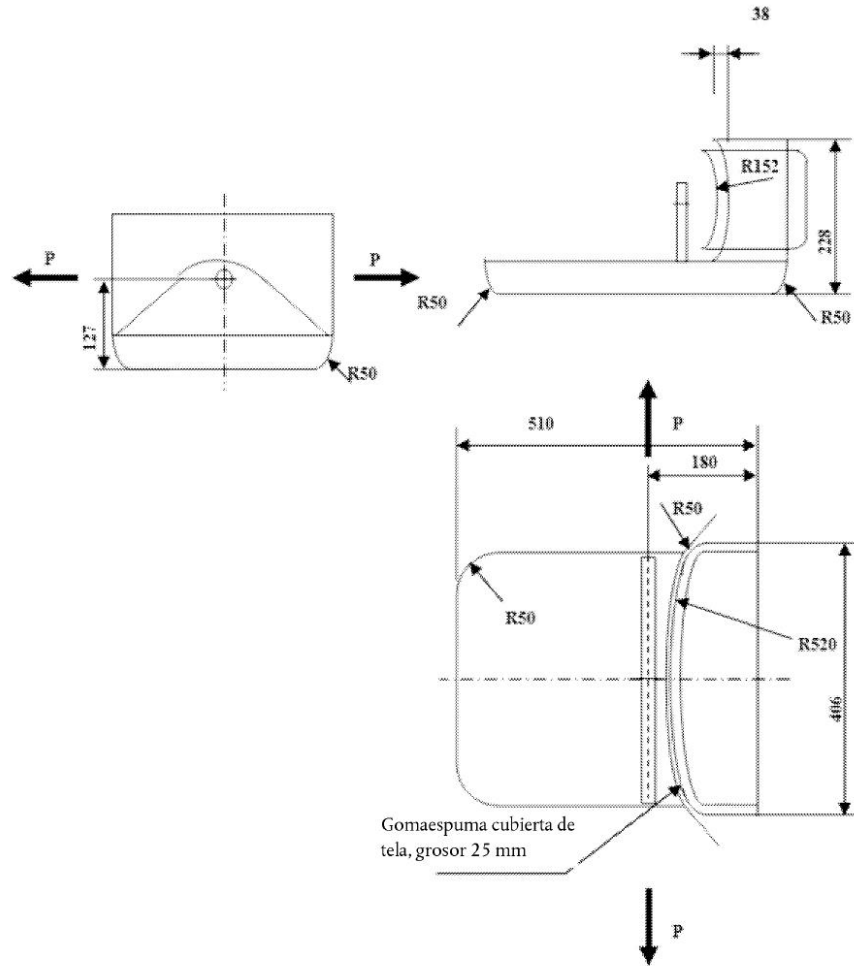
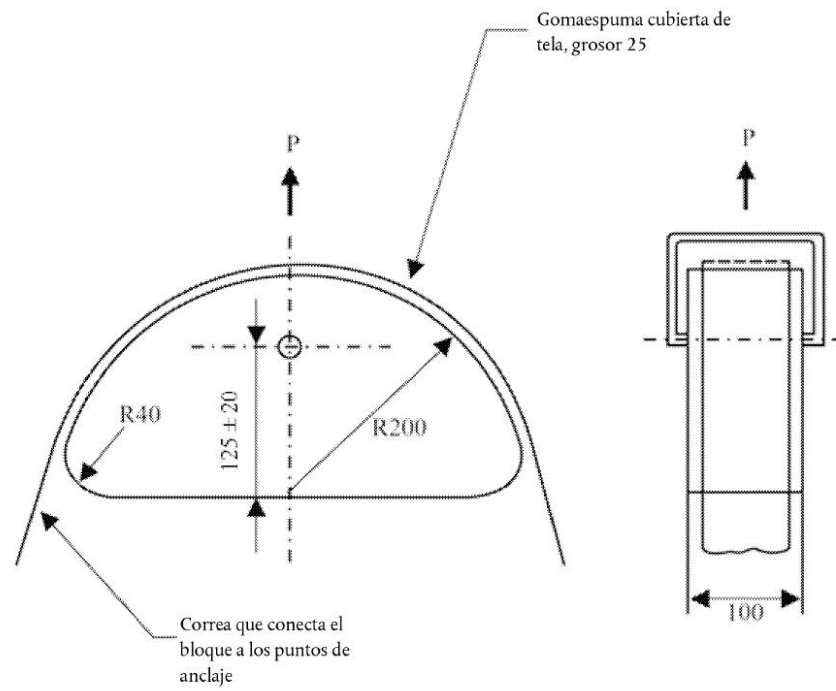


Figura 2

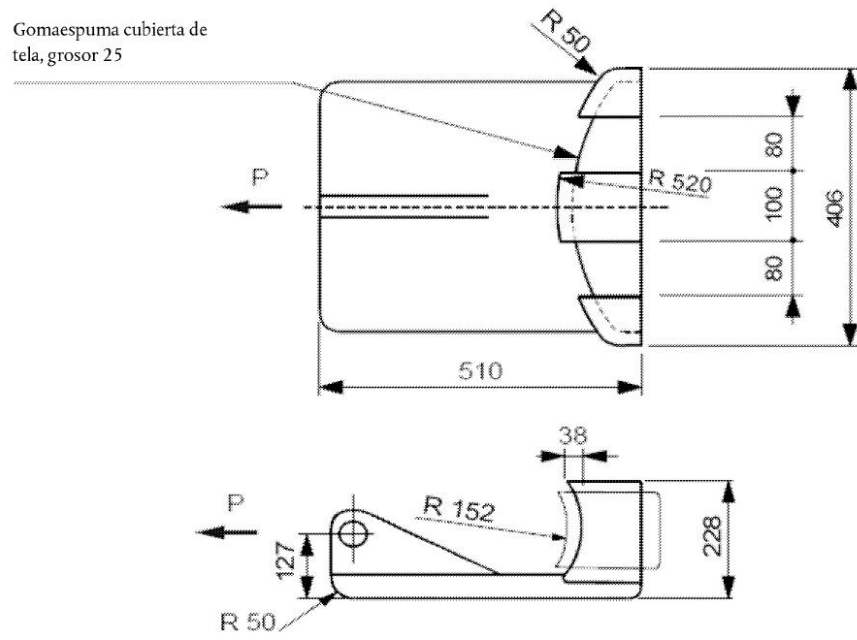
(Dimensiones en milímetros)



Para la fijación de la correa, el dispositivo de tracción del cinturón del hombro puede modificarse añadiendo dos rebordes y/o algunos pernos para evitar que la correa se desprenda durante el ensayo de tracción.

Figura 3

(Dimensiones en milímetros)



## ANEXO 6

## NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE ANCLAJE Y EMPLAZAMIENTO DE LOS ANCLAJES INFERIORES

Categoría de vehículo	Plazas de asiento orientadas hacia delante				Orientadas hacia atrás	Hacia un lado
	Lateral		Central			
	Parte delantera	Las demás	Parte delantera	Las demás		
M <sub>1</sub>	3	3	3	3	2	—
M <sub>2</sub> ≤ 3,5 toneladas	3	3	3	3	2	—
M <sub>2</sub> > 3,5 toneladas	3 ⊕	3 o 2 ‡	3 o 2 ‡	3 o 2 ‡	2	—
M <sub>3</sub>	3 ⊕	3 o 2 ‡	3 o 2 ‡	3 o 2 ‡	2	2
N <sub>1</sub>	3	3 o 2 ∅	3 o 2 *	2	2	—
N <sub>2</sub> y N <sub>3</sub>	3	2	3 o 2 *	2	2	—

Explicación de los símbolos utilizados:

2: dos anclajes inferiores que permiten la instalación de un cinturón de seguridad de tipo B o, cuando así lo exija el anexo 13, apéndice 1, de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), de tipo Br, Br3, Br4m o Br4Nm.

3: dos anclajes inferiores y un anclaje superior que permitan la instalación de un cinturón de seguridad de tres puntos de tipo A o, cuando así lo exija el anexo 13, apéndice 1, de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), de tipo Ar, Ar4m o Ar4Nm.

∅: remite al punto 5.3.3 (se toleran dos anclajes si el asiento es contiguo a una zona de paso).

\*: remite al punto 5.3.4 (se toleran dos anclajes si el parabrisas está fuera de la zona de referencia).

‡: remite al punto 5.3.5 (se toleran dos anclajes si no hay nada en la zona de referencia).

⊕: remite al punto 5.3.7 (disposición particular para el piso superior de un vehículo de dos pisos).

## Apéndice 1

**Emplazamiento de los anclajes inferiores: requisitos relativos únicamente a los ángulos**

Asiento		M <sub>1</sub>	Distinto de M <sub>1</sub>
Delantero *	lado de la hebilla ( $\alpha_2$ )	45-80°	30-80°
	distinto del lado de la hebilla ( $\alpha_1$ )	30-80°	30-80°
	ángulo constante	50-70°	50-70°
	asiento corrido, lado de la hebilla ( $\alpha_2$ )	45-80°	20-80°
	asiento corrido, distinto del lado de la hebilla ( $\alpha_1$ )	30-80°	20-80°
	asiento regulable con ángulo de inclinación del respaldo < 20°	45-80° ( $\alpha_2$ ) * 20-80° ( $\alpha_1$ ) *	20-80°
Trasero †		30-80°	20-80° $\Psi$
Transportín	No se exige anclaje. De instalarse anclaje: véanse los requisitos relativos a los ángulos aplicables a los asientos delanteros y traseros		

Explicación de los símbolos utilizados:

‡: lateral y central.

\*: si el ángulo no es constante, véase el punto 5.4.2.1.

$\Psi$ : 45-90° en el caso de los asientos de los vehículos M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>.

## ANEXO 7

**ENSAYO DINÁMICO POR EL QUE PUEDE OPTARSE EN LUGAR DEL ENSAYO ESTÁTICO DE RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES DE LOS CINTURONES DE SEGURIDAD**

## 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

En el presente anexo se describe un ensayo dinámico mediante carro por el que puede optarse como alternativa al ensayo estático de resistencia de los anclajes de los cinturones de seguridad que se establecen en los puntos 6.3 y 6.4 del presente Reglamento.

Esta alternativa podrá aplicarse a petición del fabricante del vehículo en el caso de un grupo de asientos en el que todas las plazas estén dotadas de cinturones de seguridad de tres puntos y con el que se combinen funciones de limitador de carga sobre el tórax y cuando el grupo de asientos incluya además una plaza cuyo anclaje del cinturón de seguridad se sitúe en la estructura del asiento.

## 2. PRESCRIPCIONES

- 2.1. En el ensayo dinámico que se establece en el punto 3 no podrá haber ruptura alguna del anclaje o la zona contigua. No obstante, se admitirá realizar una ruptura programada necesaria para el funcionamiento del dispositivo de limitación de carga.

Deberán respetarse las distancias mínimas para los anclajes inferiores efectivos que se especifican en el punto 5.4.2.5 del presente Reglamento, así como los requisitos relativos a los anclajes superiores efectivos especificados en el punto 5.4.3.6 del presente Reglamento y, si procede, complementados mediante lo dispuesto en el punto 2.1.1 siguiente.

- 2.1.1. Para los vehículos de la categoría M<sub>1</sub> cuya masa total admisible no supere las 2,5 toneladas, en caso de que el anclaje superior del cinturón de seguridad esté fijado a la estructura del asiento, dicho anclaje no deberá traspasar un plano transversal que pasa por el punto R y el punto C del asiento en cuestión (véase la figura 1 del anexo 3 del presente Reglamento).

Para los vehículos distintos de los mencionados, el anclaje superior del cinturón de seguridad no deberá traspasar un plano transversal con una inclinación de 10° hacia delante que pasa por el punto R del asiento.

- 2.2. En los vehículos que estén dotados de sistemas de desplazamiento y de bloqueo que permitan salir del vehículo a los ocupantes de todos los asientos, dichos sistemas deberán poderse seguir accionando manualmente después del ensayo.
- 2.3. En el manual de uso del vehículo deberá indicarse que cada cinturón de seguridad únicamente podrá sustituirse por un cinturón de seguridad homologado para la plaza de asiento de que se trate del vehículo y deberán señalarse en concreto las plazas de asiento en las que únicamente puede instalarse un cinturón de seguridad adecuado equipado con un limitador de carga.

## 3. CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DINÁMICO

## 3.1. Condiciones generales

Al ensayo descrito en el presente anexo se aplicarán las condiciones generales que figuran en el punto 6.1 del presente Reglamento.

## 3.2. Instalación y preparación

## 3.2.1. Carro

El carro deberá estar construido de tal manera que después del ensayo no tenga ninguna deformación permanente. Deberá orientarse de manera que, en la fase de colisión, la desviación supere 5° en el plano vertical y 2° en el plano horizontal.

## 3.2.2. Inmovilización de la estructura del vehículo

La parte de la estructura del vehículo que se considere esencial para la rigidez del vehículo por lo que respecta a los anclajes del asiento y a los del cinturón de seguridad deberá fijarse al carro, con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.2 del presente Reglamento.

### 3.2.3. Sistemas de retención

- 3.2.3.1. Los sistemas de retención (los asientos completos, los cinturones de seguridad y los dispositivos de limitación de carga) deberán montarse en la estructura del vehículo según las especificaciones del vehículo producido en serie.

Podrá montarse sobre el carro de ensayo el entorno del vehículo situado frente al asiento objeto de ensayo (salpicadero, asiento, etc., según el asiento de que se trate). Si hay un airbag frontal, deberá desactivarse.

- 3.2.3.2. A petición del fabricante del vehículo y de acuerdo con el servicio técnico encargado de realizar los ensayos, algunos componentes de los sistemas de retención distintos de los asientos completos, los cinturones de seguridad y los dispositivos de limitación de carga podrán no montarse sobre el carro de ensayo o sustituirse por componentes de resistencia equivalente o inferior y cuyas dimensiones estén incluidas en el acondicionamiento interior del vehículo, siempre que la configuración objeto de ensayo sea como mínimo tan desfavorable como la configuración de serie respecto a las fuerzas aplicadas al asiento y los anclajes de los cinturones de seguridad.

- 3.2.3.3. Los asientos deberán regularse tal como se establece en el punto 6.1.2 del presente Reglamento en la posición de uso que el servicio técnico encargado de realizar los ensayos considere la más desfavorable en cuanto a la resistencia de los anclajes y compatible con la instalación de los maniqués en el vehículo.

### 3.2.4. Maniqués

En cada asiento deberá colocarse un maniquí cuyas dimensiones y masa se definen en el anexo 8, retenido por el cinturón de seguridad del vehículo.

No será necesaria instrumentación alguna del maniquí.

### 3.3. Ensayo

- 3.3.1. El carro deberá ser propulsado de manera que su variación de velocidad durante el ensayo sea de 50 km/h. La desaceleración del carro deberá realizarse en el pasillo al que se refiere el anexo 8 del Reglamento nº 16.

- 3.3.2. En su caso, la activación de los dispositivos de retención adicionales (dispositivos de precarga, etc., excepto los airbags) se desencadenará con arreglo a las indicaciones del fabricante del vehículo.

- 3.3.3. Deberá comprobarse que el desplazamiento de los anclajes de los cinturones de seguridad no supere los límites especificados en los puntos 2.1 y 2.1.1 del presente anexo.

—

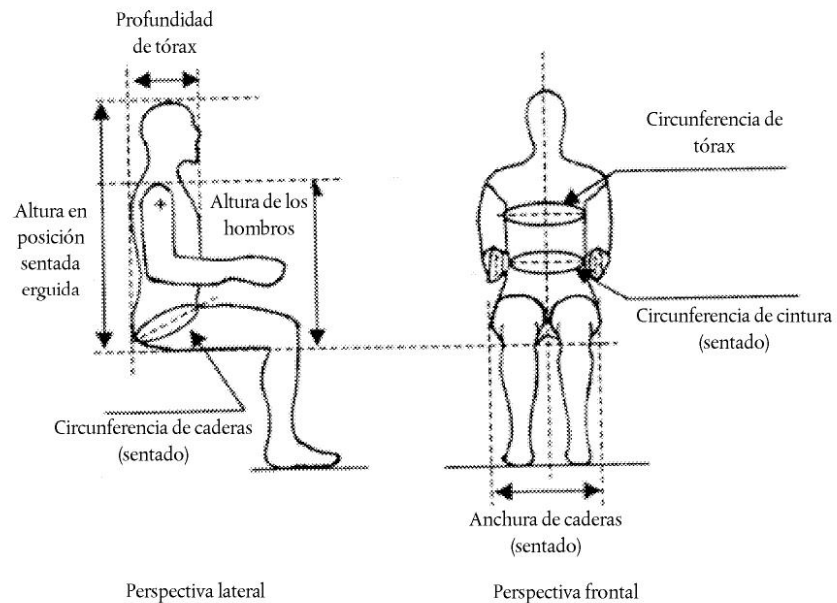


## ANEXO 8

## ESPECIFICACIONES DEL MANIQUÍ (\*)

Masa	97,5 ± 5 kg
Altura en posición sentada erguida	965 mm
Anchura de caderas (sentado)	415 mm
Circunferencia de caderas (sentado)	1 200 mm
Circunferencia de cintura (sentado)	1 080 mm
Profundidad de tórax	265 mm
Circunferencia de tórax	1 130 mm
Altura de los hombros	680 mm
Tolerancia en todas las dimensiones de longitud	± 5 %

Observación: véase a continuación un esquema en el que se explican las dimensiones.



(\*) Los dispositivos que se describen en la *Australian Design Rule (ADR) 4/03* y la *Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) nº 208* se considerarán equivalentes.

## ANEXO 9

## SISTEMAS DE ANCLAJES ISOFIX Y ANCLAJES SUPERIORES ISOFIX

Figura 1

Perspectivas isométricas del dispositivo de aplicación de fuerza estática (SFAD)

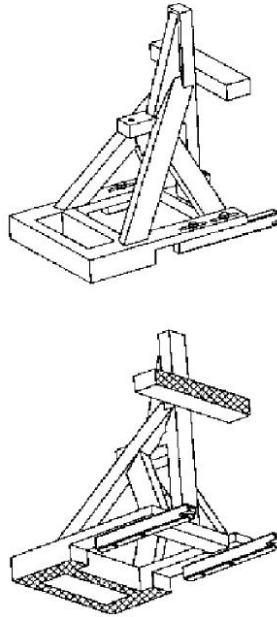
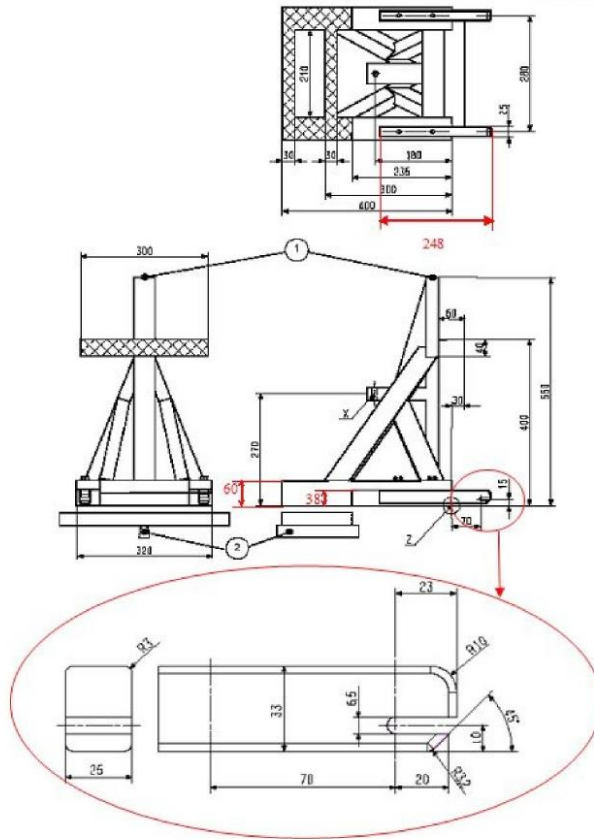


Figura 2

## Dimensiones del dispositivo de aplicación de fuerza estática (SFAD)

(Dimensiones en milímetros)

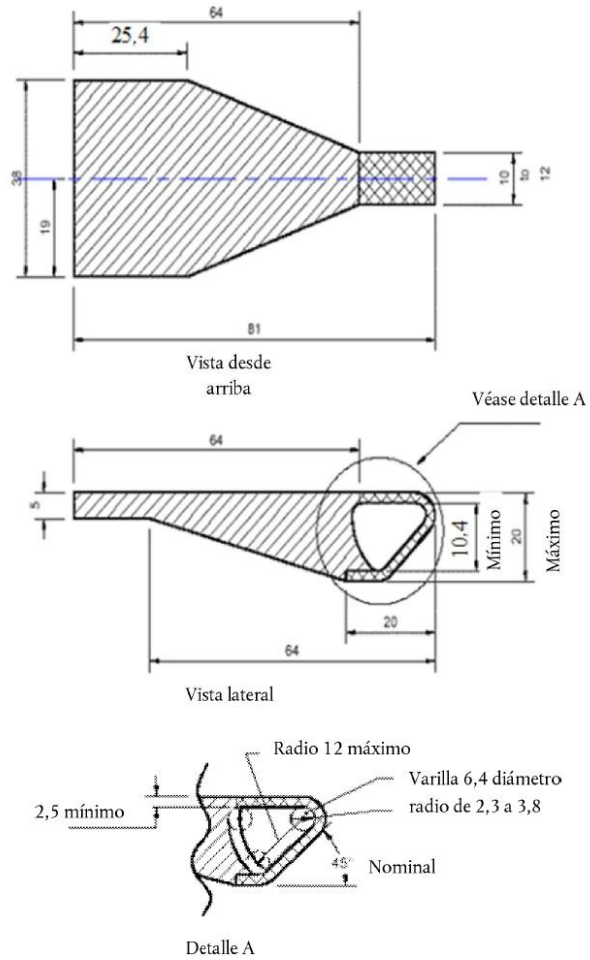


Leyenda:

- 1: punto de sujeción de la fijación superior.
- 2: fijación del pivote para el ensayo de rigidez tal como se describe más abajo.

Rigidez del SFAD: una vez sujeto a la barra o las barras de anclaje rígidas, con la parte transversal frontal del SFAD soportada por una barra rígida que se mantenga en el centro por un pivote longitudinal situado 25 mm por debajo de la base del SFAD (para permitir la flexión y la torsión de la base del SFAD), el movimiento del punto X no deberá ser superior a 2 mm en ninguna dirección cuando se apliquen las fuerzas previstas en el cuadro nº 1 del punto 6.6.4 del presente Reglamento. En las mediciones no se incluirá ninguna deformación del sistema de anclajes ISOFIX.

Figura 3

**Dimensiones del conector de anclaje superior ISOFIX (tipo gancho)***Dimensiones en milímetros***Leyenda:**



-  Estructura circundante (si existe)
-  Zona donde debe situarse totalmente el perfil de la interfaz del gancho de la correa de anclaje superior

Figura 4

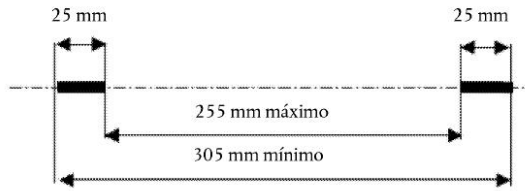
**Distancia entre las dos zonas de anclaje inferior**

Figura 5

**Plantilla en dos dimensiones**

(Dimensiones en milímetros)

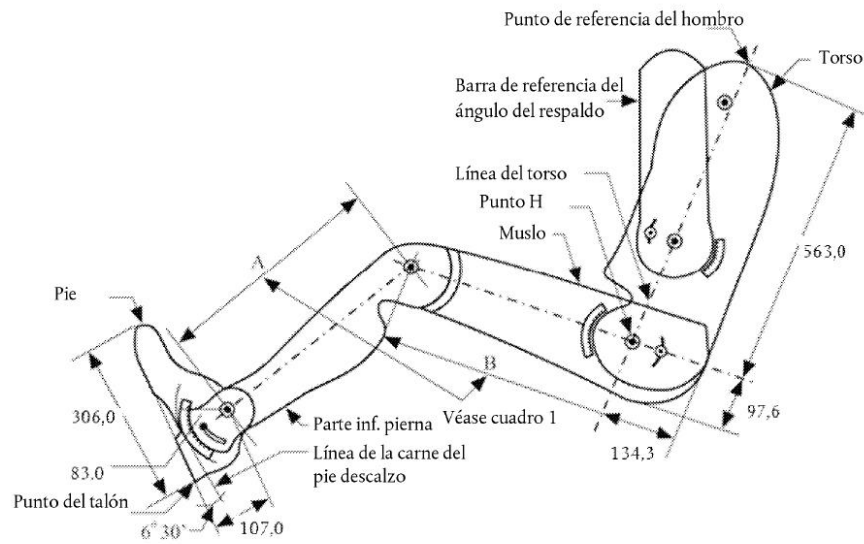
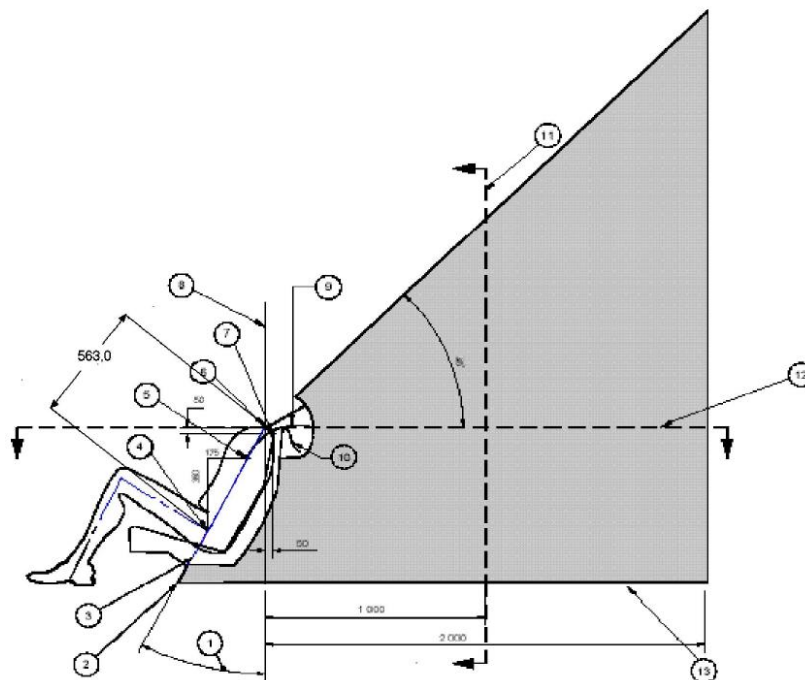


Figura 6

## Emplazamiento del anclaje superior ISOFIX, zona ISOFIX: vista lateral

(Dimensiones en milímetros)



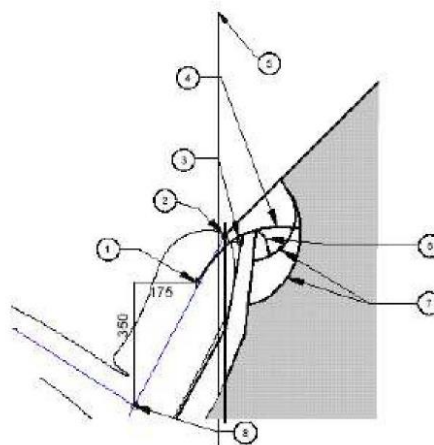
Leyenda:

- 1: ángulo de la espalda.
- 2: intersección del plano de referencia de la línea del torso y el suelo.
- 3: plano de referencia de la línea del torso.
- 4: punto H.
- 5: punto V.
- 6: punto R.
- 7: punto W.
- 8: plano longitudinal vertical.
- 9: longitud de enrollamiento de la correa desde el punto V: 250 mm.
- 10: longitud de enrollamiento de la correa desde el punto W: 200 mm.
- 11: sección transversal del plano M.
- 12: sección transversal del plano R.
- 13: línea que representa la superficie del suelo específico del vehículo dentro de la zona prescrita.

## Notas:

1. La parte del anclaje superior destinada a unirse con el gancho de anclaje superior debe estar situada en la zona sombreada.
2. Punto R: punto de referencia del hombro.
3. Punto V: punto de referencia V, 350 mm verticalmente por encima y 175 mm horizontalmente detrás del punto H.
4. Punto W: punto de referencia W, 50 mm verticalmente por debajo y 50 mm horizontalmente detrás del punto R.
5. Plano M: plano de referencia M, 1 000 mm horizontalmente detrás del punto R.
6. Las superficies más adelante de la zona se generan barriendo las dos líneas de enrollamiento en toda su zona de extensión en la parte delantera de la zona. Las líneas de enrollamiento representan la longitud mínima ajustada de las correas de anclaje superior habituales que se extienden desde la parte superior del sistema de retención infantil (SRI) (punto W) o más abajo en la parte trasera del SRI (punto V).

Figura 7

**Emplazamiento del anclaje superior ISOFIX, zona ISOFIX: vista lateral ampliada de la zona de enrollamiento***(Dimensiones en milímetros)*

## Leyenda:

- 1: punto V.
- 2: punto R.
- 3: punto W.
- 4: longitud de enrollamiento de la correa desde el punto V: 250 mm.
- 5: plano longitudinal vertical.
- 6: longitud de enrollamiento de la correa desde el punto W: 200 mm.
- 7: arcos creados por las longitudes de enrollamiento.
- 8: punto H.

## Notas:

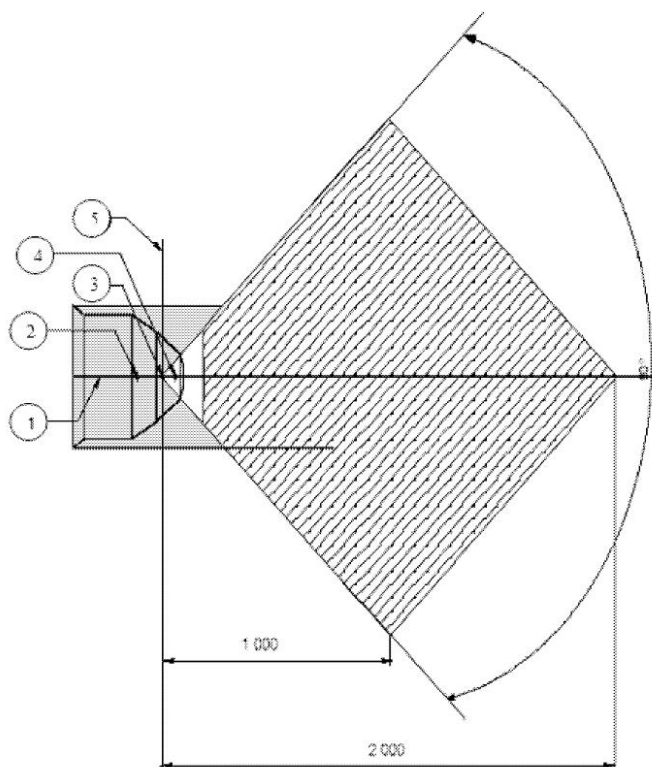
1. La parte del anclaje superior destinada a unirse con el gancho de anclaje superior debe estar situada en la zona sombreada.
2. Punto R: punto de referencia del hombro.
3. Punto V: punto de referencia V, 350 mm verticalmente por encima y 175 mm horizontalmente detrás del punto H.
4. Punto W: punto de referencia W, 50 mm verticalmente por debajo y 50 mm horizontalmente detrás del punto R.
5. Plano M: plano de referencia M, 1 000 mm horizontalmente detrás del punto R.
6. Las superficies más adelante de la zona se generan barriendo las dos líneas de enrollamiento en toda su zona de extensión en la parte delantera de la zona. Las líneas de enrollamiento representan la longitud mínima ajustada de las correas de anclaje superior típicas que se extienden desde la parte superior del sistema de retención infantil (SRI) (punto W) o más abajo en la parte trasera del SRI (punto V).

Figura 8

**Emplazamiento del anclaje superior ISOFIX, zona ISOFIX: vista en planta**

(Dimensiones en milímetros)

Sección transversal del plano R



## Leyenda:

- 1: plano mediano.  
2: punto V.



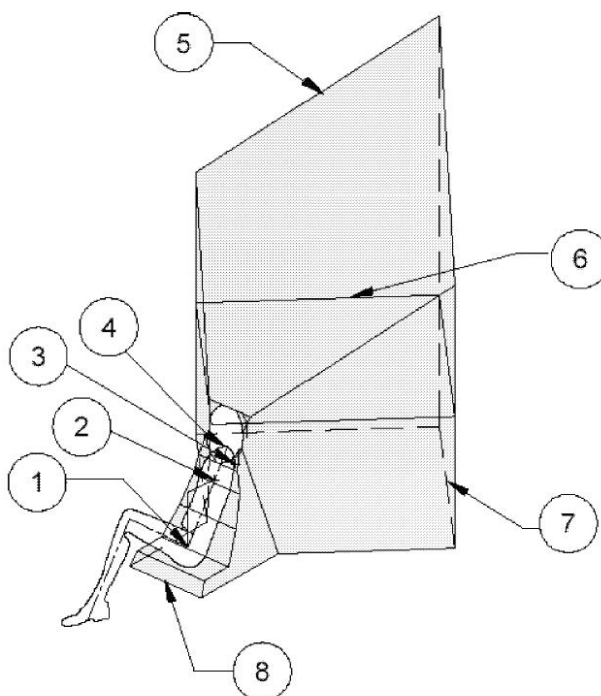


Notas:

1. La parte del anclaje superior destinada a unirse con el gancho de anclaje superior debe estar situada en la zona sombreada.
2. Punto R: punto de referencia del hombro.
3. Punto V: punto de referencia V, 350 mm verticalmente por encima y 175 mm horizontalmente detrás del punto H.
4. Punto W: punto de referencia W, 50 mm verticalmente por debajo y 50 mm horizontalmente detrás del punto R.

Figura 10

**Emplazamiento del anclaje superior ISOFIX, zona ISOFIX: vista esquemática tridimensional**



Leyenda:

- 1: punto H.
- 2: punto V.
- 3: punto W.
- 4: punto R.
- 5: plano 45°.

6: sección transversal del plano R.

7: superficie del suelo.

8: borde frontal de la zona.

Notas:

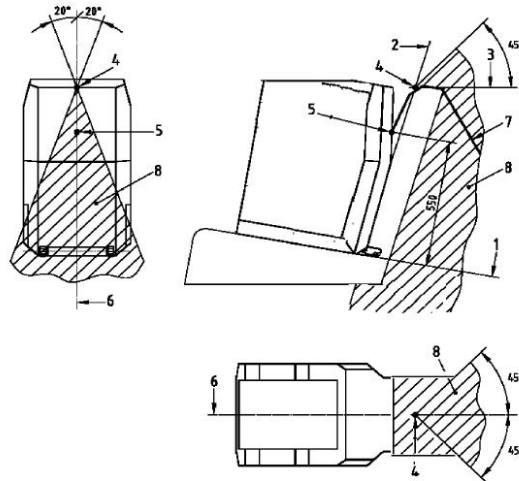
1. La parte del anclaje superior destinada a unirse con el gancho de anclaje superior debe estar situada en la zona sombreada.

2. Punto R: punto de referencia del hombro.

Figura 11

**Método alternativo para situar el anclaje superior utilizando el aparato «ISO/F2» (B), zona ISOFIX: vistas lateral, desde arriba y desde atrás**

(Dimensiones en milímetros)



Leyenda:

1: cara horizontal del aparato «ISO/F2» (B).

2: cara trasera del aparato «ISO/F2» (B).

3: línea horizontal tangente al punto superior del respaldo del asiento (último punto rígido con una dureza superior a 50 Shore A).

4: intersección entre 2 y 3.

5: punto de referencia de la fijación.

6: eje del aparato «ISO/F2» (B) superior.

7: correa de anclaje superior.

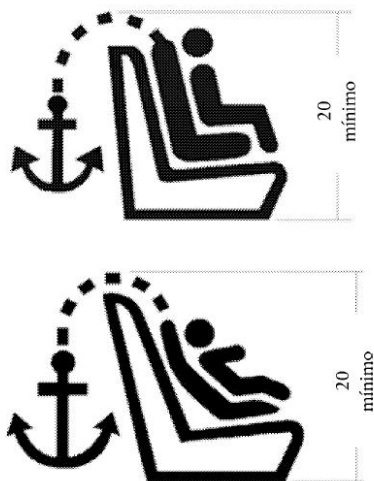
8: límites de la zona de anclaje.

Figura 12

**Símbolo de anclaje inferior ISOFIX***Notas:*

1. El dibujo no está representado a escala.
2. El símbolo puede presentarse en imagen invertida.
3. El fabricante puede elegir el color del símbolo.

Figura 13

**Símbolo utilizado para identificar el emplazamiento de un anclaje superior que se encuentra bajo una cubierta***Notas:*

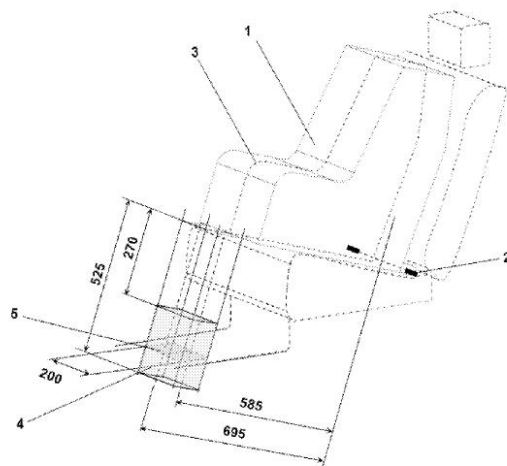
1. Dimensiones en milímetros.
2. El dibujo no está representado a escala.
3. El símbolo deberá ser claramente visible mediante un contraste de colores o bien con un relieve adecuado si está moldeado o en relieve.

## ANEXO 10

## PLAZA DE ASIENTO I-SIZE

Figura 1

## Vista tridimensional del volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo

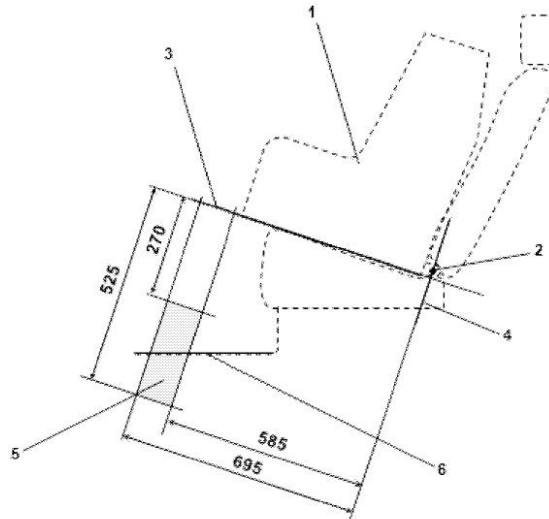


## Leyenda:

- 1: aparato de retención infantil (ARI).
- 2: barra de anclajes inferiores ISOFIX.
- 3: plano longitudinal mediano del ARI.
- 4: volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo.
- 5: superficie de contacto con el suelo del vehículo.

Nota: El dibujo no está representado a escala.

Figura 2

**Vista lateral del volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo**

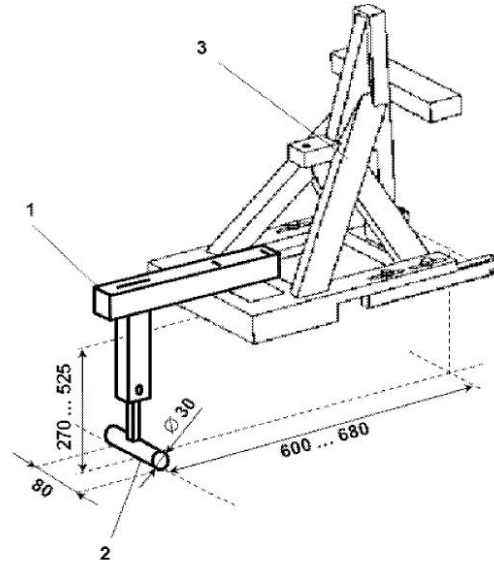
## Leyenda:

- 1: aparato de retención infantil (ARI).
- 2: barra de anclajes inferiores ISOFIX.
- 3: plano formado por la superficie inferior del ARI cuando está instalado en la plaza de asiento determinada.
- 4: plano que pasa por la barra de anclaje inferior orientado perpendicularmente al plano longitudinal mediano del ARI y al plano formado por la superficie inferior del ARI cuando está instalado en la plaza de asiento determinada.
- 5: volumen para la evaluación del pie de la pata de apoyo dentro del cual ha de situarse el suelo del vehículo. Este volumen representa el rango de ajuste en longitud y altura de una pata de apoyo de un sistema de retención infantil i-Size.
- 6: suelo del vehículo.

Nota: El dibujo no está representado a escala.

Figura 3

Ejemplo de un dispositivo de aplicación de fuerza modificado con un dispositivo de ensayo de la pata de apoyo (SFADSL) en el que se muestran el rango de ajuste y las dimensiones exigidas del pie de la pata de apoyo



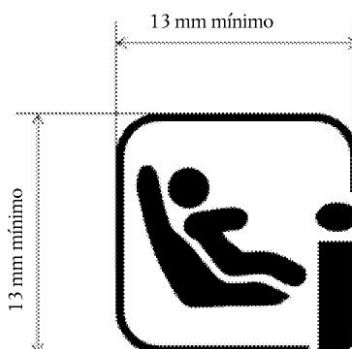
Leyenda:

- 1: dispositivo de ensayo de la pata de apoyo.
- 2: pie de la pata de apoyo.
- 3: SFAD (según se define en el anexo 9 del presente Reglamento).

Notas:

1. El dibujo no está representado a escala.
2. El dispositivo de ensayo de la pata de apoyo:
  - a) permitirá realizar el ensayo en la totalidad de la superficie de contacto del suelo del vehículo definida para cada plaza de asiento i-Size;
  - b) estará fijado rígidamente al SFAD de forma que las fuerzas aplicadas a este repercutan directamente en el suelo del vehículo, sin que las fuerzas reactivas se vean reducidas por amortiguamiento en el dispositivo de ensayo de la pata de apoyo o por deformación de este.
3. El pie de la pata de apoyo estará formado por un cilindro de 80 mm de ancho y de 30 mm de diámetro, con bordes redondeados en ambas caras con un radio de 2,5 mm.
4. En el caso de que la altura se ajuste por incrementos, la distancia entre incrementos de ajuste será igual o inferior a 20 mm.

Figura 4

**Símbolo utilizado para señalar una plaza de asiento i-Size***Notas:*

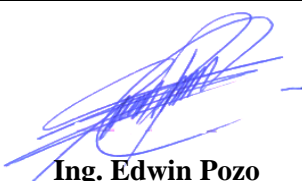

1. El dibujo no está representado a escala.
  2. El fabricante puede elegir el color del símbolo.
-





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 24/ 01 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> NÉSTOR DANIEL CHIZA MONTILLA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> MECÁNICA
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
<b>Título a optar:</b> INGENIERO AUTOMOTRIZ
 <b>Ing. Edwin Pozo</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b>
 <b>Ing. Miguel Aquino</b> <b>Firma del Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>