



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“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”.**

---

**AUTOR: Fausto Sebastian Astudillo Bautista**

**TUTOR: Ing. Mg. César Arroba**

**AMBATO - ECUADOR**

**2016**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“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”**, elaborado por el Sr. Fausto Sebastian Astudillo Bautista, portador de la cédula de ciudadanía: 180426165-7, y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- El presente Trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....  
Ing. Mg. Cesar Arroba  
TUTOR

## **AUTORÍA DE TRABAJO EXPERIMENTAL**

Los criterios emitidos en este trabajo experimental con el tema “**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**” como también las ideas, análisis, y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor.

.....  
Fausto Sebastian Astudillo Bautista

C.I.: 180426165-7

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste trabajo experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Ambato, 28 de Julio de 2016

Autor

.....  
Fausto Sebastian Astudillo Bautista

C.I.: 180426165-7



**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de trabajo experimental, sobre el tema: “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”, del egresado Fausto Sebastian Astudillo Bautista, carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 28 de Julio de 2016

.....

Ing. Mg. Diego Núñez

.....

Ing. Mg. Thalía San Antonio

.....

Ing. Mg. Francisco Pazmiño

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación lo dedico a Dios al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello con toda humildad desde el fondo de mi corazón.

También quiero dedicar el producto de mi esfuerzo a mis padres Fausto y Elsa que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, y han estado junto a mí brindándome su apoyo en todos los proyectos de mi vida lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos por ser una parte fundamental de mi vida y me han estado apoyando siempre como amigos y confidentes.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Fausto Astudillo

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a la Universidad Técnica de Ambato que me dio la oportunidad de ser parte de tan prestigiosa institución, a todos y cada uno de los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también al Ing. Mg. Cesar Arroba, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo del trabajo de graduación.

A la empresa Sistema de Asientos AMERICAN y su gerente general el Ing. Miguel Barriga por facilitar la realización de este estudio en sus instalaciones.

También son muchos a quienes les debo reconocer su contribución, algunos tal vez ni lo recuerden, incluso no han sido muy conscientes de su aporte. Pero, yo les guardo un recuerdo y agradecimiento muy particular, por su colaboración con este trabajo de investigación.

Fausto Astudillo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PÁGINAS PRELIMINARES</b>	<b>Nº PÁGINA</b>
CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA DE TRABAJO EXPERIMENTAL.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
RESUMEN EJECUTIVO .....	XVII
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVIII

### **CAPÍTULO I**

ANTECEDENTES.....	1
1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL .....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General .....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	4

### **CAPÍTULO II**

FUNDAMENTACIÓN.....	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 GESTIÓN DE CALIDAD .....	5
2.1.2 COMPETITIVIDAD.....	5
2.1.3 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	6
2.1.4 CONFORMADO .....	6
2.1.5 RESISTENCIA DE MATERIALES.....	8

2.1.6 ANÁLISIS DE ESFUERZOS.....	8
2.1.7 DISEÑO POR ELEMENTOS FINITOS .....	9
2.1.8 SIMULACIÓN DE PRUEBAS ESTÁTICAS.....	14
2.1.9 PROCEDIMIENTO:.....	16
2.1.10 ENSAYO DE TRACCIÓN.....	18
2.2 HIPÓTESIS.....	22
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE HIPÓTESIS .....	22
2.3.1 Variable independiente.....	22
2.3.2 Variable dependiente.....	22
2.3.3 Termino de relación .....	22

### **CAPÍTULO III**

METODOLOGÍA .....	23
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.1.1 Exploratorio.....	23
3.1.2 Descriptivo .....	23
3.1.3 Correlacional.....	23
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	24
3.2.1 Población.....	24
3.2.2 Muestra.....	24
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	25
3.3.1 Variable independiente: .....	25
3.3.2 Variable dependiente:.....	26
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	27
3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	27
3.5.1 Plan de procesamiento de la información.....	27

### **CAPÍTULO IV**

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	29
--	----

4.1.1	Proceso propuesto para el análisis de resultados.....	29
4.2	Recopilación de datos preliminares.....	29
4.2.1	Descripción del asiento interprovincial.....	29
4.2.2	Partes de la estructura del asiento de bus interprovincial y sus materiales.....	31
4.2.3	Ensayos preliminares. ....	33
4.2.4	Ensayo de tracción del material utilizado en la estructura del asiento.....	33
4.2.5	Simulación del ensayo de Tracción de la platina de 50x2 mm.....	39
4.2.6	Simulación de la aplicación de la carga del asiento interprovincial en el asiento de 1020 y 960 mm.....	43
4.2.7	Análisis de aplicación de la carga en el asiento 1020 mm a tiempo 0,2 seg a diferentes posiciones.....	44
4.2.8	Análisis de aplicación de la carga en el asiento 1020 mm a tiempo 0,3 seg a diferentes posiciones.....	64
4.2.9	Análisis de aplicación de la carga en el asiento 960 mm a tiempo 0,2 seg a diferentes posiciones.....	79
4.2.10	Análisis de aplicación de la carga en el asiento 960 mm a tiempo 0,3 seg a diferentes posiciones.....	99
4.3	Verificación de la hipótesis.....	114
4.3.1	Comparación de los desplazamientos a distintas posiciones y tiempos.....	114
<b>CAPÍTULO V</b>		
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1	CONCLUSIONES.....	117
5.2	RECOMENDACIONES.....	118
	Bibliografía.....	118
	ANEXOS.....	121
	Anexo A1.....	122
	Anexo A2.....	129
	Anexo A3.....	133
	Anexo A4.....	134

Anexo A5 .....	137
Anexo A6 .....	140
Anexo B1 .....	141
Anexo B2 .....	143
Anexo B3 .....	145
Anexo B4 .....	147
Anexo C1 .....	149
Anexo D1 .....	154

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1: Formas de cargas para elementos finitos .....	11
Fig. 2.2: Formas de los elementos finitos .....	11
Fig. 2.3: Características de los elementos finitos .....	12
Fig. 2.4: Estudio de impacto con la máquina de pruebas dinámicas.....	15
Fig. 2.5: Estudio de impacto con la máquina de pruebas dinámicas.....	15
Fig. 2.6: Fotografía del estudio de análisis matemático.....	16
Fig. 2.7: Comportamiento numérico del análisis dinámico .....	17
Fig. 2.8: Fotografía del análisis estático.....	17
Fig. 2.9: Probetas para ensayo de tracción del acero .....	18
Fig. 2.10: Máquina universal .....	19
Fig. 2.11: curva de esfuerzo deformación.....	20
Fig. 4.1: Asiento Sistema de Asientos AMERICAN .....	31
Fig. 4.2: Partes del asiento Sistema de Asientos AMERICAN .....	31
Fig. 4.3: Probeta de ensayo de tracción.....	33
Fig. 4.4: Geometría de probeta.....	39
Fig. 4.5: Mallado de la probeta .....	39
Fig. 4.6: Relación de aspecto versus el número de elementos de la probeta .....	40

Fig. 4.7: Curva esfuerzos versus deformación unitaria.....	42
Fig. 4.8: Curva esfuerzos versus deformación unitaria.....	43
Fig. 4.9: Diseño de la estructura del asiento de bus interprovincial de 1020mm .....	43
Fig. 4.10: Diseño del pistón para aplicar la carga .....	44
Fig. 4.11: Ensamble del asiento y pistón.....	45
Fig. 4.12: Mallado del asiento y pistón .....	45
Fig. 4.13: Relación de aspecto vs el número de elementos del asiento de 1020 mm	46
Fig. 4.14: Calidad de elemento vs el número de elementos del asiento de 1020 mm	46
Fig. 4.15: Jacobiano vs el número de elementos del asiento de 1020 mm .....	47
Fig. 4.16: Anclaje de sujeción del asiento.....	48
Fig. 4.17: Aplicación de la carga de 2800 N.....	49
Fig. 4.18: Desplazamiento elemento N° 33944 .....	51
Fig. 4.19: Curva desplazamiento elemento N° 33944.....	51
Fig. 4.20: Elemento N° 17233 de la base del asiento.....	52
Fig. 4.21: Asiento posición inclinada.....	52
Fig. 4.22: Aplicación de la carga de 2800 N.....	53
Fig. 4.23: Desplazamiento elemento N° 32137 .....	55
Fig. 4.24: Curva desplazamiento elemento N° 32137.....	55
Fig. 4.25: Elemento N° 50800 de la base del asiento.....	56
Fig. 4.26: Asiento posición del pistón bajo.....	56
Fig. 4.27: Aplicación de la carga de 37000 N.....	57
Fig. 4.28: Desplazamiento elemento N° 15337 .....	59
Fig. 4.29: Curva desplazamiento elemento N° 15337.....	59
Fig. 4.30: Elemento N° 10613 de la base del asiento.....	60
Fig. 4.31: Aplicación de la carga de 37000 N.....	60
Fig. 4.32: Desplazamiento elemento N° 15596 .....	63



Fig. 4.33: Curva desplazamiento elemento N° 15337.....	63
Fig. 4.34: Elemento N° 8378 de la base del asiento .....	63
Fig. 4.35: Aplicación de la carga de 2800 N.....	64
Fig. 4.36: Desplazamiento elemento N° 34847 .....	66
Fig. 4.37: Curva desplazamiento elemento N° 33944.....	67
Fig. 4.38: Elemento N° 17892 de la base del asiento.....	67
Fig. 4.39: Asiento posición inclinada.....	68
Fig. 4.40: Aplicación de la carga de 2800 N.....	68
Fig. 4.41: Desplazamiento elemento N° 18264 .....	70
Fig. 4.42: Curva desplazamiento elemento N° 18264.....	71
Fig. 4.43: elemento N° 50800 de la base del asiento .....	71
Fig. 4.44 Asiento posición del pistón bajo.....	72
Fig. 4.45: Aplicación de la carga de 37000 N.....	72
Fig. 4.46: Desplazamiento elemento N° 15853 .....	74
Fig. 4.47: Curva desplazamiento elemento N° 15853.....	75
Fig. 4.48: Elemento N° 25581 de la base del asiento.....	75
Fig. 4.49: Aplicación de la carga de 37000 N.....	76
Fig. 4.50: Desplazamiento elemento N° 14828 .....	78
Fig. 4.51: Curva desplazamiento elemento N° 14828.....	78
Fig. 4.52: Elemento N° 19726 de la base del asiento.....	79
Fig. 4.53: Ensamble del asiento y pistón.....	79
Fig. 4.54: Mallado del asiento y pistón .....	80
Fig. 4.55: Relación de aspecto vs el número de elementos del asiento de 960 mm ..	80
Fig. 4.56: Calidad elemento vs el número de elementos del asiento de 960 mm .....	81
Fig. 4.57: Jacobiano vs el número de elementos del asiento de 960 mm .....	81
Fig. 4.58: Anclaje de sujeción del asiento.....	82

Fig. 4.59: Aplicación de la carga de 1400 N.....	83
Fig. 4.60: Desplazamiento elemento N° 26697 .....	86
Fig. 4.61: Curva desplazamiento elemento N° 26697.....	86
Fig. 4.62: Elemento N° 39575 de la base del asiento.....	87
Fig. 4.63: Asiento posición inclinada.....	87
Fig. 4.64: Aplicación de la carga de 4000 N.....	88
Fig. 4.65: Desplazamiento elemento N° 30306 .....	90
Fig. 4.66: Curva desplazamiento elemento N° 30306.....	90
Fig. 4.67: Elemento N° 43822 de la base del asiento.....	91
Fig. 4.68: Asiento posición del pistón bajo.....	91
Fig. 4.69: Aplicación de la carga de 8000 N.....	92
Fig. 4.70: Desplazamiento elemento N° 39863 .....	94
Fig. 4.71: Curva desplazamiento elemento N° 39863.....	94
Fig. 4.72: Elemento N° 48905 de la base del asiento.....	95
Fig. 4.73: Aplicación de la carga de 8000 N.....	95
Fig. 4.74: Desplazamiento elemento N° 36271 .....	98
Fig. 4.75: Curva desplazamiento elemento N° 36271.....	98
Fig. 4.76: Elemento N° 47821 de la base del asiento.....	98
Fig. 4.77: Aplicación de la carga de 1400 N.....	99
Fig. 4.78: Desplazamiento elemento N° 26691 .....	101
Fig. 4.79: Curva desplazamiento elemento N° 26691.....	102
Fig. 4.80: Elemento N° 39047 de la base del asiento.....	102
Fig. 4.81: Asiento posición inclinada.....	103
Fig. 4.82: Aplicación de la carga de 4000 N.....	103
Fig. 4.83: Desplazamiento elemento N° 30310 .....	105
Fig. 4.84: Curva desplazamiento elemento N° 30310.....	106

Fig. 4.85: elemento N° 43659 de la base del asiento .....	106
Fig. 4.86: Asiento posición del pistón bajo.....	107
Fig. 4.87: Aplicación de la carga de 8000 N.....	107
Fig. 4.88: Desplazamiento elemento N° 35445 .....	109
Fig. 4.89: Curva desplazamiento elemento N° 35445.....	110
Fig. 4.90: Elemento N° 49074 de la base del asiento.....	110
Fig. 4.91: Aplicación de la carga de 8000 N.....	111
Fig. 4.92: Desplazamiento elemento N° 36271 .....	113
Fig. 4.93: Curva desplazamiento elemento N° 36271.....	113
Fig. 4.94: Elemento N° 19726 de la base del asiento.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Organigrama de procesos.....	30
Tabla 4.2: Partes de la estructura del asiento .....	32
Tabla 4.3: Materiales de la estructura del asiento .....	32
Tabla 4.4: Ensayo de tracción probeta 1 .....	34
Tabla 4.5: Ensayo de tracción probeta 2 .....	35
Tabla 4.6: Ensayo de tracción probeta 3 .....	36
Tabla 4.7: Ensayo de tracción probeta 4 .....	37
Tabla 4.8: Ensayo de tracción probeta 5 .....	38
Tabla 4.9: Simulación del ensayo de tracción.....	40
Tabla 4.10: Ensayos de tracción a diferente velocidad.....	41
Tabla 4.11: Carga aplicada al pistón para cada análisis del asiento de 1020 mm.....	48
Tabla 4.12: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 1 .....	49
Tabla 4.13: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 2 .....	53
Tabla 4.14: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 3 .....	57

Tabla 4.15: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 4 .....	61
Tabla 4.16: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 5 .....	64
Tabla 4.17: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 6 .....	68
Tabla 4.18: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 7 .....	72
Tabla 4.19: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 8 .....	76
Tabla 4.20: Carga aplicada al pistón para cada análisis del asiento de 960 mm.....	83
Tabla 4.21: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 9 .....	84
Tabla 4.22: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 10 .....	88
Tabla 4.23: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 11 .....	92
Tabla 4.24: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 12 .....	96
Tabla 4.25: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 13 .....	99
Tabla 4.26: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 14 .....	103
Tabla 4.27: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 15 .....	107
Tabla 4.28: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 16 .....	111
Tabla 4.29: Análisis de desplazamientos aplicando las cargas .....	114
Tabla 4.30: Criterios de aceptación de la norma.....	115

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**AUTOR: FAUSTO SEBASTIAN ASTUDILLO BAUTISTA**

**TUTOR: Ing. Mg CESAR ARROBA.**

Tema: “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”

**RESUMEN EJECUTIVO**

En la industria de asientos para bus de pasajeros del país se reflejó el proceso de construcción de la estructura de los asientos que se realiza de forma artesanal ya que no existe estudios sobre la resistencia de la estructura, y la mayoría de los productores ya tienen su modelo definido y conformado, ahí es donde se enfoca la implementación de la normativa NTE INEN 2708 ya que no se cumple con dicha normativa.

En este estudio se determinó las propiedades mecánicas de los materiales mediante ensayo de tracción uniaxial de los materiales que constituyen la estructura de los dos modelos de asientos que se fabrican en la empresa Sistema de Asientos AMERICAN, con el método de elementos finitos se comprobó la resistencia de toda la estructura del asiento aplicando cargas en distintas posiciones y alturas como indica la norma NTE INEN 2708 en la sección 12.

Después de la simulación de resistencia del asiento se comprobó que si resiste durante el tiempo de aplicación de la carga cumpliendo así con la norma NTE INEN 2708 ecuatoriana.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**AUTOR: FAUSTO SEBASTIAN ASTUDILLO BAUTISTA**

**TUTOR: Ing. Mg CESAR ARROBA.**

Tema: “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”

**EXECUTIVE SUMMARY**

In the seating industry passenger bus in the country the process of construction of the structure of the seats is done by hand because there are no studies on the strength of the structure is reflected, and most producers already have their model defined and shaped, that is where the implementation of the rules NTE INEN 2708 as it focuses not comply with those rules.

In this study the mechanical properties of the materials were determined by uniaxial tensile test of materials constituting the structure of the two seat models which are manufactured in the company Seat System AMERICAN with the finite element method the resistance was found of the whole seat structure applying loads at different positions and heights as indicated by the standard INEN NTE 2708 in appendix 12.

After simulating the seat strength it was found that the seat resists all the time of application of the load thus fulfilling the Ecuadorian NTE INEN 2708 standard.

## **CAPÍTULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL**

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.

#### **1.2 ANTECEDENTES**

El estudio sirve para controlar, la calidad y durabilidad de los asientos y espaldares, simulando las condiciones de funcionamiento a las cuales estarán sometidas en su uso diario. Determinándose parámetros de funcionamiento necesarios del equipo previo la construcción y montaje de las diferentes partes. El equipo está constituido de una parte mecánica que es el bastidor, de un sistema neumático que proporciona los movimientos regulables de acuerdo a la norma ASTM D3574 para las pruebas correspondientes y está comandado por un panel de control automático. [1]

Es un estudio netamente ergonómico en la cual se evalúan conjuntamente al tipo de sillas existentes en la época y su efecto en los individuos. Determinándose esfuerzos, posturas, nivel de incomodidad y demás factores que alteran el equilibrio ergonómico que debería existir al ocupar un asiento una persona. Concluyendo al final una serie de aspectos físicos que deberían de modificarse en un asiento para evitar estas molestias. [2]

Presenta un estudio enfocándose a la ubicación y forma del cinturón de seguridad en un asiento, realiza varias conformaciones del cinturón de seguridad en asiento y

mediante un Software de elementos finitos determina la mejor alternativa a implantarse. [3]

Presenta un estudio del asiento y de los anclajes de este al momento de un choque, se obtienen esfuerzos, deformaciones, factores de seguridad, esto se lo realiza mediante la aplicación de elementos finitos mediante un Software. [4]

Propone el diseño de asientos para mejorar el rendimiento laboral de los conductores de vehículos pesados de la ciudad de Ambato, la misma que albergara las correctas condiciones para mejorar el entorno operativo y la calidad de vida de los señores conductores durante el diario desarrollo de su actividad. Como resultado de la excelente calidad de los materiales y acabados usados en el diseño, el asiento podrá ser adaptado a cualquier vehículo pesado. Esto permite aumentar la productividad de los conductores contribuyendo con mayor seguridad para todos los usuarios de dicho servicio. [5]

En la industria carrocera del país se evidenció que el proceso de construcción de los anclajes de los asientos se lo realiza en forma empírica ya que no existe ningún estudio realizado sobre la resistencia de los anclajes de los asientos, tampoco se cuenta con una máquina de impacto para resistencia de los anclajes de asientos porque es muy costoso, y no se cuenta con la certificación y aprobación del reglamento N° 80 (CEPE/ONU). Para el estudio se determinó las propiedades mecánicas de los materiales, los ensayos realizados fueron: tracción, flexión e impacto, con el método de elementos finitos, se realizó la comprobación de la resistencia del anclaje del asiento según el reglamento N° 80 (CEPE/ONU), y aplicando velocidades de impacto frontal recomendadas en el reglamento N° 94 (CEPE/ONU). Se realizó un rediseño del anclaje del asiento demostrando durante el impacto frontal, la resistencia del anclaje cumple con la certificación del Reglamento N° 80 (CEPE/ONU), y Reglamento N°94. [6]



### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Las pruebas estáticas se realizan para la homologación de la estructura para los fabricantes y tener un aval de resistencia para los servicios de los usuarios.

La importancia del estudio es la certificación y aprobación de la norma NTE INEN 2708 [7] de los constructores de asientos en el Ecuador y poder salir al mercado competitivo.

Este estudio se lo realiza con miras de innovar y calificar las estructuras de los asientos interprovinciales que se fabrican en la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN y está basándose en el cumplimiento de la normativa ecuatoriana NTE INEN 2708 de vehículos automotores: asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros, resistencia de los asientos y sus anclajes para la homologación estructural. [7]

Tecnológicamente la prueba de simulación mediante software es lo más factible, pues el país no cuenta con una máquina de impacto para asientos, sería muy costoso realizarlo mediante el sometimiento a diversos choques que el autobús puede pasar, mediante el software se simularán las pruebas estáticas, y así se verificará la conformidad con la norma anteriormente mencionada, que presenta el asiento.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar mediante el método de elementos finitos del ensayo estático según la norma NTE INEN 2708, de la estructura del asiento de transporte público interprovincial, para verificar su conformidad en la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades mecánicas para la simulación de los materiales que se utilizan en la fabricación de asientos de transporte público interprovincial.
- Determinar las condiciones de borde según la norma NTE INEN 2708 para el análisis mediante el método de elementos finitos.
- Analizar los resultados obtenidos de la simulación mediante el método de elementos finitos para verificar el cumplimiento de la norma INEN 2708.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **2.1.1 GESTIÓN DE CALIDAD**

En la industria la gestión de calidad es uno de los principales motivos que los productores se enfocan al momento de innovar, este parámetro es el que va a poner la calidad de producto que va a tener al final de su conformado, en la industria de producción de asientos en una temporada se dejó de lado la innovación; por los criterios de la mayoría de productores que ya tenían su modelo definido y conformado, ahí es donde se enfoca la implementación de la normativa INEN 2708 para dar un parámetro de aceptación y verificación de la conformidad de cada uno de los modelos ya implementados en la mano productora de asiento, visto de este modo los productores fueron obligados a una mejora continuamente para poder calificar y homologar su modelo de asiento.

##### **2.1.2 COMPETITIVIDAD**

El mercado de carroceros cada vez aumenta su demanda debido a crecimiento poblacional, la gente pide innovación y nuevos modelos a esto se atienen los productores y van con la exigencia de modelos innovadores a la producción de asientos, con nuevos productos de confort y de conformidad, sabiéndose que la industria de asientos de la provincia de Tungurahua y específicamente Ambato es muy amplia y tiene mucha demanda, los fabricantes están obligados a ser mejores en el mercado para así su producto sea comercializado y tenga la certificación de homologación INEN 2708 para la competitividad.

### **2.1.3 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Las carrocerías que se presentan en el mercado en la actualidad son de muy buena calidad y conformado, sus partes estructurales se puede decir que tienen una revisión previa para salir a su funcionamiento, pasando por diversos casos como la revisión de la Agencia Nacional de Transito para el chequeo de su tipos de materiales para cada uno de sus partes como fueron soldados y comprobando su calidad al momentos se ver su cordón de soldadura, sabiendo los estándares de calidad que se someten las estructuras de los buses, ahora esto obliga atacar la industria de los asientos y su conformado, empezando desde la parte inferior del asiento, su sistema de anclaje que cada uno de los productores tiene su modelo y armazón, que puede ser uno de los motivos para empezar a innovar, el sistema de reclinado en sus cuatro posiciones para el confort de los ocupantes que va hacer vital al momento de verificar su conformado, el acoplamiento del espaldar y el cojín juegan un papel muy importante al momento de someterle a cargas que solicita la norma INEN 2708 al momento de la simulación.

### **2.1.4 CONFORMADO**

El proceso de conformado da lugar a una serie de elementos mecánicos dando forma a una geometría que a su vez puede ser compleja o isomórfico (dimensión finita) en un diseño, el conformado también se considera como la unión de vario elemento dispuesto para ser evaluados y puestos a prueba bajo un régimen estricto con parámetros de calidad para que el conformado final no tenga daños o disconformidades del diseño final. El conformado va de la mano con el registro de calidad que tiene una empresa al momento de ser evaluado para medir su factibilidad, para la verificación del conformado según NTE INEN 2708 se necesita de los siguientes requisitos:

- **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; [7]
- **12.1.1.2** Si los ocupantes de los asientos no sufren lesiones de gravedad, y [7]
- **12.1.1.3** Si el asiento y los soportes del asiento son suficientemente resistentes [7]
- **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. [7]
- **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. [7]
  - **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. [7]
- **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; [7]
  - **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; [7]
  - **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. [7]

## **2.1.5 RESISTENCIA DE MATERIALES**

En la industria de los asientos el material ocupado es el acero al carbono A36 por su factibilidad para ser soldado por contar con una composición química del 18% de carbono y con el 0,8 ó 0,9% de manganeso, el módulo de elasticidad es de 200 GPa 29.000 ksi y de cizallamiento 79,3 GPa 11.500 ksi, el límite de fluencia mínimo es de 250 MPa (36 ksi) y el límite de rotura mínimo es de 410 MPa (58 ksi), es uno de los materiales fácil de encontrar en el mercado nacional y más utilizado en la industria metal-mecánica para construcción. [8]

## **2.1.6 ANÁLISIS DE ESFUERZOS**

### **2.1.6.1 Deformación**

En el caso de deformación una definición rápida es que va a causar cambio de forma de un cuerpo ya que este puede presentar cargas, cambios de temperatura, cambios de humedad o diferentes causas, por este motivo existen la deformación plástica y/o deformación elástica: [8]

#### *a) Deformación Plástica:*

Se puede decir irreversible o permanente, esto se dice que el material no regresa a su forma original después de haber retirado a una carga o fuerza aplicada, en esta deformación el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. [8]

#### *b) Deformación Elástica:*

Se puede decir reversible o no permanente, el material recupera su original al retirar la fuerza o carga que le provoca su deformación, en sólidos, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de energía potencial elástica, debería pasar por cambios termodinámicos. [8]

Se lo nombra como Limite Elástico al valor máximo que se le aplica a un material para regresar a su forma original, puesto de esta forma se lo llama Limite Plástico cuando aplicamos una mayor fuerza y rebaza el material, no regresa a su forma original, pero sin tener ruptura. [8]

#### **2.1.6.2 Desprendimiento**

La consecuencia de una mala unión o anclaje de piezas produce la separación de los elementos que están unidos, una de las principales causas es la deficiente elección de material de revestimiento o debido a condiciones externas del ámbito en el cual se construye el asiento, que no han sido tomadas en cuenta, puede afectar el envejecimiento del material. [8]

#### **2.1.6.3 Fractura**

Es la separación de un sólido bajo tensión en dos o más piezas. En general, la fractura metálica puede clasificarse en dúctil y frágil. La fractura dúctil ocurre después de una intensa deformación plástica y se caracteriza por una lenta propagación de la grieta. La fractura frágil se produce a lo largo de planos cristalográficos llamados planos de fractura y tiene una rápida propagación de la grieta. [8]

### **2.1.7 DISEÑO POR ELEMENTOS FINITOS**

#### **2.1.7.1 Elementos finitos**

El método del elemento finito ha llegado a ser una herramienta poderosa en la solución numérica en un amplio número de problemas de ingeniería. Las aplicaciones van desde el análisis de esfuerzos y deformaciones en automóviles, aeronaves, edificios y estructuras de puentes hasta el análisis en los campos de flujo de calor, de fluidos, magnético, filtraciones, etc. [9]

Con los avances en la tecnología de las computadoras y de los sistemas CAD, pueden modelarse problemas complejos con relativa facilidad. En una computadora

pueden probarse varias o diversas configuraciones alternas antes de construir el prototipo. Todo esto sugiere que se debe modernizar empleando las técnicas de modelado y los aspectos computacionales del método del elemento finito. En este método de análisis, una región compleja continua se discretiza en formas geométricas simples llamadas elementos finitos. Un proceso de ensamble de estos elementos, cuando se consideran debidamente las cargas y restricciones, da lugar a un conjunto de ecuaciones. La solución de esas ecuaciones da los desplazamientos nodales. A partir de esto se encuentran las deformaciones unitarias. Empleando las relaciones constitutivas se evalúan los esfuerzos y con las teorías de falla se determinan las condiciones de falla. [9]

#### **2.1.7.2 Discretización del dominio**

En la mayoría de los problemas de ingeniería, se requiere hallar los valores de un campo variable, tales como desplazamientos, esfuerzos, temperatura, presión y velocidad, como una función de las coordenadas espaciales ( $x, y, z$ ). Así mismo, en el caso de los problemas de estado transitorio, el campo variable tiene que ser hallado en función tanto de coordenadas ( $x, y, z$ ) como del tiempo. El primer paso del análisis del elemento finito comprende la discretización del dominio en pequeños subdominios denominados elementos finitos. Una variedad de procedimientos puede ser utilizados para modelar un dominio mediante el uso de elementos finitos. Diferentes métodos de división del dominio involucran distintos tiempos de procesamiento computacional que guían frecuentemente a diversas aproximaciones para la solución de los problemas físicos. [9]

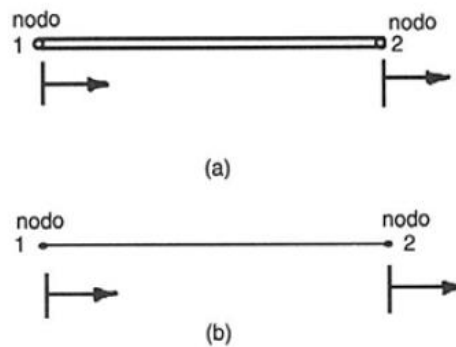
#### **2.1.7.3 Formas básicas de los elementos**

Las formas, tamaños, números y configuraciones de los elementos tienen que ser definidos cuidadosamente, ya que deben de ser lo más exacto al cuerpo analizado, para no incrementar el tiempo computacional de la solución. La mayoría de las selecciones del tipo de elemento es dictaminada por la geometría del cuerpo y por el número de coordenadas independientes necesarias para describir el sistema. [9]



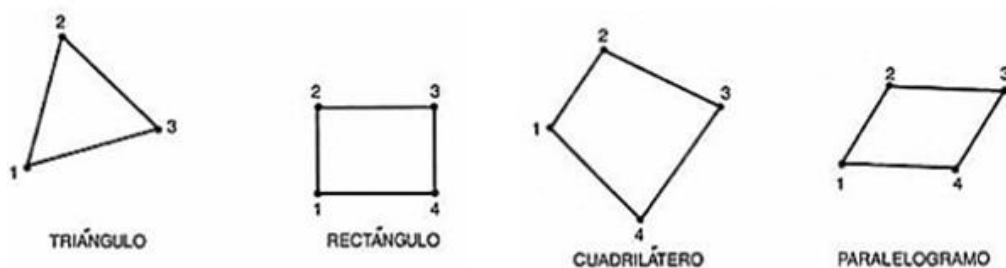
Si la geometría, propiedades del material y el campo variable del problema pueden ser descritas en términos de una sola coordenada espacial, se pueden utilizar elementos lineales o unidimensionales como el mostrado en la figura 2.1 (a). [9]

La distribución de temperatura en una barra, la presión distribuida en una tubería y la deformación de una barra por carga axial son ejemplos que pueden ser modelados mediante el uso de estos elementos. Cabe mencionar que, aunque estos elementos poseen una sección transversal, ellos pueden ser analizados como un elemento lineal como se muestra en la figura 2.1 (b). Para un análisis simple, a los elementos unidimensionales se les colocan 2 nodos, uno en cada extremo, con el correspondiente valor de campo variable escogido como incógnita. [9]



**Fig. 2.1:** Formas de cargas para elementos finitos. [9]

Cuando la configuración y otros detalles del problema puedan ser descritos en términos de 2 coordenadas espaciales independientes, se pueden usar los elementos mostrados en la figura 2.2 [9]



**Fig. 2.2:** Formas de los elementos finitos [9]

#### 2.1.7.4 Proceso de discretización

Las múltiples consideraciones para realizar el proceso de discretización están expuestas a continuación:

##### a) Tipo de elemento:

Frecuentemente el tipo de elemento para ser utilizado será, evidentemente, de acuerdo con el problema físico en cuestión. Por ejemplo, si el problema involucra el análisis de una estructura bajo ciertas condiciones de carga como la de la figura 2.3(a), el tipo de elemento para modelar la situación es obviamente el elemento lineal o barra como se observa en la figura 2.3 (b). [9]

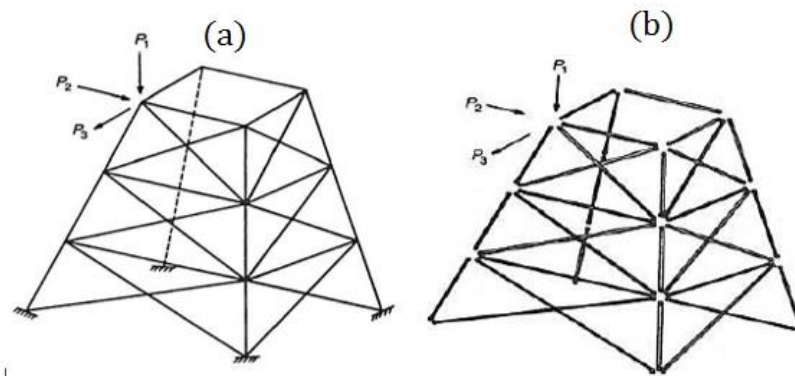


Fig. 2.3: Características de los elementos finitos [9]

##### b) Tamaño del elemento

El tamaño de los elementos afecta directamente el resultado de la solución y por lo tanto tiene que ser determinado con cuidado. Sí el tamaño de los elementos es pequeño, la solución final tenderá a ser más pesada puesto que existirán más elementos en la malla. [9]

De cualquier forma, se tiene que recordar que el uso de elementos muy pequeños también implica más tiempo computacional y no tendrá seguridad en la exactitud de los datos. [9]

Algunas veces, se pueden utilizar elementos de diferente contextura en el mismo cuerpo pues por su diseño geométrico no convencional. [9]

### *c) Ubicación de los nodos*

SÍ los cuerpos no presentan cambios abruptos en su geometría, propiedades del material y condiciones externas (como cargas, temperaturas, etc.), estos pueden ser divididos en igual número de partes y por lo tanto el espacio entre nodos debe ser uniforme. De otra manera, si existen algunas discontinuidades en el problema, los nodos tienen figuras discontinuas se deberán corregir o a su vez un remallado manual, en esas discontinuidades. [9]

### *d) Número de elementos*

El número de elementos que son seleccionados para la modelación depende de la exactitud deseada, del tamaño de los elementos y del número de grados de libertad involucrados. Por otro lado, se sabe que un incremento en el número de elementos generalmente no significa resultados más precisos; pero cabe mencionar que, para cualquier problema en estudio, se llegará a una cierta cantidad de elementos que, aunque sean aumentados en número, ya no podrán mejorar la exactitud del problema. [9]

### **2.1.7.5 Calidad de elemento**

La calidad del elemento ayuda a evaluar la calidad de malla, para las tareas de creación de volúmenes y tareas de mallado utilizados para engranar la salida de creación de volúmenes, una parte individual, o un cuerpo individual. [9]

La malla abarca lo que es: el número de nodos, número de elementos y el mínimo, máximo, promedio y valores de desviación estándar para estos tipos de mediciones, para determinar la calidad de elemento se evaluó los siguientes puntos: [9]

### *e) Jacobiano*

Es un cálculo netamente vectorial, es una matriz que se forma por derivadas parciales de primer orden en una función, en este caso lo que nos sirve es la aproximación linealmente a la función de un punto. El Jacobiano va a representar a

la derivada de una función variable, a que se refiere esto que van a tener coordenadas exactas en un plano que van a poder ser cambiadas sin afectar su origen. [9]

*f) Relación de aspecto*

Aquí se puede señalar muy puntualmente la contextura y la forma de cada uno de los elementos por que el estudio que presenta aspect ratio es la relación entre su lado más largo al otro más corto. [9]

*g) Calidad de elemento*

La opción de calidad de elemento proporciona una métrica compuesta de calidad que oscila entre 0 y 1. Esta métrica se basa en la relación del volumen a la suma de los cuadrados de las longitudes de borde para 2D/elementos tri, o la raíz cuadrada del cubo de la suma del cuadrado del borde o longitudes de elementos 3D. Un valor de 1 indica un cubo perfecto o cuadrado, mientras que un valor de 0 indica que el elemento tiene un volumen cero o negativo. [9]

### **2.1.8 SIMULACIÓN DE PRUEBAS ESTÁTICAS**

Este Reglamento se aplica a los vehículos fabricados para el transporte de más de decenas de pasajeros que se movilizan diariamente, con asientos de pasajeros que tiene una altura de referencia de al menos 1 metro destinado a ser instalado mirando hacia delante. El requisito: en el caso de un impacto con 30 (km/h) la velocidad, los asientos deberá retener los pasajeros en la zona predeterminada. Las cabezas de los maniqués no pasarán hacia adelante más de 1,6 (m). La aceleración de frenado se mantiene entre 8 / 12 [g]. Los criterios de aceptabilidad biomecánica también se determinan de acuerdo con la capacidad de tolerancia humana. Interesante y obligatorio es que esta marca de homologación se puede obtener con la prueba casi estática también, aunque la correlación entre los dos tipos de pruebas está profundamente dudosa, sin mencionar los criterios biomecánicos. (La prueba estática simula el impacto del pecho y de la rodilla simultáneamente con dos cilindros de carga en cada posición sentada. Cuando se somete a pruebas dinámicas

(frenado y acelerado) la reacción de las personas, es como el comportamiento del dummy que se ejemplificó en el análisis de pruebas como indica la figura 2.4. [10]



**Fig. 2.4:** Estudio de impacto con la máquina de pruebas dinámicas [10]

La realización de este tipo de prueba para unos pocos asientos dobles, el resultado fue sorprendente, aunque los asientos dobles de pasajeros previamente consiguieron la homologación ECE R80, algunos de ellos no pasaron la prueba del Reglamento 14 como se muestra en la figura 2.5 [10]



**Fig. 2.5:** Estudio de impacto con la máquina de pruebas dinámicas [10]

### **2.1.8.1 Resultado de análisis**

La conclusión es que las exigencias de la normativa de ECE R14 y ECE R80 no son independientes, por otra parte, el Reglamento CEPE R4, que se refiere al anclaje del asiento, es más riguroso. Antes de llevar a cabo la prueba por el Reglamento 80, puede ser muy razonable para la fabricación del asiento doble que la empresa lleve a cabo el análisis del anclaje del cinturón de seguridad controlado mediante la prueba de ECE R14. Es más rápido y más barato que las pruebas dinámicas o estáticas de ECE R80 y una buena herramienta en el proceso de desarrollo,

especialmente para luego comercializar en el mercado de los fabricantes de asientos. [10]

Los avisos críticos de acuerdo con la CEPE R80 son:

- El Reglamento permite dos tipos de ensayo de homologación, existe una dinámica y una cuasi-estático, sino los resultados son diferentes. [10]
- El Reglamento no considera a los asientos con cinturón. [10]
- Las investigaciones anteriores mostraron que los asientos tienen alturas de referencia de 1 - 1.3 (m), puede causar fatales golpes en la garganta que podría ser sólo controlada con requisitos adicionales para los criterios biomecánicos. [10]

Algunos avisos para ECE R14:

- La tasa de tiempo de la fuerza no está regulada. En nuestras pruebas de las fuerzas aplicadas habían llegado al regulado nivel de 0,15 hasta 0,2 (s). lo cual decimos que a diferente tiempo los resultados son diferentes. [10]
- Hemos analizado a diferentes cargas en un valor creciente de 150 - 200 (N), cosa que no exige el Reglamento. Por mi definición, es que le di las tensiones previas del impacto de pecho como de la rodilla. [10]

## 2.1.9 PROCEDIMIENTO:

### 2.1.9.1 Análisis matemático

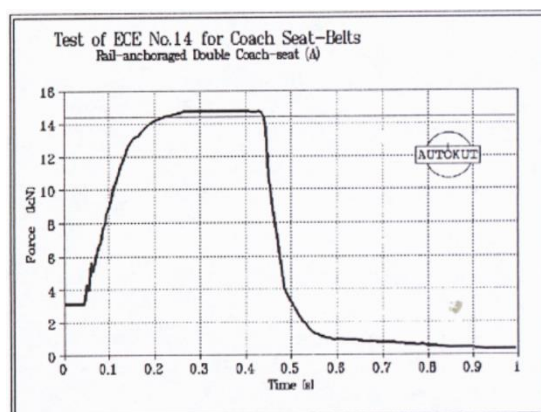


Fig. 2.6: Fotografía del estudio de análisis matemático [10]

Esta figura 2.6 se muestra la propagación de energía involucrada en el modelo y como se va deformando el asiento a una determinada fuerza y un determinado tiempo, claramente se observa la resistencia del material a la carga. [10]

### 2.1.9.2 Simulación Numérica

El comportamiento del asiento doble sometido a la máquina para pruebas dinámicas, siendo este real después de haberlo realizado en un software se trasladó a una maquina con dummy ya con el asiento como se muestra en la figura 2.7 [10]



**Fig. 2.7:** Comportamiento numérico del análisis dinámico [10]

### 2.1.9.3 Pruebas de laboratorio



**Fig. 2.8:** Fotografía del análisis estático [10]

Esta máquina se elaboró para el laboratorio de pruebas estáticas sometiéndole al respaldo del asiento y su comportamiento sometido a carga estática y su deformación en la figura 2.8. [10]

### 2.1.10 ENSAYO DE TRACCIÓN

Se realiza según la ASTM E8-82 también bajo la norma ecuatoriana INEN 109:2009. Permite determinar el límite elástico, la resistencia a tracción y el alargamiento en rotura. La probeta, que deberá ser de sección circular, cuadrada o rectangular, tendrá marcados dos puntos de referencia, cuya distancia  $L_0$  (Longitud inicial) se medirá con precisión. La figura 2.9 indica las probetas de tracción que se utilizan para ensayar. [11]

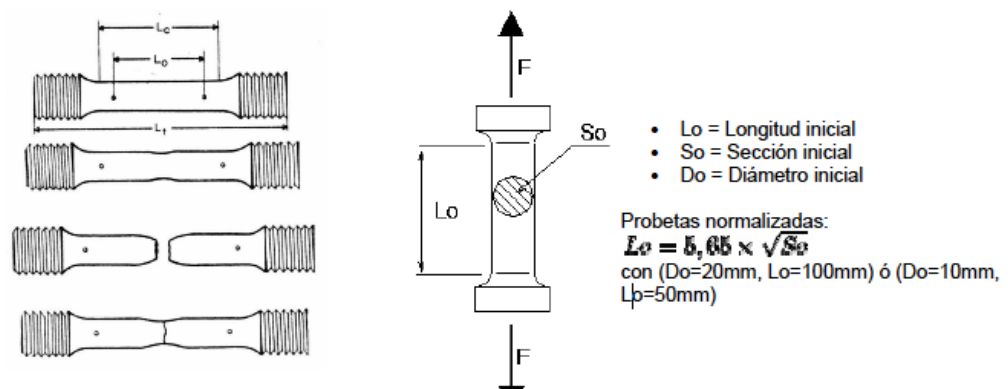


Fig. 2.9: Probetas para ensayo de tracción del acero [11]

#### 2.1.10.1 Máquina Universal De Ensayo

La figura 2.10 constituye una prensa hidráulica, con la que es posible someter materiales a ensayos mecánicos. Esta máquina es ampliamente utilizada en la caracterización de materiales. Todas las cargas de prueba son aplicadas por el movimiento hacia arriba del pistón impulsado hidráulicamente. Las válvulas de carga y descarga controlan el porcentaje de carga y descarga por la regulación del flujo de aceite desde la bomba montada en la unidad de potencia hidráulica al cilindro hidráulico bajo el tablero de peso. El tablero de peso está conformado por un cabezal superior y un cabezal inferior. [12]





**Fig. 2.10:** Máquina universal  
(Fuente: Autor)

Consideremos una probeta de longitud  $l_0$  y una sección  $A_0$  sometida a una fuerza  $F$  norma de tracción (perpendicular a la sección de la probeta). Se define esfuerzo o tensión ( $\sigma$ ) como la fuerza aplicada a la probeta por unidad de sección transversal  $A_0$ . [12]

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ Ecuación 2-1 [12]}$$

Supongamos que durante el ensayo la varilla se alargó una longitud  $\Delta l = l - l_0$  siendo:

$l$  = longitud final de la probeta y

$l_0$  = longitud inicial de la probeta

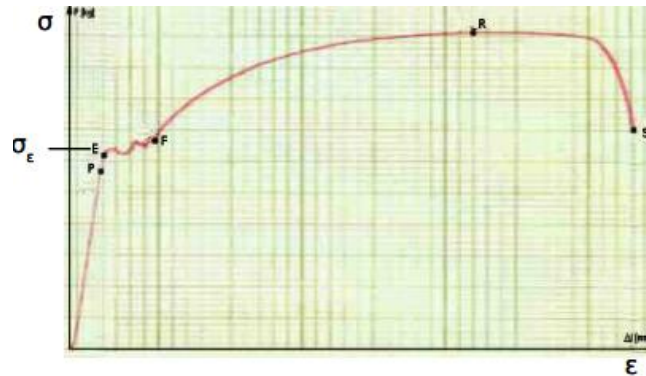
Definimos deformación o alargamiento unitario ( $\epsilon$ ) de la probeta como el cociente entre el cambio de longitud o alargamiento experimentado y su longitud inicial. [12]

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \text{ Ecuación 2-2 [12]}$$

No tiene unidades a veces se utiliza el porcentaje de alargamiento. % deformación

$$\epsilon (\%) = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 \text{ Ecuación 2-3 [12]}$$

En la figura 2.11 se presenta un material con dos zonas en cuanto a su comportamiento ante un esfuerzo de tracción:



**Fig. 2.11:** curva de esfuerzo deformación [12]

Zona elástica (OE): Se caracteriza porque al cesar las tensiones aplicadas, los materiales recuperan su longitud inicial (l<sub>0</sub>). [12]

Zona plástica (ES): Se ha rebasado la tensión del límite elástico y, aunque dejemos de aplicar tensiones de σ<sub>E</sub> tracción, el material ya no recupera su longitud original y será mayor que l<sub>0</sub> [12]

En la zona elástica (OE) hay, a su vez, dos zonas:

Zona de proporcionalidad (OP): En la figura 2.11 es una línea recta, es decir, el alargamiento unitario (ε) es proporcional a la tensión ejercida σ. [12]

$$\sigma = \text{constante} \cdot \epsilon \text{ Ecuación 2-4 [12]}$$

La constante se representa por la letra E y se llama módulo de elasticidad longitudinal o módulo de Young. [12]

Zona no proporcional (PE): El material se comporta de forma elástica, pero no existe una relación proporcional entre tensión y deformación. En la zona plástica (BE) hay, a su vez, otras dos zonas: Zona de deformación plástica uniforme o zona de límite de rotura (ER): Se consiguen grandes alargamientos con un pequeño incremento de la tensión. En el punto R existe el límite de rotura y la tensión en ese

punto se llama tensión de rotura ( $\sigma_R$ ). A partir de este punto, la probeta se considera rota, aunque físicamente no lo esté. Zona de rotura o zona de estricción o zona de deformación plástica localizada (RS): Las deformaciones son localizadas y, aunque disminuya la tensión, el material se deforma hasta la rotura. En el punto D, la probeta se ha fracturado. La sección de la probeta se reduce drásticamente. Esta curva varía de un material a otro, e incluso, otros materiales presentan curvas distintas (acero). En el acero existe una zona por encima del límite elástico en el que se da una deformación apreciable sin que varíe la tensión aplicada. Este fenómeno es la fluencia y el punto donde comienza a manifestarse el fenómeno es la tensión de fluencia. Zona (EF). [12]

Una vez definida la curva de tracción, veamos algunas definiciones:

a) Límite de elasticidad o límite elástico ( $\sigma_E$ ): La tensión a partir de la cual las deformaciones dejan de ser reversibles, es decir, la probeta no recuperará su forma inicial. [12]

b) Límite de rotura o tensión de rotura ( $\sigma_R$ ): Máximo valor de la tensión observable en un diagrama tensión-deformación. Esta es la máxima tensión que soporta la probeta. [12]

c) Módulo de Young (E): Constante que representa la relación entre la tensión y la deformación en la zona proporcional, también le llaman módulo de elasticidad. [12]

d) Límite de proporcionalidad ( $\sigma_P$ ): La tensión a partir de la cual deja de cumplirse la relación proporcional entre tensión y deformación y, por lo tanto, se deja de cumplir la ley de Hooke. [12]

e) Límite de fluencia ( $\sigma_F$ ): valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la fluencia. [12]

f) Estricción: es la reducción de la sección que se produce en la zona de la rotura.

## **2.2 HIPÓTESIS**

H0: La estructura del asiento de transporte público interprovincial de la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN cumple con el ensayo estático de la normativa NTE INEN 2708.

Ha: La estructura del asiento de transporte público interprovincial de la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN no cumple con el ensayo estático de la normativa NTE INEN 2708.

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE HIPÓTESIS**

### **2.3.1 Variable independiente**

Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático según la norma INEN 2708.

### **2.3.2 Variable dependiente**

Conformidad en la empresa Sistema de Asientos AMERICAN.

### **2.3.3 Termino de relación**

Para verificar

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Exploratorio**

Este tipo de estudios se los realiza cuando el tema no ha sido abordado antes o cuando el problema de investigación ha sido poco estudiado. El nivel será simulado con el objetivo de realizar el análisis de los parámetros constructivos que influyen en la conformidad de un asiento que no ha sido analizado en detalle en nuestro medio.

##### **3.1.2 Descriptivo**

El estudio será descriptivo pues uno de los fines del mismo es describir el procedimiento, propiedades, funcionamiento y dimensionamiento del asiento de transporte público interprovincial en la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN, a más de describir la ganancia de innovación en el conformado.

##### **3.1.3 Correlacional**

La investigación tendrá como propósito medir el grado de conformado que existe en el asiento se realizaran por medio de simulación que involucraran todas las partes y diseño original sometido a la norma, también longitud de los 2 tipos de asientos que en la empresa Sistemas de asientos AMERICAN presta mercado.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 Población**

La población para la presente investigación está determinada por los modelos de asientos de transporte público interprovincial:

- Asientos de transporte público interprovincial tipo 1 de 1020 mm.
- Asientos de transporte público interprovincial tipo 2 de 920 mm.

Fabricados por la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN. En la provincia de Tungurahua cantón Ambato.

### **3.2.2 Muestra**

La investigación se realizará por medio de simulación usando el método de elementos finitos, y puesto que en el país ya se implementó la normativa NTE INEN 2708 por este motivo la muestra es igual a la población y será los 2 modelos de asientos para bus interprovincial que se fabrican en la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN.

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1 Variable independiente:

Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático según la norma INEN 2708.

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS/HERRAMIENTAS
Comportamiento del cuerpo que forma la estructura del asiento del autobús al sufrir una carga por interacción de toda la estructura, simulado por software siendo muy importante todos los parámetros que intervienen en la Norma para obtener datos fidedignos.	Modelo del asiento	Tipo 1.	1020 mm.	Hoja de toma de datos. Simulación numérica
		Tipo 2.	960 mm.	
	Tiempo de aplicación de la carga.	Tiempo.	0,2 s	
			0,3 s	
	Posición.	Reclinación.	Posición (100°).	
			Posición (130°).	

(Fuente: Autor)

### 3.3.2 Variable dependiente:

Conformidad en la empresa Sistema de Asientos AMERICAN.

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS/HERRAMIENTAS
Parámetros de aceptación dentro de las especificaciones de la Norma INEN 2708 para la aprobación de la simetría y proporción de desplazamiento dentro de toda la estructura del asiento.	Criterio de aceptación 12.1.2 norma INEN 2708.	Desplazamiento.	No sobre pase 400mm.	Ficha de toma de datos.  Análisis mediante elementos finitos.
	Criterio de aceptación 12.1.3.1 norma INEN 2708.	Desplazamiento.	No sobre pase 100mm.	
	Criterio de aceptación 12.1.3.2 norma INEN 2708.	Desplazamiento.	No sobre pase 50mm.	
	Criterio de aceptación 12.1.4.1 norma INEN 2708.	Desprendimiento.	Se desprende.	
			No se desprende.	
	Criterio de aceptación 12.1.4.3 norma INEN 2708.	Fractura.	Se fractura.	
			No se fractura.	

(Fuente: Autor)



### **3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Se utilizará técnicas para la recolección de la información tales como la observación directa, ya que se requiere observar y determinar la información de los materiales que serán la base de la presente investigación.

Documental porque con la recolección de datos de libros, publicaciones, artículos, estudios, fichas técnicas normas y reglamentos, así como tabulaciones de datos resultado de los diferentes ensayos de resistencia de las probetas de la estructura del asiento de bus interprovincial.

### **3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

En la presente investigación la recolección de la información se lo realizará por medio de la toma de datos de la simulación de la estructura del asiento que se lo realiza mediante un método de elementos finitos en cada una de las pruebas estáticas.

La información obtenida de los ensayos realizados por un software de elementos finitos, así como los de las probetas de la estructura del asiento de bus interprovincial se analizará mediante la simulación de resistencia de los materiales. Los datos recopilados se tabularán una vez terminado los ensayos para verificar y comparar la información recogida.

Se procederá a una etapa de toma de datos que abarcará el lapso de dos meses en esta etapa se tomarán datos de conformado y mediciones exactas de las partes de la estructura de asiento, así como el proceso de construcción de un asiento de bus interprovincial en la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN.

#### **3.5.1 Plan de procesamiento de la información**

Para la recolección, procesamiento y análisis de la información se procederá con los siguientes puntos:

- Revisión de reglamentos y norma para los ensayos de resistencia de la estructura del asiento interprovincial de 1020 y 960 mm.
- Selección de la información más importante y puntual para el estudio, de libros publicaciones o artículos.
- Se realizará ensayos de tracción de las diferentes probetas para determinar la resistencia de la estructura del asiento interprovincial de 1020 y 960 mm.
- Análisis de resistencia de las diferentes probetas para determinar la resistencia de la estructura del asiento interprovincial de 1020 y 960 mm.
- Mediante el método de elementos finitos se realizan las simulaciones de análisis de esfuerzos de la estructura del asiento interprovincial de 1020 y 960 mm.
- Se tabularán todos los resultados y se concluirá acerca del análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1.1 Proceso propuesto para el análisis de resultados**

El presente estudio se enfoca en el organigrama de trabajo expuesto en la tabla 4.1 que muestra el proceso de obtención de resultados para el estudio de la estructura del asiento de transporte público interprovincial para verificar su conformidad en la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN.

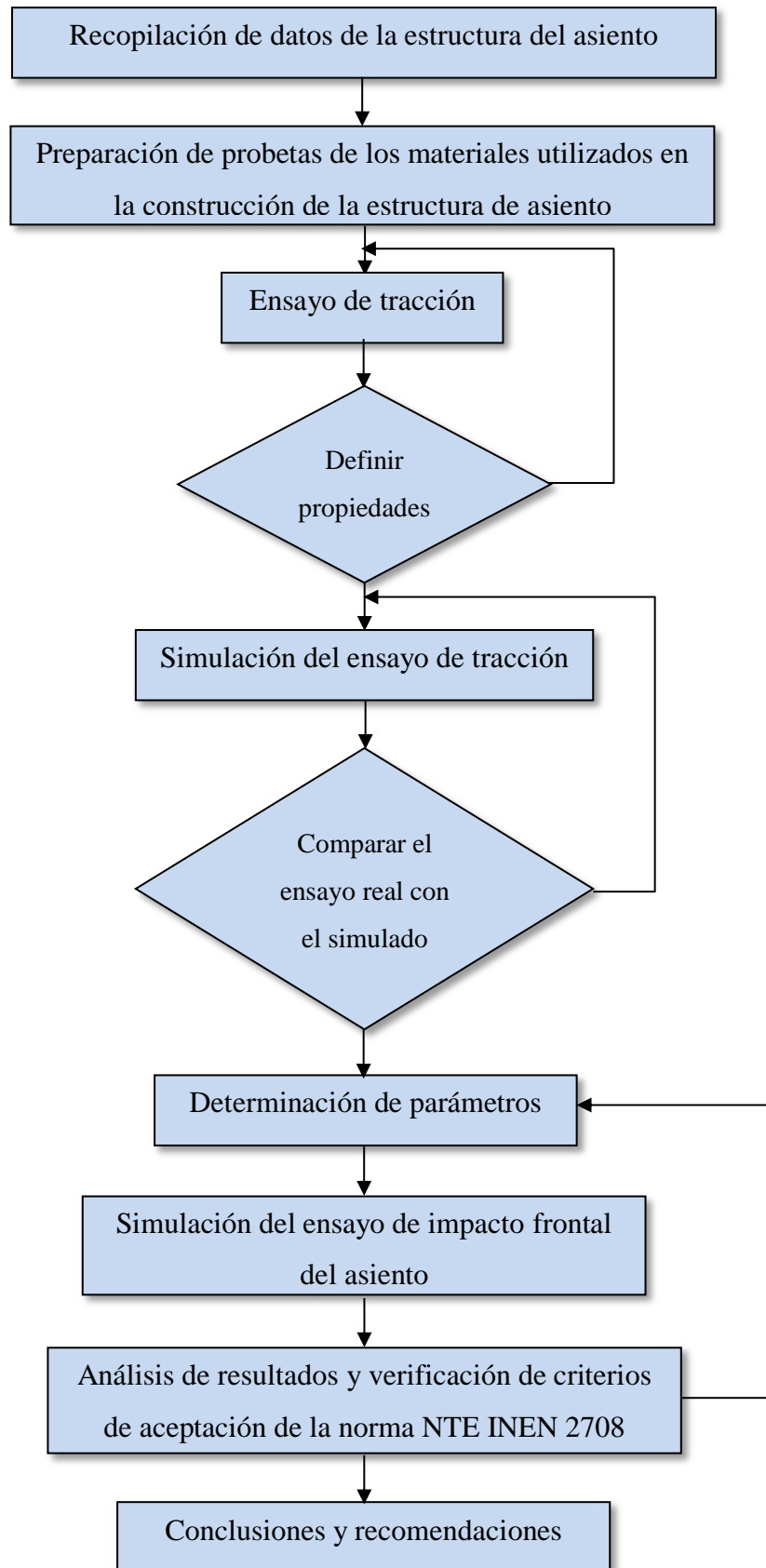
#### **4.2 Recopilación de datos preliminares**

##### **4.2.1 Descripción del asiento interprovincial**

El asiento interprovincial que fabrica la empresa Sistemas De Asientos AMERICAN consta de las siguientes partes:

- Mecanismo de inclinación de hasta 3 puntos mediante resortes zigzag acerados.
- Coderas plásticas laterales abatible y fija.
- Respaldos y cojines de espuma de poliuretano retardante al fuego.
- Tapizado en tela nacional y tela brasileña de poliéster.
- Apoya pies grapables en la parte posterior.
- Cinturón de seguridad de tres y dos puntos.
- Fijación del asiento a cualquier tipo de carrocería.
- Las piezas plásticas que sirven para el terminado del asiento son producidas de un plástico de alto impacto.

**Tabla 4.1** Organigrama de procesos



(Fuente: Autor)

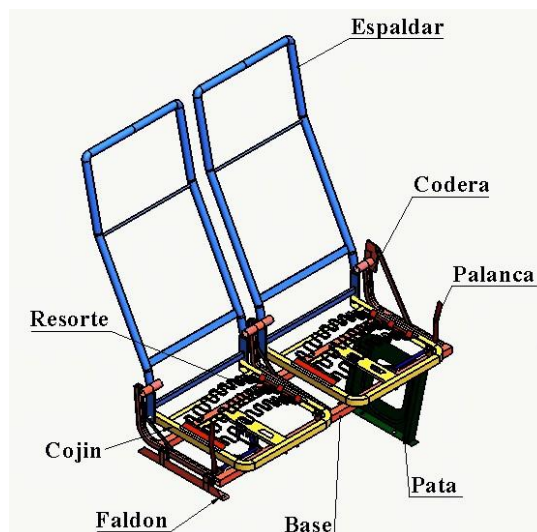
Para realizar el estudio se ha considerado conocer las características generales de los asientos para el autobús interprovincial, y se muestra en la Figura 4. 1



**Fig. 4.1:** Asiento Sistema de Asientos AMERICAN  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.2 Partes de la estructura del asiento de bus interprovincial y sus materiales

El asiento del autobús está constituido de varios elementos, destinados a soportar las diferentes cargas que actúan en el asiento del autobús, las partes que constituyen el asiento se muestra en la figura 4.2



**Fig. 4.2:** Partes del asiento Sistema de Asientos AMERICAN  
(Fuente: Autor)

Las partes que constituyen la estructura del asiento se explican en la tabla 4.2 junto con la especificación del material (Anexo 4)

**Tabla 4.2:** Partes de la estructura del asiento

<b>Descripción</b>	<b>Detalle</b>
Pata del asiento	Acero negro ASTM A-36
Faldón	Angulo 30 x 30 x 2 mm de un acero negro ASTM A-36
Espaldar	Tubo negro redondo de 25,4x1,50 mm de un acero ASTM A-36
Base	Tubo negro cuadrado 25x25x2mm de un acero ASTM A-36
Cojín	Perfil C negro de 25X25x2mm de un acero negro ASTM A-36

(Fuente: autor)

Los materiales utilizados en la construcción de la estructura del asiento de bus interprovincial, se indica en la tabla 4.3

**Tabla 4.3:** Materiales de la estructura del asiento

	<b>DESCRIPCIÓN</b>
	<b>ASIENTO</b>
Platina 30x2; Platina 1x3/16; Platina 1x1/4; Platina 2x3/16	
Perfil U de 25x20x2mm	
Eje de transmisión y Varilla redonda	
Perfil U de 50x25x3 troquelada	
Platina troquelada 20x3mm	
Remaches pop solido	
Pernos 7/16 x 1 pulgada grado 8	
Platina 3/4x3/16	
Tubo ovalado 25x3	
Tubo redondo 1x2mm	
Ángulo 3/4x1/8	
Manillas	
Resortes	
Pata	
Tubo redondo 3/4x2mm	
Ángulo 1x1/8	

(Fuente: autor)

### 4.2.3 Ensayos preliminares.

### 4.2.4 Ensayo de tracción del material utilizado en la estructura del asiento

El asiento interprovincial en su estructura está construido por acero ASTM A-36 por lo que los análisis de tracción se realizaron tomando probetas de ciertas partes del asiento como son: del cojín del asiento que es un perfil en u y del faldón del asiento.



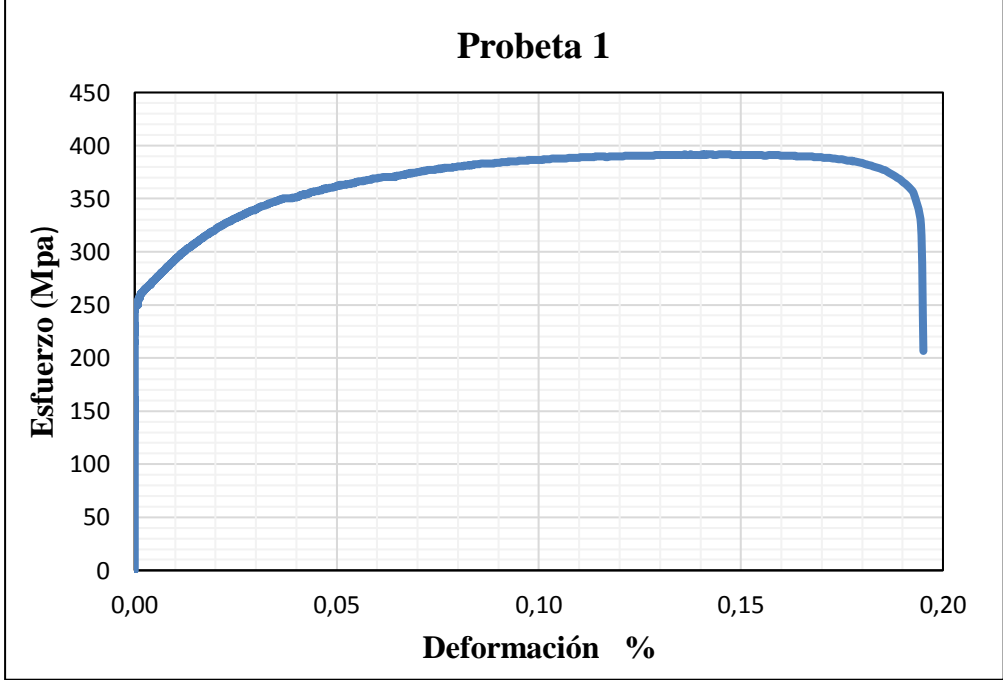
El ensayo de tracción se realizó en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en la máquina universal de ensayos marca “Controls”, sus especificaciones se las pueden ver en el (Anexo A6), cumpliendo con la norma NTE INEN 109:2009 “ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente” (Anexo A1) como se muestra en la figura 4.3



**Fig. 4.3:** Probeta de ensayo de tracción  
(Fuente: Autor)

En las siguientes tablas se pueden observar los resultados obtenidos de los ensayos de tracción realizados a las probetas de ciertas partes de la estructura del asiento a diferentes velocidades de tracción que ofrece la máquina universal de ensayos, junto con los resultados calculados necesarios para el análisis.



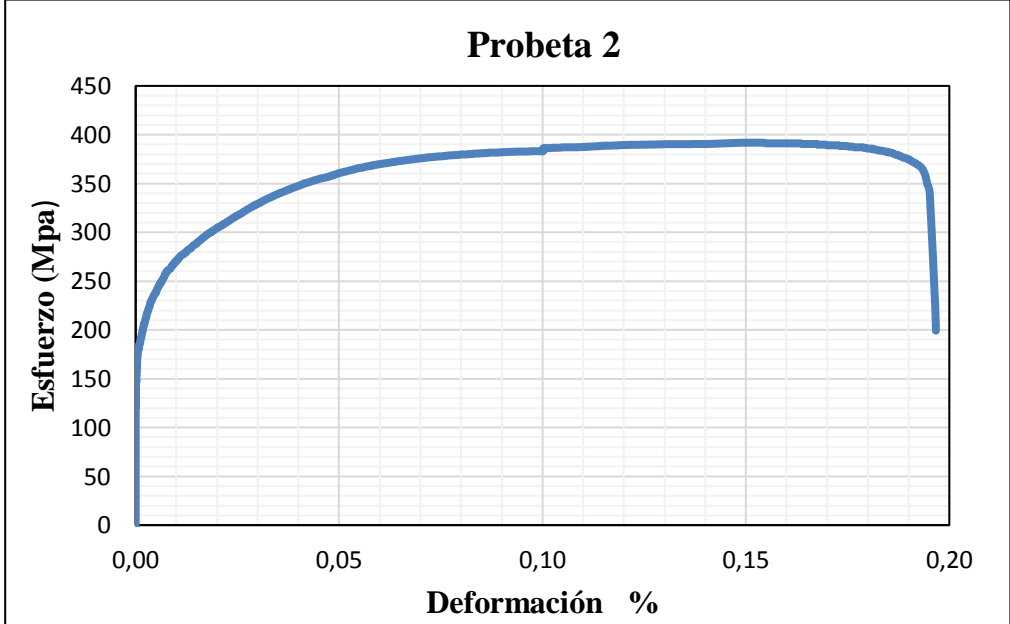
**Tabla 4.4:** Ensayo de tracción probeta 1

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> </div>  </div> <p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE TRACCIÓN (VER ANEXO C1)</b></p>			
Probeta:	01	Muestra: Platina de acero ASTM A-36 de 50x2mm	
Norma Aplicable	NTE INEN 109:2009 / ASTM E-8		
Lugar de Ensayo:	Laboratorio de resistencia de materiales UTA		
Fecha de ejecución	25/01/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Espesor	2 mm	Longitud calibrada	200 mm
Ancho	50 mm	Velocidad de tracción	2 (N/mm <sup>2</sup> xS)
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>Probeta 1</b></p>  </div>			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
Carga Máxima	37,79 (KN)	Longitud Inicial	200mm
Longitud Final	528,36 mm	Deformación última	78,36 mm
Área Inicial	100 mm <sup>2</sup>		
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>			
Resistencia a la Tracción (Sut):	395,14 (Mpa)	Resistencia a la Cedencia (Sy):	269,45 (Mpa)
% de Elongación	38,79%	Módulo de Elasticidad	203732,92(Mpa)

(Fuente: Autor)



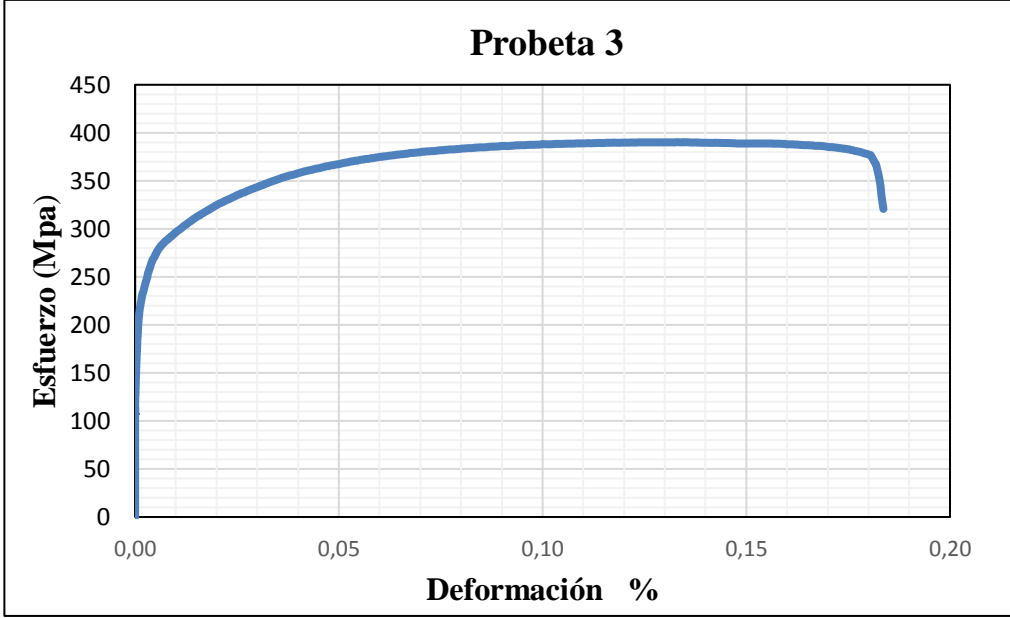


**Tabla 4.5:** Ensayo de tracción probeta 2

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div>  </div> <p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE TRACCIÓN (VER ANEXO C1)</b></p>			
Probeta:	02	Muestra: Platina de acero ASTM A-36 de 50x2mm	
Norma Aplicable	NTE INEN 109:2009 / ASTM E-8		
Lugar de Ensayo:	Laboratorio de resistencia de materiales UTA		
Fecha de ejecución	25/01/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Espesor	2 mm	longitud calibrada	200 mm
Ancho	50 mm	Velocidad de tracción	5 (N/mm <sup>2</sup> xS)
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
 <p style="text-align: center;"><b>Probeta 2</b></p>			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
Carga Máxima	39,18 (KN)	Longitud Inicial	200mm
Longitud Final	528,68 mm	Deformación última	78,68 mm
Área Inicial	100 mm <sup>2</sup>		
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>			
Resistencia a la Tracción (Sut):	391,80 (Mpa)	Resistencia a la Cedencia (Sy):	252,73 (Mpa)
% de Elongación	38,65%	Módulo de Elasticidad	202742.56 (Mpa)



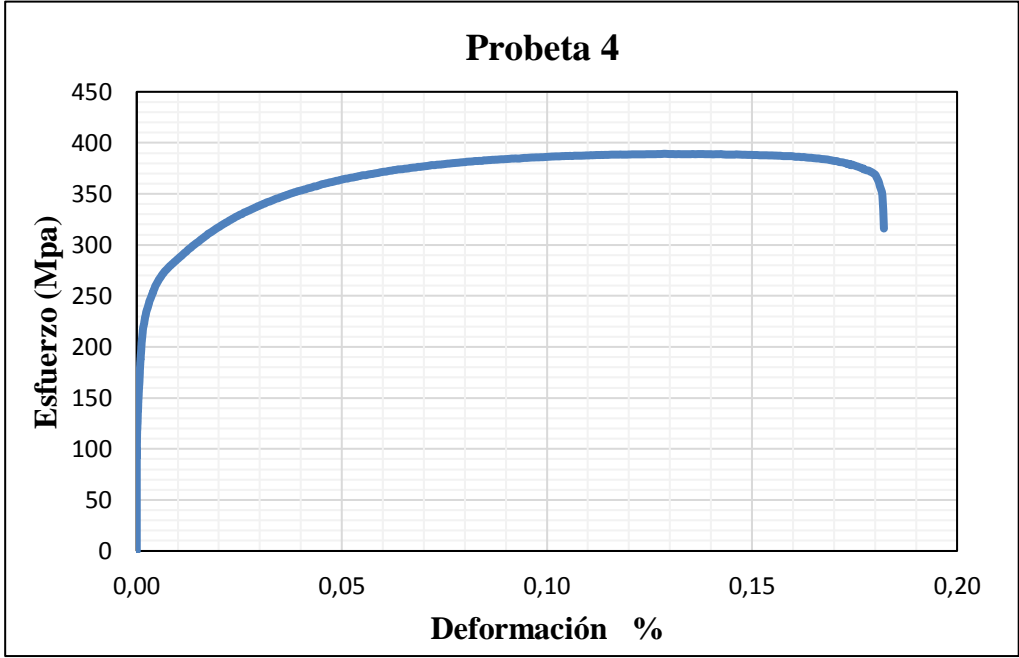
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.6:** Ensayo de tracción probeta 3

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> </div>  </div> <p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE TRACCIÓN (VER ANEXO C1)</b></p>			
Probeta:	03	Muestra: Platina de acero ASTM A-36 de 50x2mm	
Norma Aplicable	NTE INEN 109:2009 / ASTM E-8		
Lugar de Ensayo:	Laboratorio de resistencia de materiales UTA		
Fecha de ejecución	25/01/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Espesor	2 mm	longitud calibrada	200 mm
Ancho	50 mm	Velocidad de tracción	10 (N/mm <sup>2</sup> xS)
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
Carga Máxima	39,02 (KN)	Longitud Inicial	200mm
Longitud Final	527,36 mm	Deformación última	77,36 mm
Área Inicial	100 mm <sup>2</sup>		
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>			
Resistencia a la Tracción (Sut):	390,19 (Mpa)	Resistencia a la Cedencia (Sy):	222,11 (Mpa)
% de Elongación	38,68%	Módulo de Elasticidad	201752,84 (Mpa)



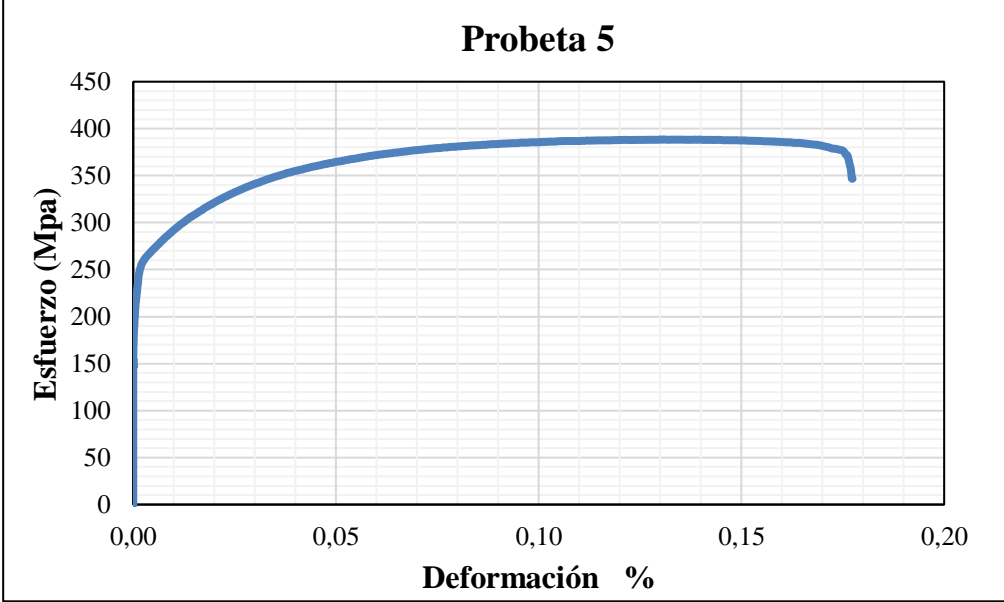
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.7:** Ensayo de tracción probeta 4

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> </div>  </div> <p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE TRACCIÓN (VER ANEXO C1)</b></p>			
Probeta:	04	Muestra: Platina de acero ASTM A-36 de 50x2mm	
Norma Aplicable	NTE INEN 109:2009 / ASTM E-8		
Lugar de Ensayo:	Laboratorio de resistencia de materiales UTA		
Fecha de ejecución	25/01/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Espesor	2 mm	longitud calibrada	200 mm
Ancho	50 mm	Velocidad de tracción	15 (N/mm <sup>2</sup> xS)
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
Carga Máxima	38,93 (KN)	Longitud Inicial	200mm
Longitud Final	525,05 mm	Deformación última	75,05 mm
Área Inicial	100 mm <sup>2</sup>		
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>			
Resistencia a la Tracción (Sut):	389,26 (Mpa)	Resistencia a la Cedencia (Sy):	223.04 (Mpa)
% de Elongación	37,53%	Módulo de Elasticidad	207439,38 (Mpa)

(Fuente: Autor)

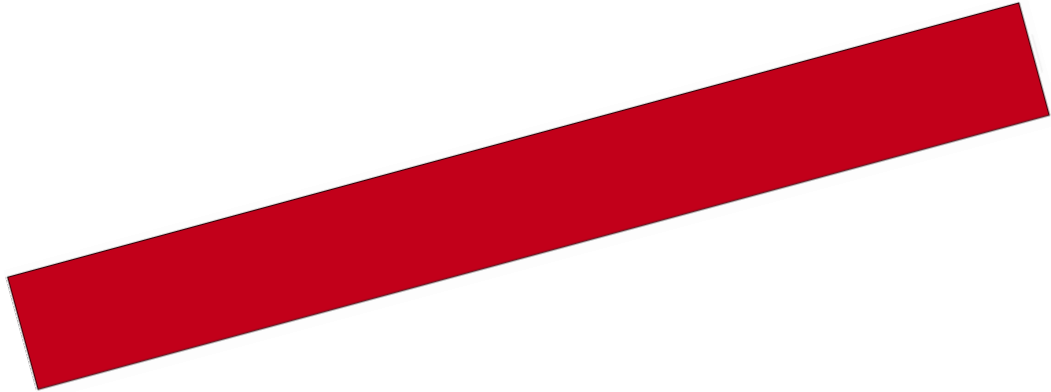
**Tabla 4.8:** Ensayo de tracción probeta 5

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN (VER ANEXO C1)</b>			
Probeta:	05	Muestra: Platina de acero ASTM A-36 de 50x2mm	
Norma Aplicable	NTE INEN 109:2009 / ASTM E-8		
Lugar de Ensayo:	Laboratorio de resistencia de materiales UTA		
Fecha de ejecución	25/01/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Espesor	2 mm	longitud calibrada	200 mm
Ancho	50 mm	Velocidad de tracción	20 (N/mm <sup>2</sup> xS)
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
Carga Máxima	38,86 (KN)	Longitud Inicial	200mm
Longitud Final	525,53 mm	Deformación última	75,53 mm
Área Inicial	100 mm <sup>2</sup>		
<b>RESULTADOS CALCULADOS</b>			
Resistencia a la Tracción (Sut):	388,59 (Mpa)	Resistencia a la Cedencia (Sy):	220.64 (Mpa)
% de Elongación	37,77%	Módulo de Elasticidad	205766,48 (Mpa)

(Fuente: Autor)

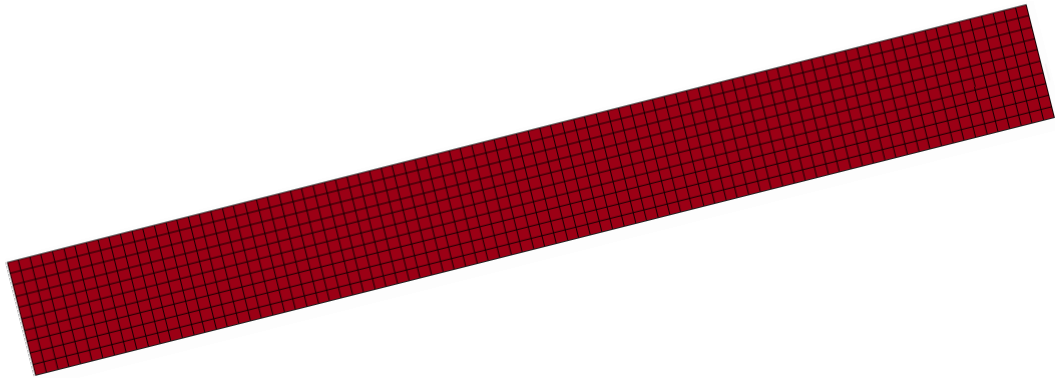
#### 4.2.5 Simulación del ensayo de Tracción de la platina de 50x2 mm

El modelo de la probeta se obtuvo según la norma NTE INEN 109:2009 y se realizó de una platina de 50x2 mm como se muestra en la Figura 4.4



**Fig. 4.4:** Geometría de probeta  
(Fuente: Autor)

En la figura 4.5 se muestra el mallado y se aplicó una malla uniforme para obtener datos precisos en los resultados durante la simulación.



**Fig. 4.5:** Mallado de la probeta  
(Fuente: Autor)

En la Figura 4.6 se dice que en el eje Y indica la cantidad de elementos y en el eje X indica el valor de la relación de aspecto con un valor mínimo de 1 y un valor máximo de 1,0318, siendo 210 elementos con una relación de aspecto de 1,0033 que se encuentra dentro de los parámetros recomendados para proceder con los ensayos.

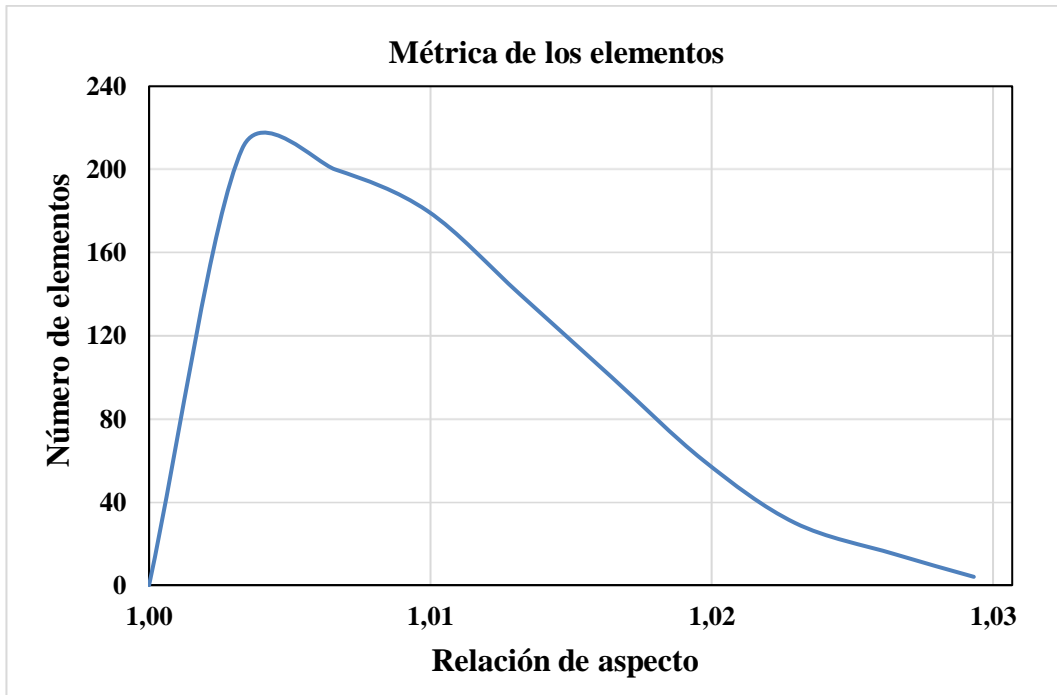


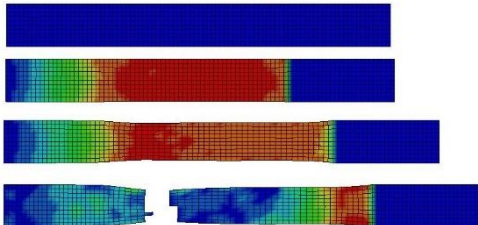
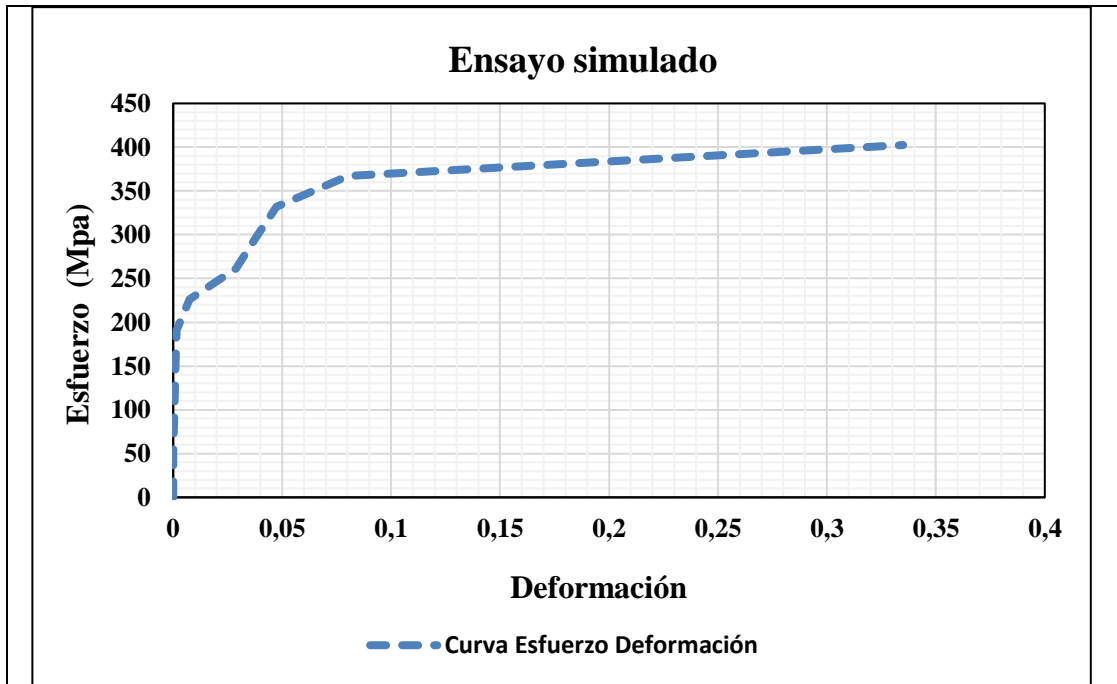


Fig. 4.6: Relación de aspecto versus el número de elementos de la probeta  
(Fuente: Autor)

Tabla 4.9: Simulación del ensayo de tracción

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b> 			
Simulación	01	Muestra: Platina de acero ASTM A-36 de 50x2mm	
Normas Aplicables	NTE INEN 109:2009		
Fecha de ejecución	23/02/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisad por:	Ing. César Arroba
Espesor	2 mm	longitud calibrada	200
Aspect Ratio Max:	1,0318	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	1001	Cantidad de elementos	900
Tiempo de Procesamiento	25 min	Numero de procesadores	8 procesadores
RESULTADO DEL ENSAYO			
			



**RESULTADOS OBTENIDOS**

Esfuerzo mínimo	220,05 (N)	Esfuerzo máximo	402,44 (N)
Deformación inicial	0 mm	Deformación última	66,995 mm

(Fuente: Autor)

#### 4.2.5.1 Resumen del ensayo de tracción real versus el ensayo de tracción simulado

Los resultados de la simulación se comparan con los datos que se obtuvieron en el promedio de los resultados del ensayo real como se indica en la tabla 4.10 y se realizaron 25 ensayos de tracción reales con diferente velocidad.

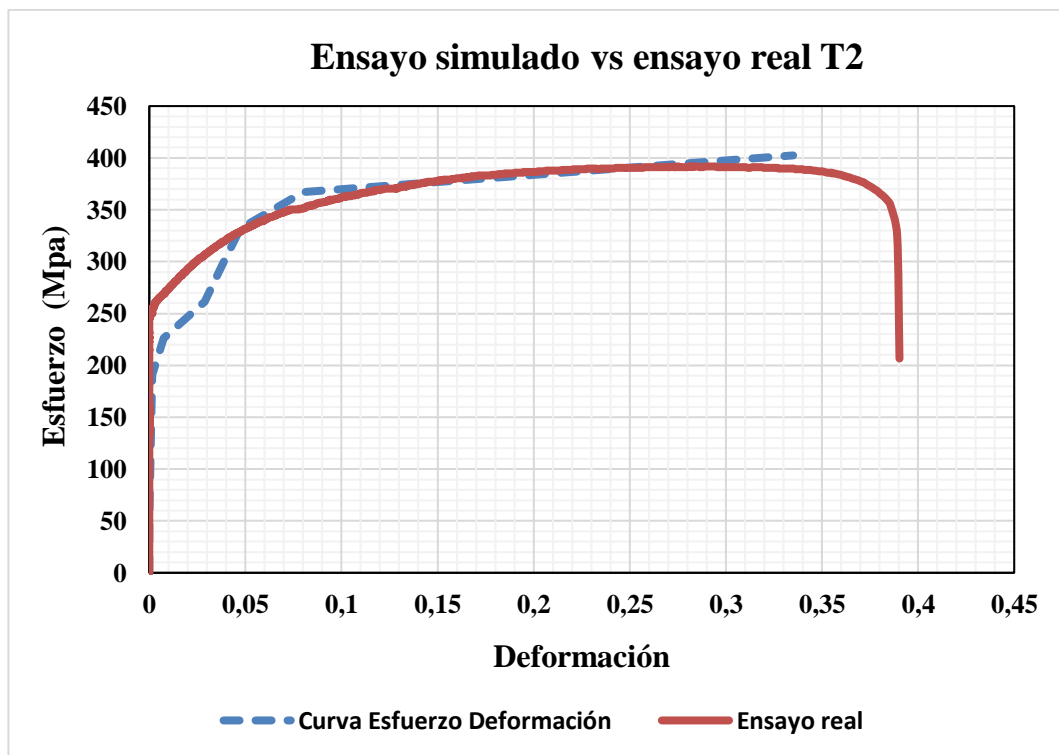
**Tabla 4.10:** Ensayos de tracción a diferente velocidad

Ensayos de tracción real		
N°	Probetas	Velocidad de tracción
1	5 probetas acero ASTM A-36	2 (N/mm <sup>2</sup> *S)
2	5 probetas acero ASTM A-36	5 (N/mm <sup>2</sup> *S)
3	5 probetas acero ASTM A-36	10 (N/mm <sup>2</sup> *S)
4	5 probetas acero ASTM A-36	15 (N/mm <sup>2</sup> *S)
5	5 probetas acero ASTM A-36	20 (N/mm <sup>2</sup> *S)

(Fuente: Autor)

#### 4.2.5.2 Comparación de curvas del ensayo de tracción real versus el ensayo de tracción simulado

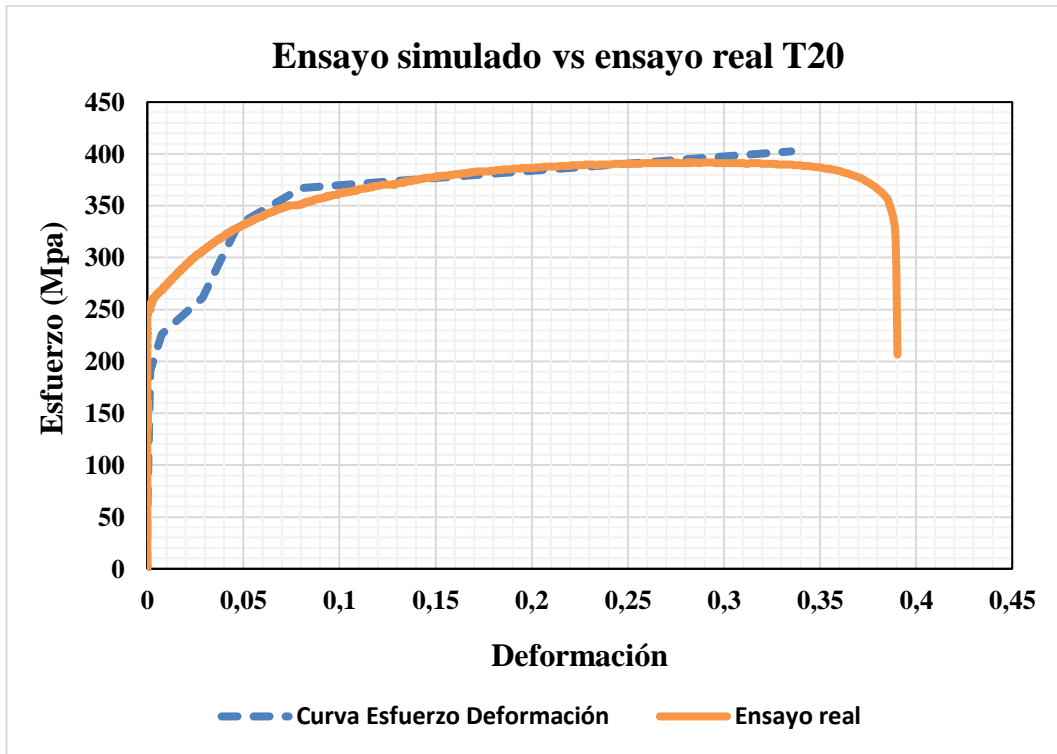
Los resultados de la simulación se comparan con los resultados obtenidos en el ensayo real y se encuentra dentro de los parámetros de esfuerzo y deformación recomendados por el fabricante. En la figura 4.7 se muestra la curva: esfuerzos versus deformación unitaria, la curva de color rojo representa el ensayo de tracción real de la probeta a la velocidad tracción de 2 (N/mm<sup>2</sup>\*S) mientras que la curva entrecortada de color azul nos especifica el ensayo de tracción simulado.



**Fig. 4.7:** Curva esfuerzos versus deformación unitaria  
(Fuente: El Autor)

En la figura 4.8 se muestra la curva: esfuerzos versus deformación unitaria, la curva de color naranja representa el ensayo de tracción real de la probeta a la velocidad tracción de 20 (N/mm<sup>2</sup>\*S) mientras que la curva entrecortada de color azul nos especifica el ensayo de tracción simulado, demostrando que ambas curvas muestran un comportamiento similar por lo que se procede a realizar el análisis.

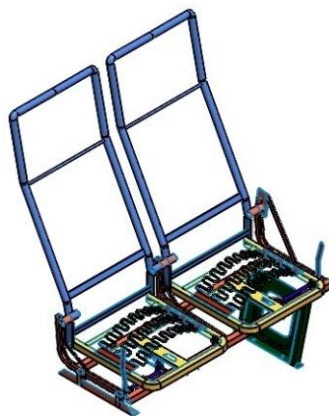




**Fig. 4.8:** Curva esfuerzos versus deformación unitaria  
(Fuente: Autor)

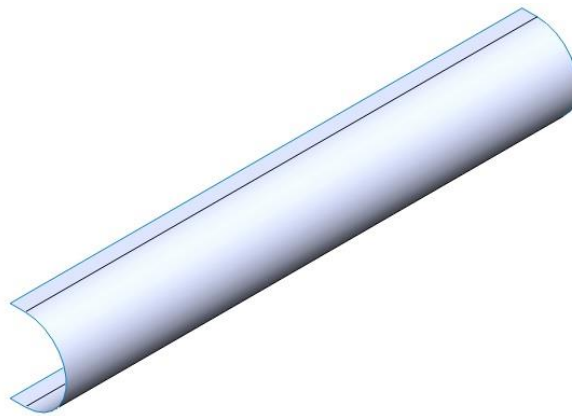
#### 4.2.6 Simulación de la aplicación de la carga del asiento interprovincial en el asiento de 1020 y 960 mm

Se realizó el diseño de la estructura del asiento de bus interprovincial de 1020mm y 960mm, para la simulación aplicando la carga en cada asiento, como se muestra en la figura 4.9



**Fig. 4.9:** Diseño de la estructura del asiento de bus interprovincial de 1020mm  
(Fuente: Autor)

Se diseñó el pistón que va ubicado en la parte posterior de la estructura del asiento de bus interprovincial según la normativa NTE 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. (Anexo A2) como se muestra en la figura 4.10



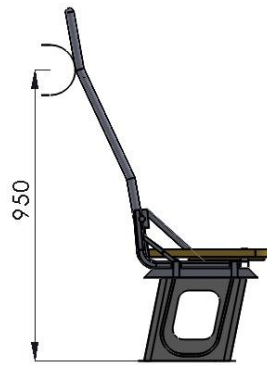
**Fig. 4.10:** Diseño del pistón para aplicar la carga  
(Fuente: Autor)

Se ensambló el asiento con el pistón, a una altura como indica la normativa en el apéndice 12.2.2.1.2 “Esa dirección se situará a una altura  $H_1$  comprendida entre 0,70 m y 0,80 m por encima del plano de referencia. **El fabricante determinará la altura exacta**”

#### **4.2.7 Análisis de aplicación de la carga en el asiento 1020 mm a tiempo 0,2 seg a diferentes posiciones**

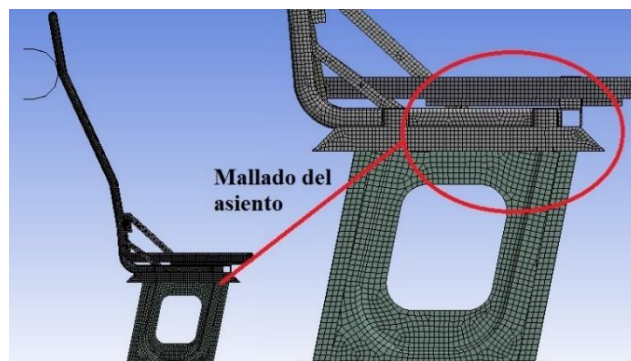
##### **4.2.7.1 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 100°**

El pistón se coloca a una altura de 950mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.11 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma NTE INEN 2708 en el apéndice 12 ver (Anexo A2).



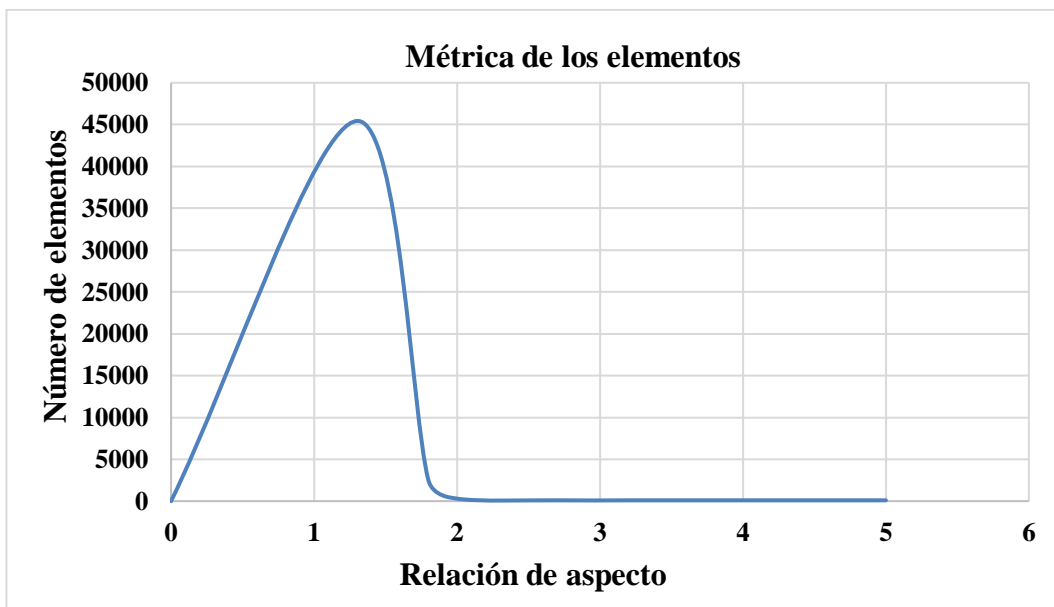
**Fig. 4.11:** Ensamble del asiento y pistón  
(Fuente: Autor)

Para el mallado de la estructura del asiento de bus interprovincial, luego de varias pruebas analizando se concluyó el siguiente mallado, se procede con la estructura del asiento con un tamaño adecuado de acuerdo a su geométrica, el espaldar y la base se malla con un tamaño de 5mm, el cojín se malla con un valor de 4mm, la pata del asiento con un valor de 8mm, se refina ciertas partes del asiento con un tamaño de 3mm como son la barrilla corruga q se encuentra en el espaldar, y las uniones entre el espaldar y la base del asiento ya que de esta manera se pudo obtener resultados más fiables y el pistón se malla con el valor de 40mm esto se realiza para obtener valores cercanos a los reales durante todo el tiempo que dura la aplicación de la carga, como se observa en la figura 4.12



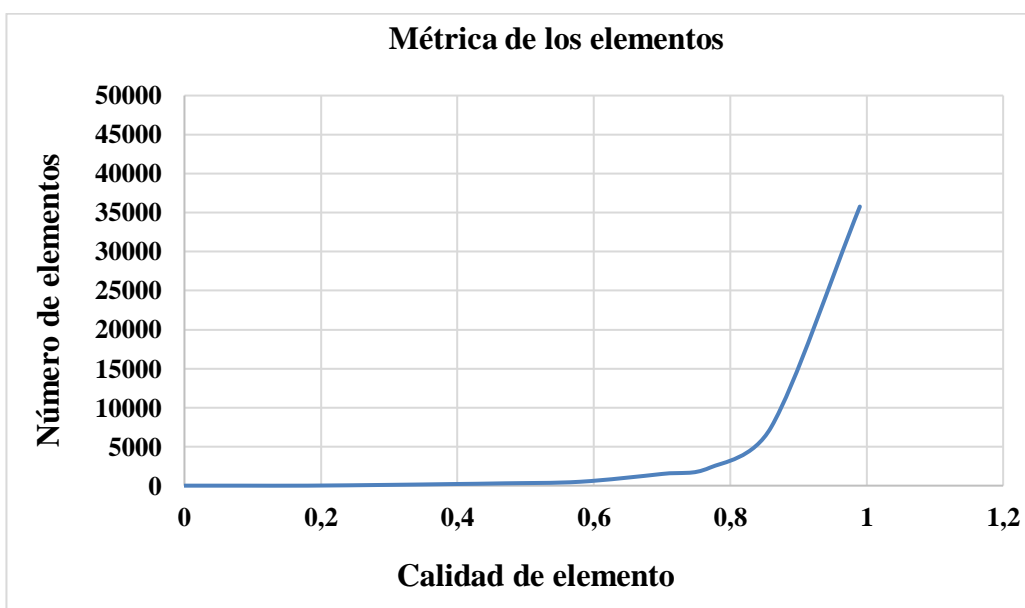
**Fig. 4.12:** Mallado del asiento y pistón  
(Fuente: Autor)

Se indica la cantidad de elementos en el eje Y, así también se puede observar el valor de la Relación de aspecto en el eje X, con un valor mínimo de 1 y un valor máximo de 5,18. Siendo el valor predominante de 1,3 con 45435 elementos y está dentro de la caracterización de la relación de aspecto, como se ve en la figura 4.13



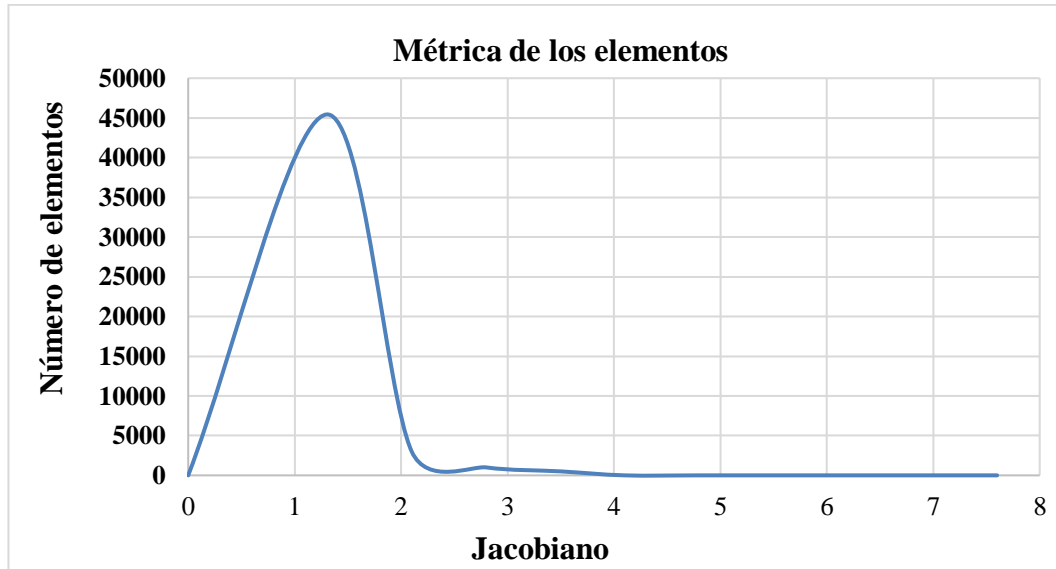
**Fig. 4.13:** Relación de aspecto vs el número de elementos del asiento de 1020 mm  
(Fuente: Autor)

Se indica la cantidad de elementos en el eje Y, así también se puede observar el valor de la Calidad de elemento en el eje X, con un valor mínimo de  $3,51e-2$  y un valor máximo de 0,9996. Siendo el valor predominante de 0,99 con 35774 elementos y está dentro de la caracterización de la calidad de elemento, como se muestra en la figura 4.14



**Fig. 4.14:** Calidad de elemento vs el número de elementos del asiento de 1020 mm  
(Fuente: Autor)

Se indica la cantidad de elementos en el eje Y, así también se puede observar el valor Jacobiano en el eje X, con un valor mínimo de 1 y un valor máximo de 7,84. Siendo el valor predominante de 1,3 con 45434 elementos y está dentro de la caracterización de Jacobiano, como se muestra en la figura 4.15

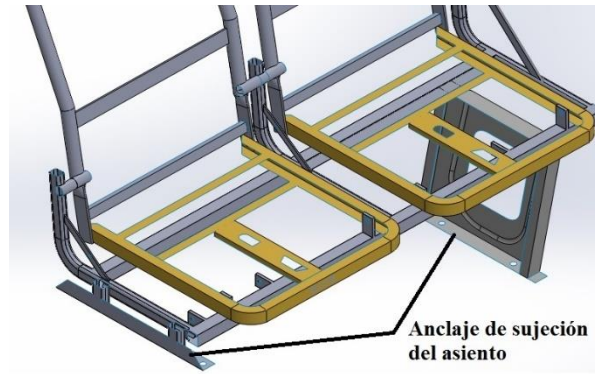


**Fig. 4.15:** Jacobiano vs el número de elementos del asiento de 1020 mm  
(Fuente: Autor)

El modelo de material seleccionado en el software de elementos finitos para la simulación en los análisis se dice que es un tipo Mat 24 MAT\_PIECEWISE\_LINEAR\_PLASTICITY, es un material elasto-plástico con una tensión arbitraria respecto a la curva tensión y la dependencia de la velocidad de deformación arbitraria puede ser definida.

El asiento es fijado en las partes de anclaje diseñadas por la empresa Sistemas de Asientos American como muestra la figura: 4.16 el contacto del anclaje del asiento con el piso del autobús se asume que está pegado las caras del anclaje con la cara del piso del bus. Todos los elementos que conforman el asiento para el análisis están interactuando entre sí, por lo que se asume que están en fricción durante el tiempo de análisis.

Para el análisis de la simulación se coloca el espaldar a una inclinación de  $100^\circ$  como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo A3).



**Fig. 4.16:** Anclaje de sujeción del asiento  
(Fuente: Autor)

Para el análisis de aplicación de la carga en el asiento de 1020 mm se procede aplicar la carga como indica la norma NTE INEN 2708 en el apéndice 12.2.2.1 en la altura H1 de 950mm donde la carga aplicada bajo la norma no cumple con el desplazamiento exigido en la norma apéndice 12.1.2; 12.1.3.1 y 12.1.3.2 por lo que se realizó varias pruebas como se muestra en la tabla 4.11 encontrando las carga que cumple con desplazamiento para cada uno de los análisis, por lo cual se acepta como válida para el análisis del asiento interprovincial como se muestra en la figura 4.17 esto se realiza para obtener los desplazamientos del espaldar del asiento en el tiempo de 0,2 y 0,3 (seg) que dura la aplicación de la carga.

**Tabla 4.11:** Carga aplicada al pistón para cada análisis del asiento de 1020 mm





<b>ASIENTO INTERPROVINCIAL 1020 mm</b>	<b>FUERZA ALTURA (H1)</b>	<b>FUERZA ALTURA (H2)</b>	<b>CUMPLE</b>
<b>DOBLE ASIENTO POSICION RECLINACION 100°</b>	51,05 (N)	105,41 (N)	NO
	500 (N)	6167 (N)	NO
	1000 (N)	12334 (N)	NO
	1500 (N)	18500 (N)	NO
	2000 (N)	24667 (N)	NO
	2500 (N)	30833 (N)	NO
	<b>2800 (N)</b>	<b>37000 (N)</b>	<b>SI</b>
<b>DOBLE ASIENTO POSICION RECLINACION 130°</b>	51,30 (N)	105,41 (N)	NO
	500 (N)	6167 (N)	NO
	1000 (N)	12334 (N)	NO
	1500 (N)	18500 (N)	NO
	2000 (N)	24667 (N)	NO
	2500 (N)	30833 (N)	NO
	<b>2800 (N)</b>	<b>37000 (N)</b>	<b>SI</b>

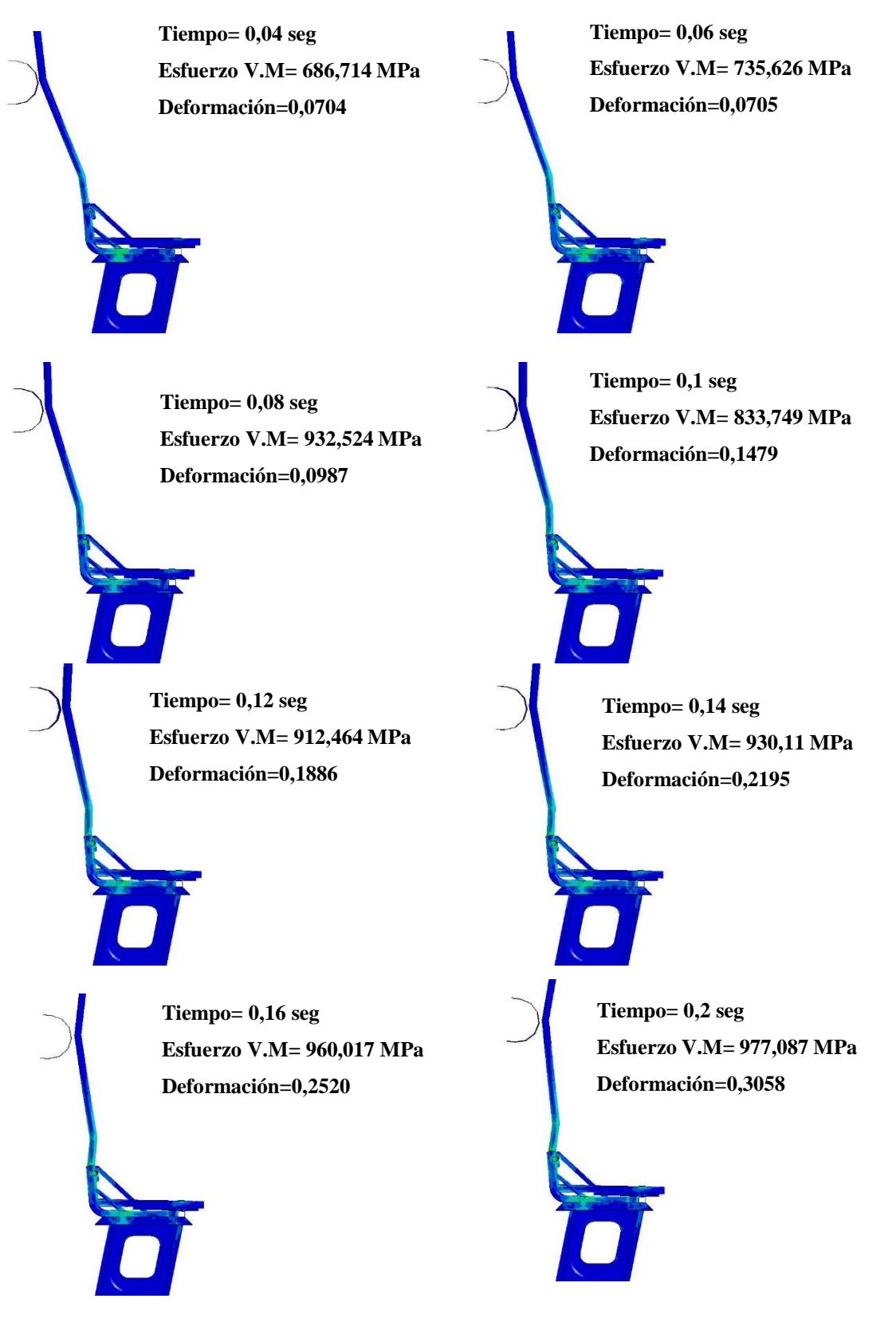
(Fuente: Autor)



**Fig. 4.17:** Aplicación de la carga de 2800 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.12:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 1

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	01	Muestra de:	Asiento 1020mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	48937	Cantidad de elementos	47625
Tiempo de procesamiento	24 horas 35 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	2800 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
 <p><b>Tiempo= 0 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b> <b>Deformación=0</b></p>		 <p><b>Tiempo= 0,02 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 728,096 MPa</b> <b>Deformación=0,0696</b></p>	



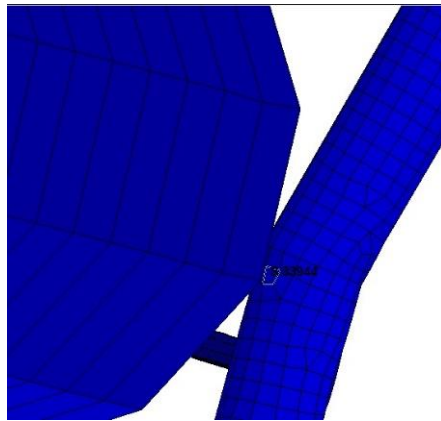
Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 2800 N aplicada.

Si

(Fuente: Autor)

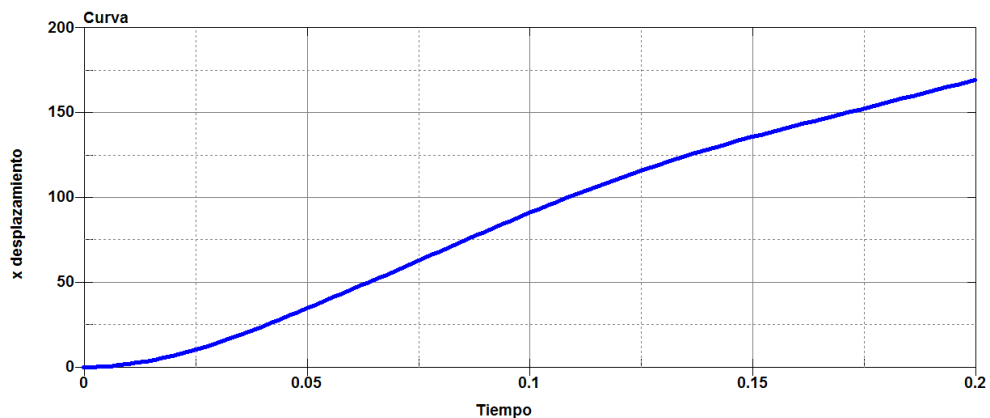


De los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene el elemento 33944 como se indica en la figura 4.18 durante el tiempo de aplicación de la carga.



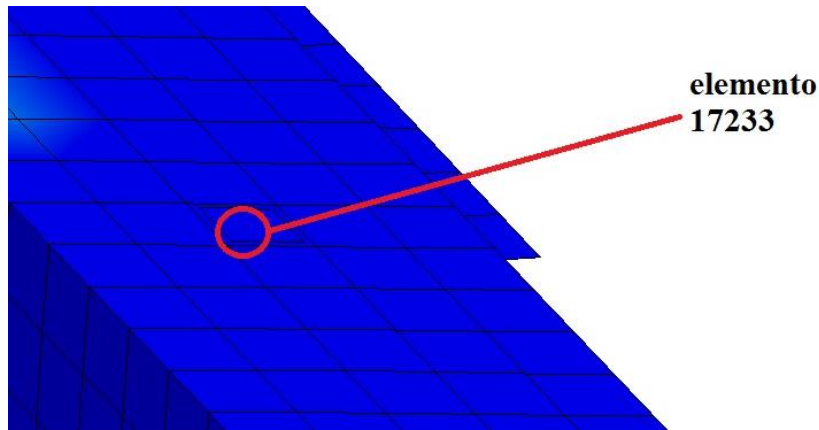
**Fig. 4.18:** Desplazamiento elemento N° 33944  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 33944 con un desplazamiento de 169,43mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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, como se ve en la figura 4.19



**Fig. 4.19:** Curva desplazamiento elemento N° 33944  
(Fuente: Autor)

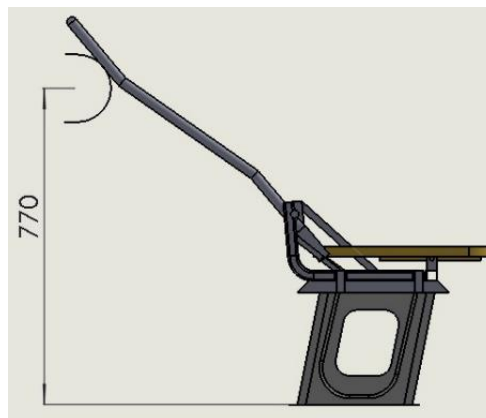
La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.20 con una deformación mínima en el elemento 17233 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.20:** Elemento N° 17233 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.7.2 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 130°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 130° como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo A3), y el pistón se coloca a una altura de 770mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.21 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma NTE INEN 2708 en el apéndice 12 (Anexo A2).




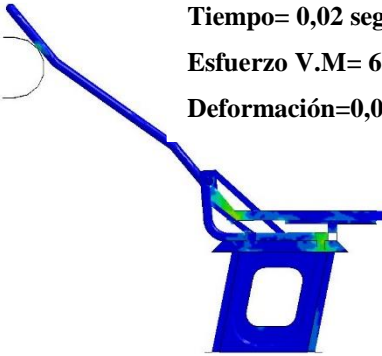
**Fig. 4.21:** Asiento posición inclinada  
(Fuente: Autor)

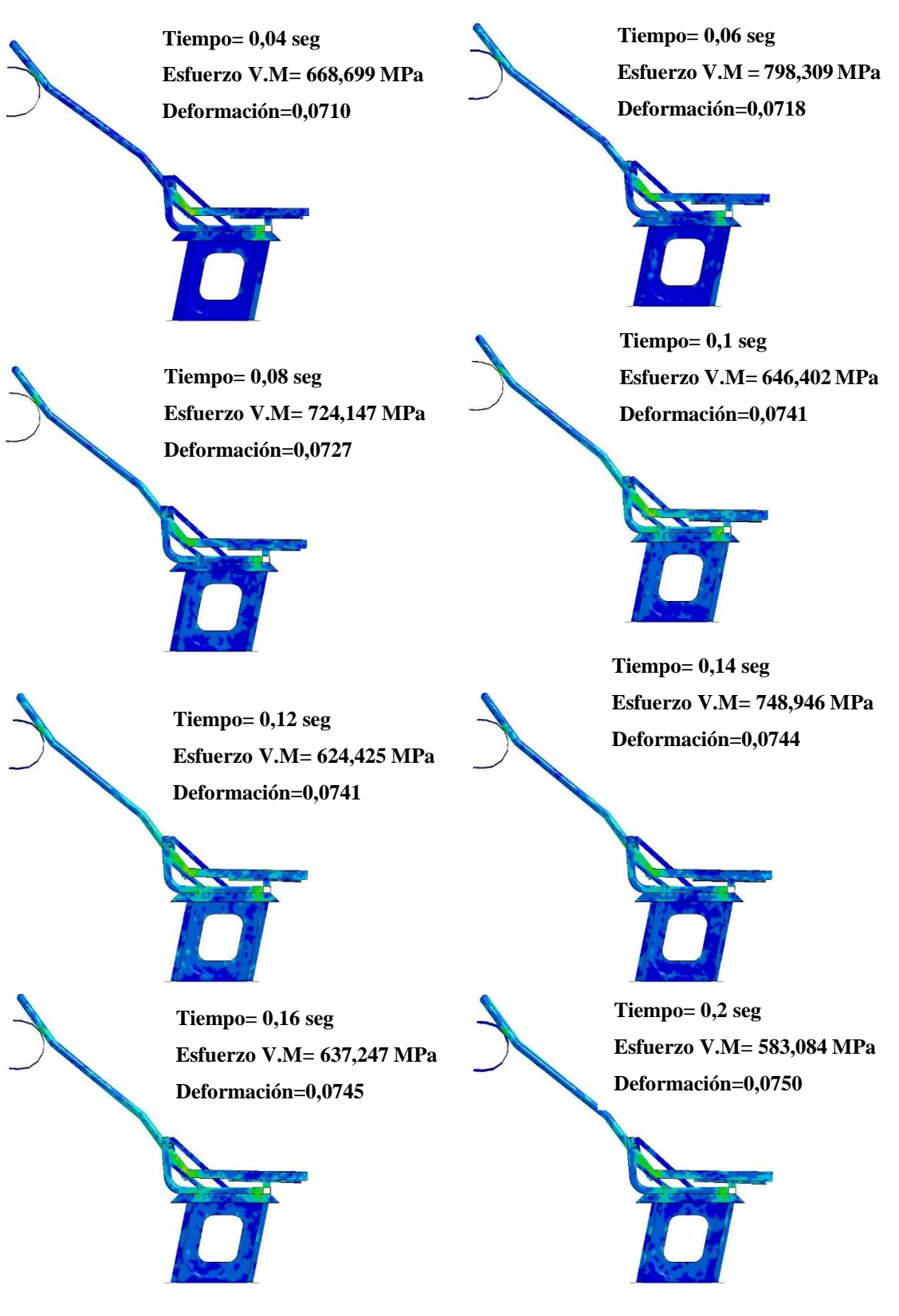
Se aplicó la carga de 2800 N en el pistón, como se muestra en la figura 4.22



**Fig. 4.22:** Aplicación de la carga de 2800 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.13:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 2

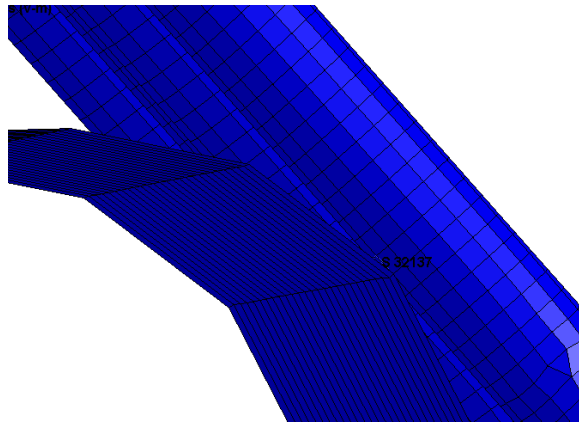
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	02	Muestra de:	Asiento 1020mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52951	Cantidad de elementos	51412
Tiempo de procesamiento	24 horas	Numero de procesadores	8 procesadores
	35 minutos		
Carga aplicada	2800 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
 <p><b>Tiempo= 0 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b> <b>Deformación=0</b></p>		 <p><b>Tiempo= 0,02 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 658,549 MPa</b> <b>Deformación=0,0674</b></p>	



Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 2800 N aplicada.	Si
---	----

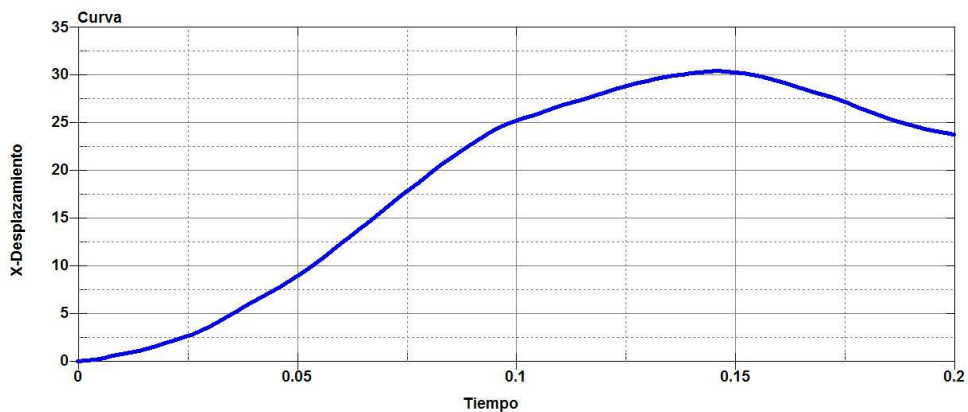
(Fuente: Autor)

Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene el elemento 32137 como se indica en la figura 4.23 durante el tiempo de aplicación de la carga.



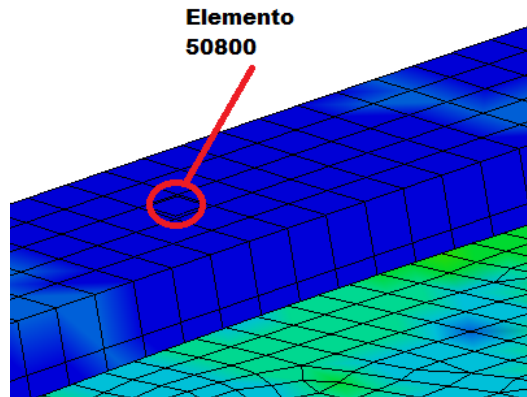
**Fig. 4.23:** Desplazamiento elemento N° 32137  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 32137 con un desplazamiento de 30,473 cumpliendo con el apéndice de la normativa 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, como se muestra en la figura 4.24



**Fig. 4.24:** Curva desplazamiento elemento N° 32137  
(Fuente: Autor)

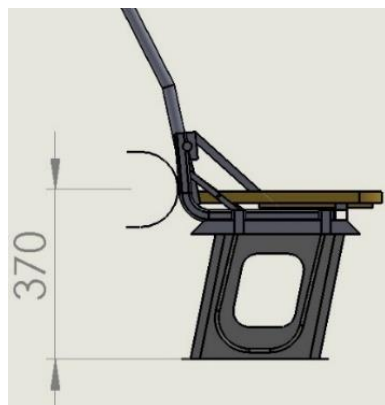
La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul del a figura 4.25 con un desplazamiento mínimo del elemento 50800 durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.25:** Elemento N° 50800 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.7.3 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 100°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 100° como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo A3), y el pistón se coloca a una altura de 370mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.26 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (anexo A2).



**Fig. 4.26:** Asiento posición del pistón bajo  
(Fuente: Autor)




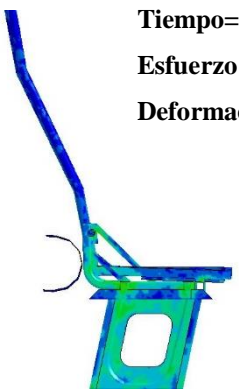
Se aplicó la carga de 37000N en el pistón, como se muestra en la figura 4.27 porque luego de varias pruebas se encontró que es la carga equivalente para el análisis, esto

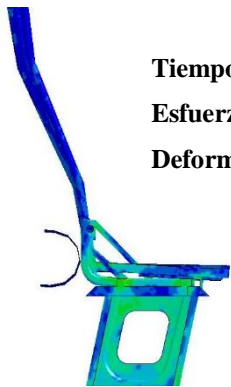
se realiza para obtener los desplazamientos del asiento durante el tiempo de aplicación de la carga.



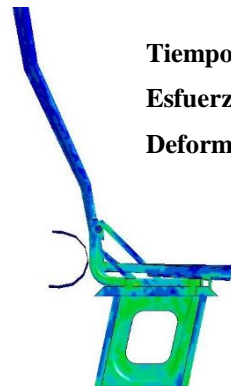
**Fig. 4.27:** Aplicación de la carga de 37000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.14:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 3

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	03	Muestra de:	Asiento de 1020mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	48942	Cantidad de elementos	47630
Tiempo de procesamiento	24 horas 35 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	37000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
 <p><b>Tiempo= 0 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b> <b>Deformación=0</b></p>		 <p><b>Tiempo= 0,02 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 814,84 MPa</b> <b>Deformación=0,3811</b></p>	



Tiempo= 0,04 seg  
 Esfuerzo V.M= 936,126 MPa  
 Deformación=0,3811



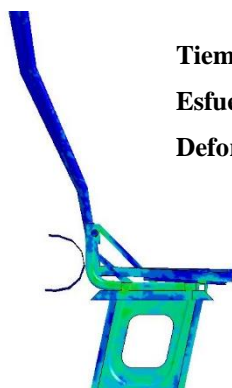
Tiempo= 0,06 seg  
 Esfuerzo V.M= 774,885 MPa  
 Deformación=0,3811



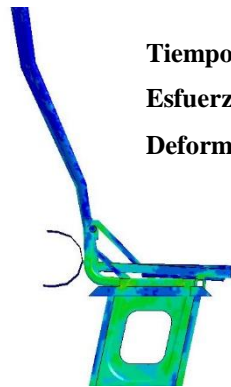
Tiempo= 0,08 seg  
 Esfuerzo V.M= 873,036 MPa  
 Deformación=0,3811



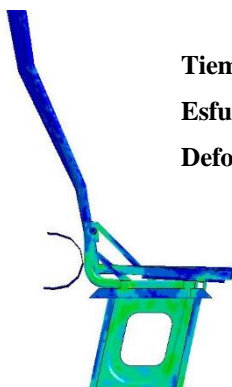
Tiempo= 0,1 seg  
 Esfuerzo V.M= 762,613 MPa  
 Deformación=0,3811



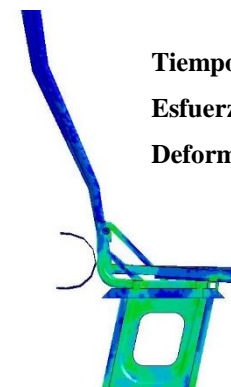
Tiempo= 0,12 seg  
 Esfuerzo V.M= 885,992 MPa  
 Deformación=0,3811



Tiempo= 0,14 seg  
 Esfuerzo V.M= 730,875 MPa  
 Deformación=0,3811



Tiempo= 0,16 seg  
 Esfuerzo V.M= 788,173 MPa  
 Deformación=0,3811



Tiempo= 0,2 seg  
 Esfuerzo V.M= 728,912 MPa  
 Deformación=0,3811

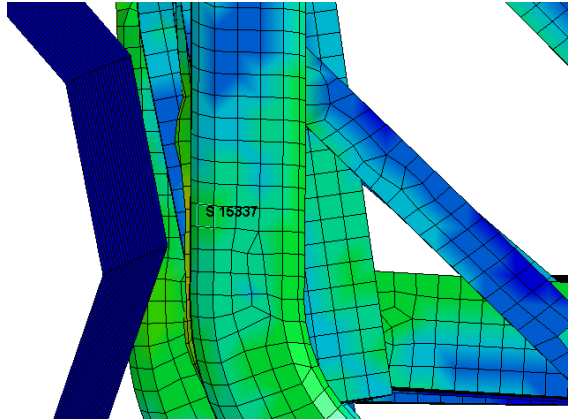
Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 37000 N aplicada.

Si

(Fuente: Autor)

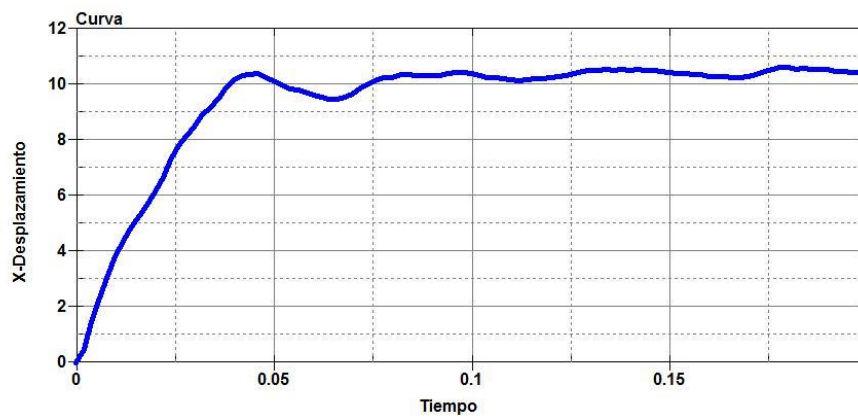


Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.28 durante el tiempo de aplicación de la carga.



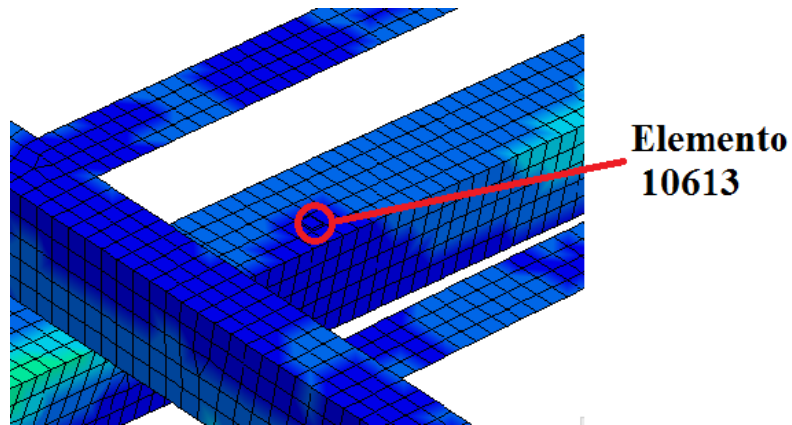
**Fig. 4.28:** Desplazamiento elemento N° 15337  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 15337 tiene un desplazamiento de 10,613mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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 100mm, como se muestra en la figura 4.29



**Fig. 4.29:** Curva desplazamiento elemento N° 15337  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.30 con un desplazamiento mínimo en el elemento 10613 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.30:** Elemento N° 10613 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)




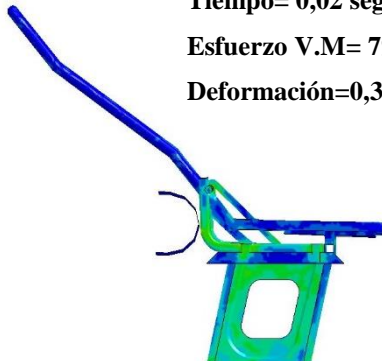

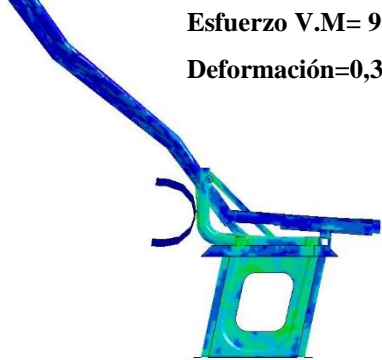
#### 4.2.7.4 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 130°

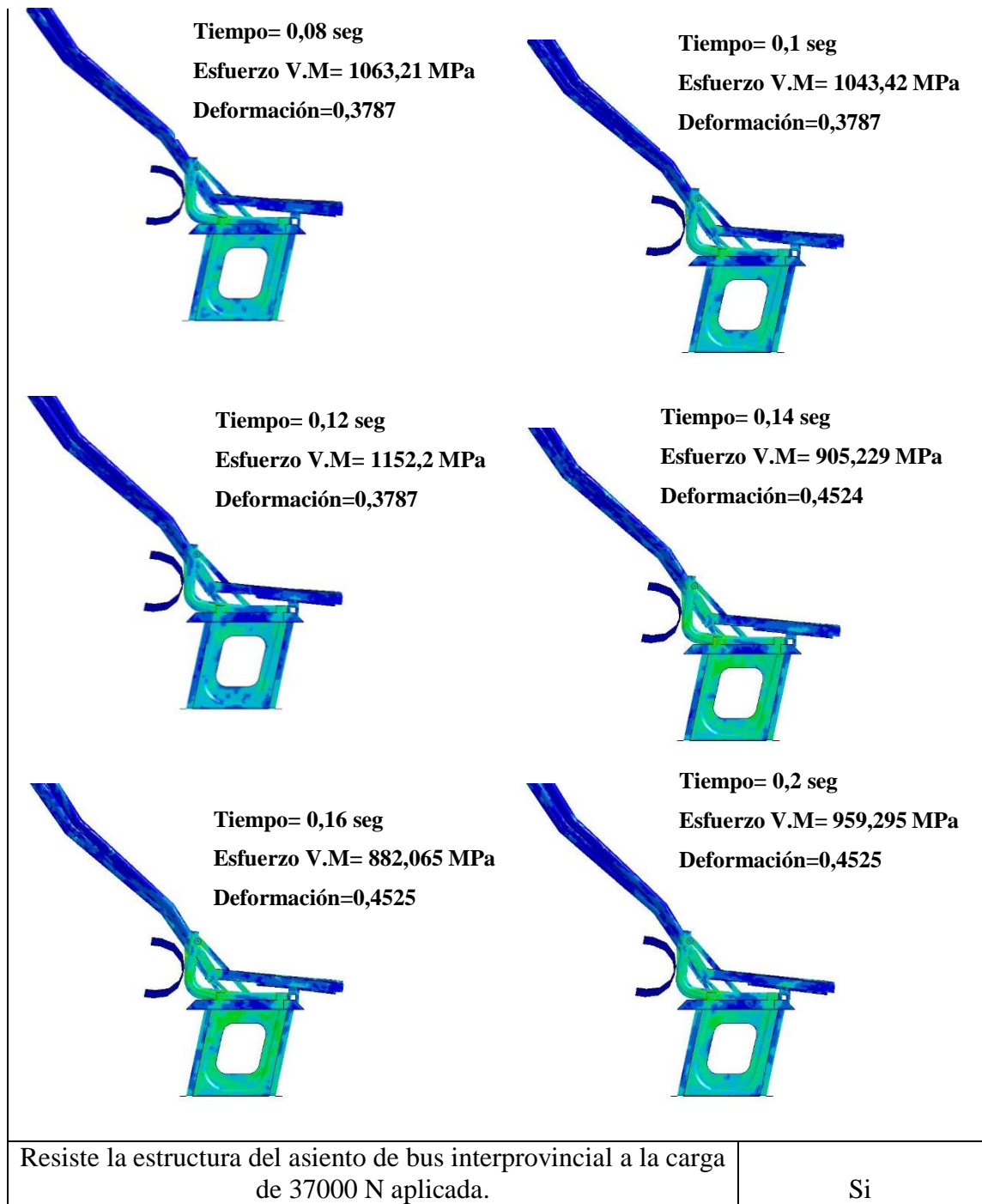
Se aplicó la carga de 37000N en el pistón, como se muestra en la figura 4.31 esto se realiza para obtener los desplazamientos del asiento durante el tiempo de aplicación de la carga.



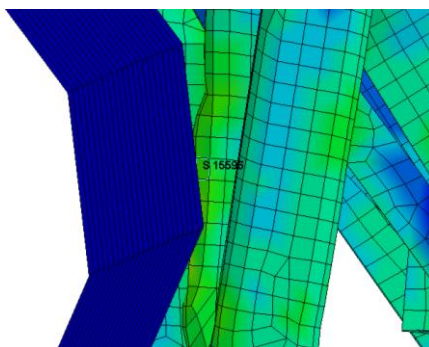
**Fig. 4.31:** Aplicación de la carga de 37000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.15:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 4

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	04	Muestra de:	asiento 1020mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	48937	Cantidad de elementos	47623
Tiempo de procesamiento	24 horas 35 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	37000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
 <p><b>Tiempo= 0 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b>  <b>Deformación=0</b></p>		 <p><b>Tiempo= 0,02 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 791,804 MPa</b>  <b>Deformación=0,3787</b></p>	
 <p><b>Tiempo= 0,04 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 949,755 MPa</b>  <b>Deformación=0,3787</b></p>		 <p><b>Tiempo= 0,06 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 988,87 MPa</b>  <b>Deformación=0,3787</b></p>	

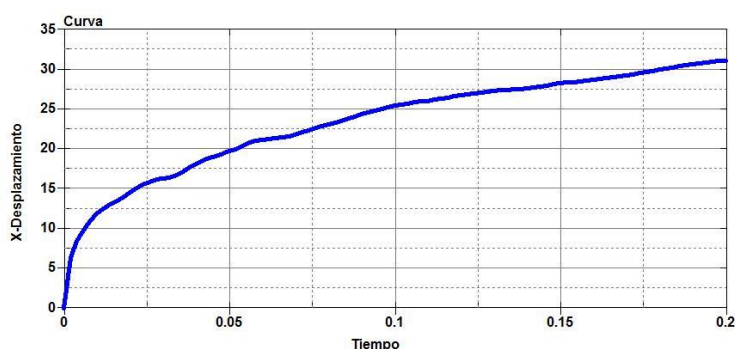


Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.32 durante el tiempo de aplicación de la carga.



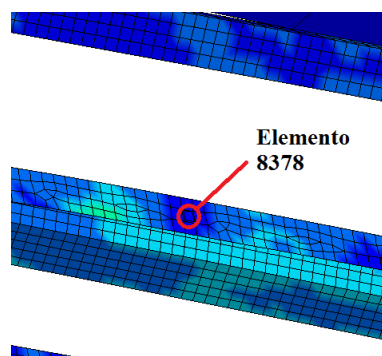
**Fig. 4.32:** Desplazamiento elemento N° 15596  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 15596 con un desplazamiento de 31,131mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 12.1.3.1 no sobrepasa los 100mm, como se muestra en la figura 4.33



**Fig. 4.33:** Curva desplazamiento elemento N° 15337  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada el color azul como se observa en la figura 4.34 con un desplazamiento mínimo en el elemento 8378 sufrido durante la aplicación



**Fig. 4.34:** Elemento N° 8378 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.8 Análisis de aplicación de la carga en el asiento 1020 mm a tiempo 0,3 seg a diferentes posiciones

##### 4.2.8.1 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 100°

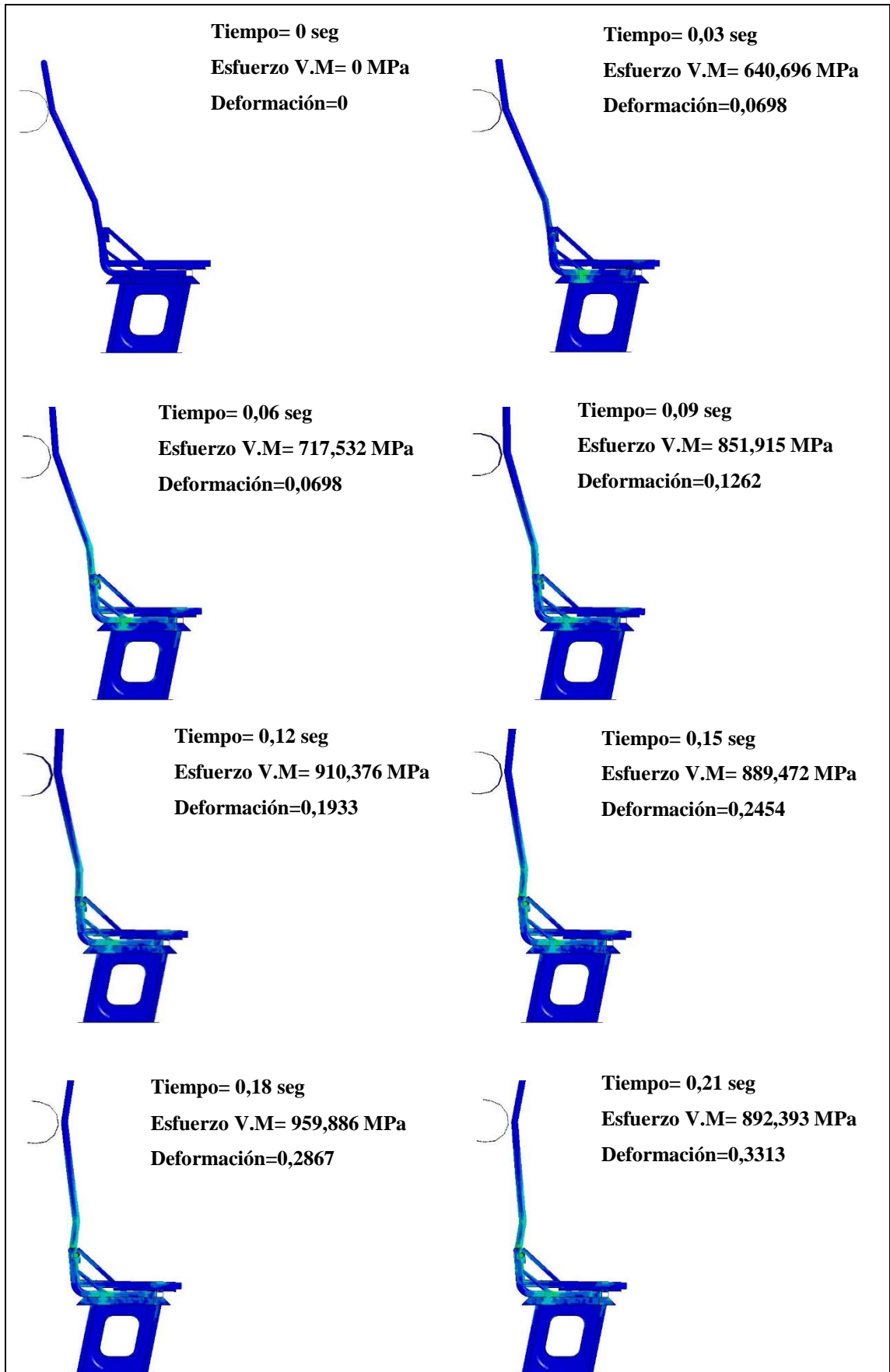
Se procede aplicar una carga de 2800 N en el pistón, el mismo que esta aplicado a la estructura del asiento de bus interprovincial como se muestra en la figura 4.35 esto se realiza para obtener valores en el tiempo que dura la aplicación de la carga.



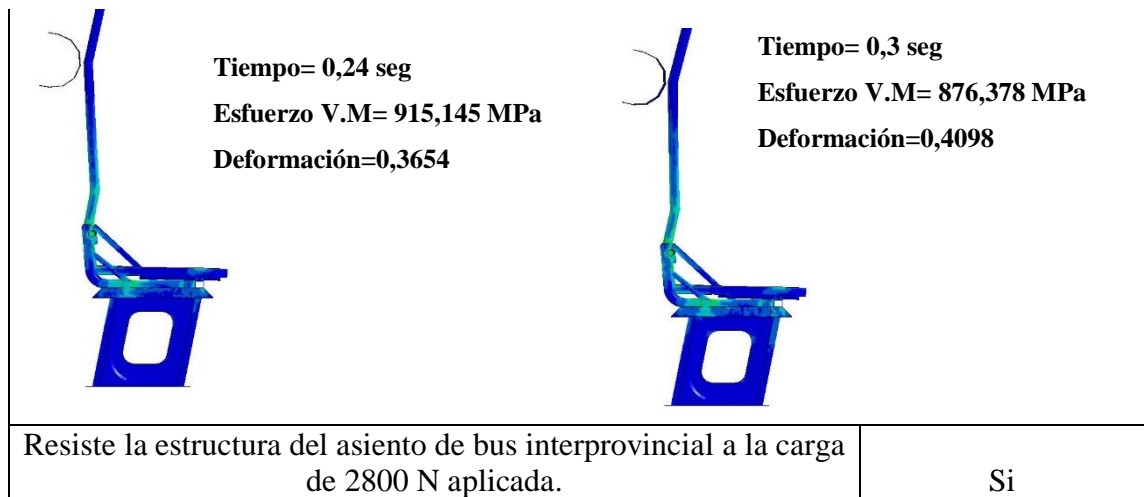
**Fig. 4.35:** Aplicación de la carga de 2800 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.16:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 5

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	05	Muestra de:	Asiento 1020mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	48937	Cantidad de elementos	47625
Tiempo de procesamiento	35 horas 22 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	2800 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			

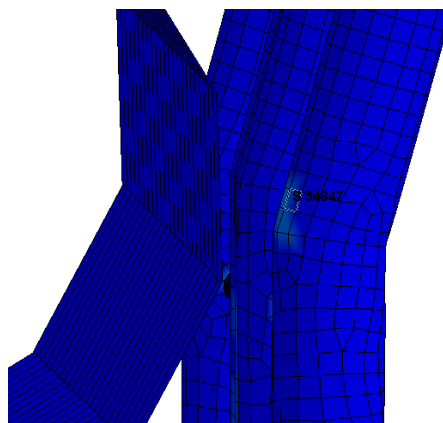






(Fuente: Autor)

De los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento, siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene en el elemento 34847 como se indica en la figura 4.36 durante el tiempo de aplicación de la carga.

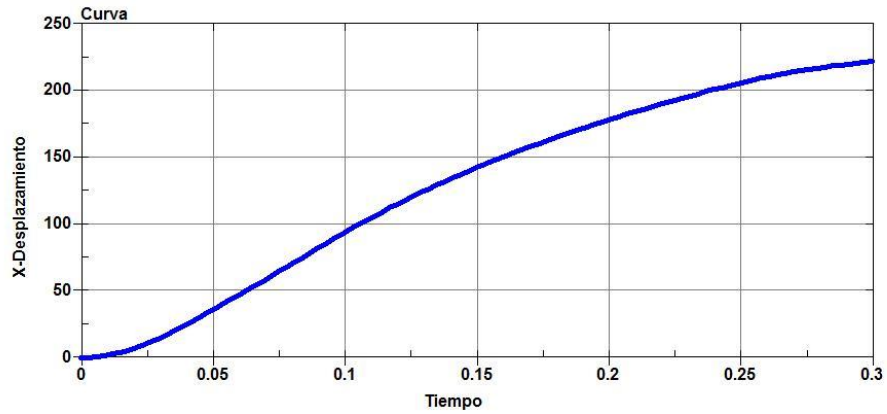


**Fig. 4.36:** Desplazamiento elemento N° 34847

(Fuente: Autor)

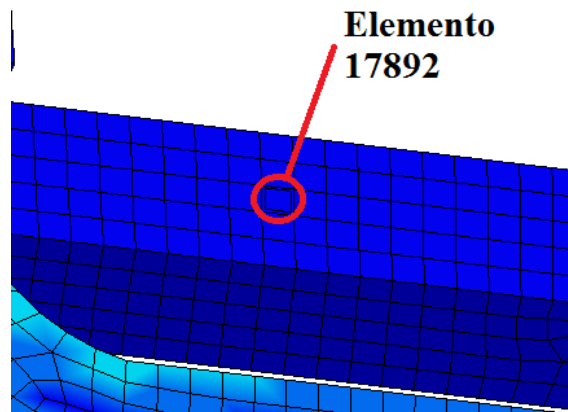
La curva del desplazamiento del elemento 34847 con un desplazamiento de 221,86mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 12.1.2: Se considerará que se cumplen los requisitos del subcapítulo 12.1.1.1 si el desplazamiento máximo del punto central de aplicación de cada fuerza establecida en el subcapítulo 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, como se ve en la figura 4.37





**Fig. 4.37:** Curva desplazamiento elemento N° 33944  
(Fuente: Autor)

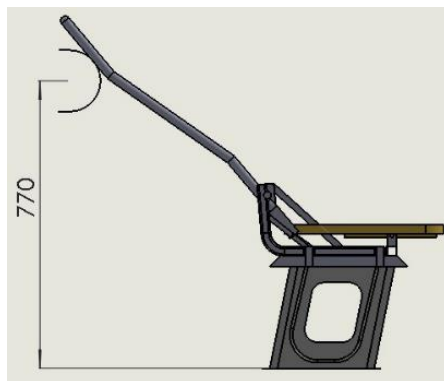
La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.38 con una deformación mínima en el elemento 17892 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.38:** Elemento N° 17892 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.8.2 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 130°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 130° como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo A3), y el pistón se coloca a una altura de 770mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.39 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (anexo A2).



**Fig. 4.39:** Asiento posición inclinada  
(Fuente: Autor)

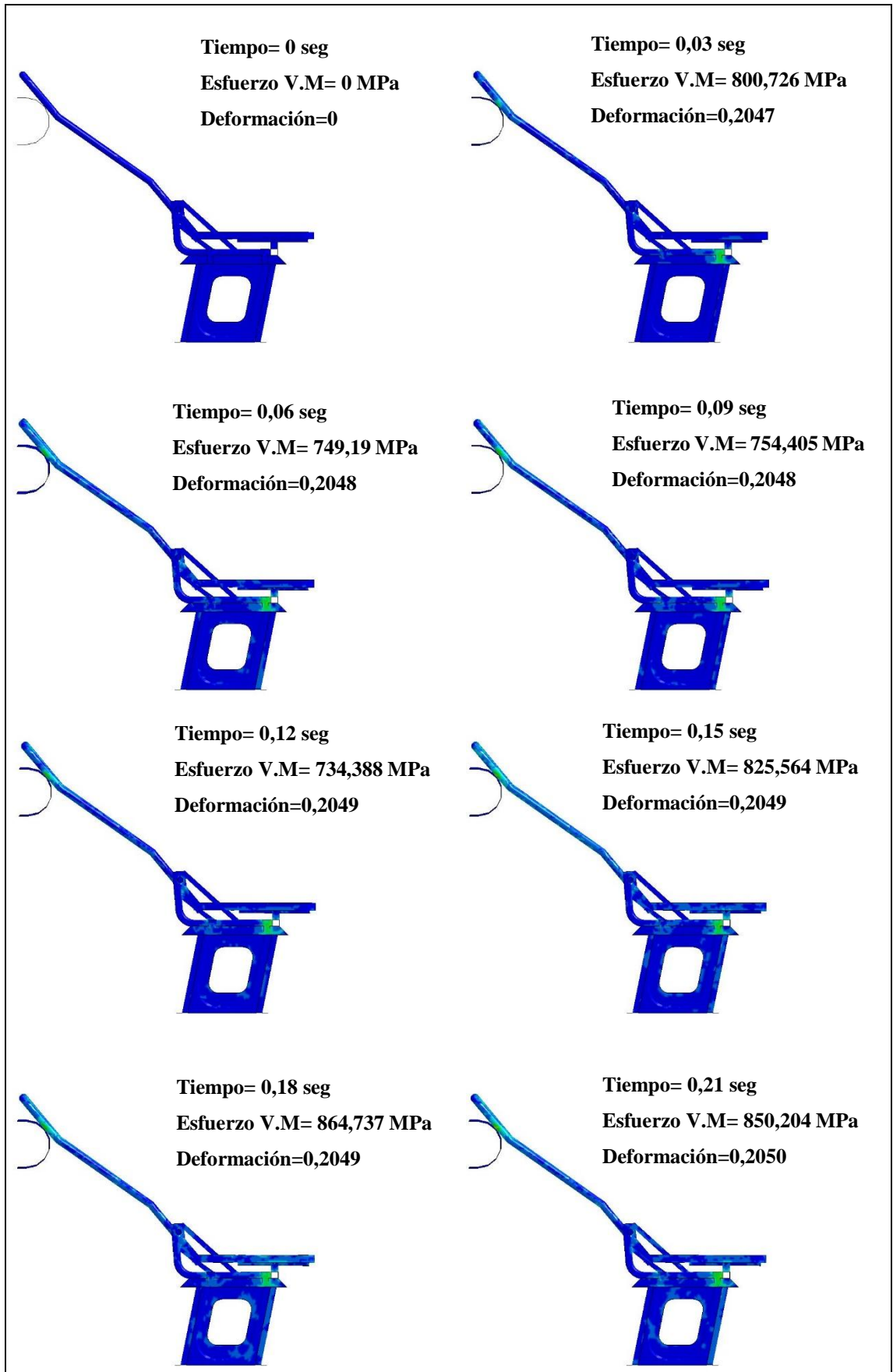
Se aplicó la carga de 2800 N en el pistón, como se muestra en la figura 4.40

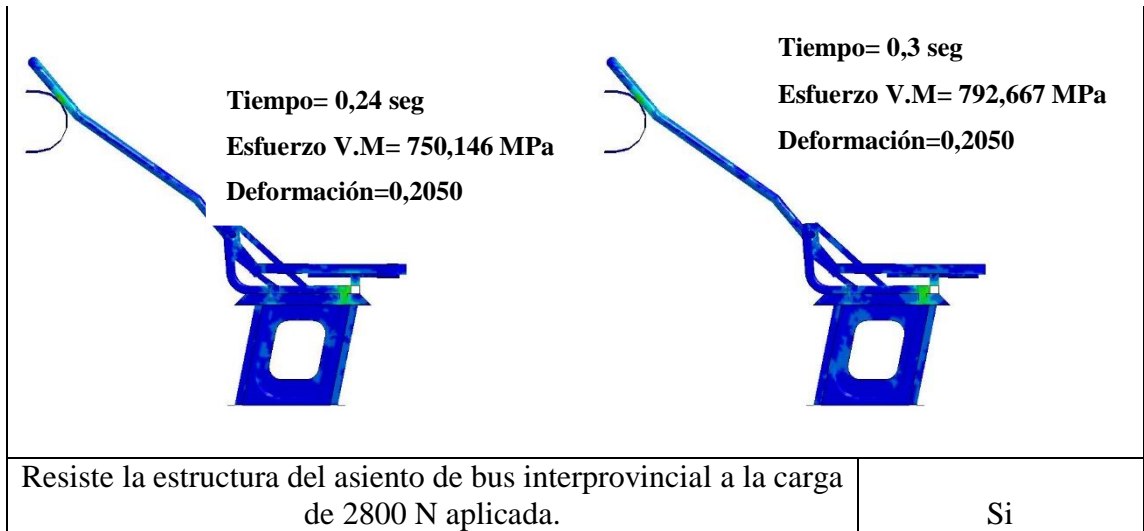


**Fig. 4.40:** Aplicación de la carga de 2800 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.17:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 6

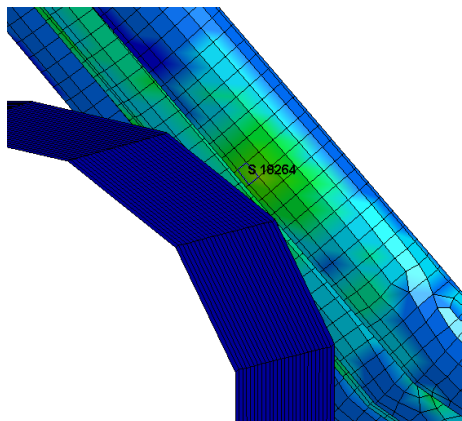
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	06	Muestra de:	Asiento 1020mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	47644	Cantidad de elementos	46336
Tiempo de procesamiento	35 horas 27 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	2800 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			





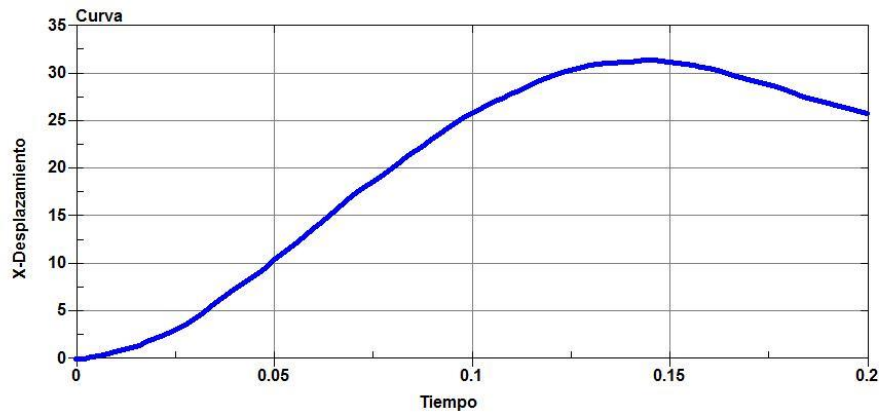
(Fuente: Autor)

Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene el elemento 18264 como se indica en la figura 4.41 durante el tiempo de aplicación de la carga.



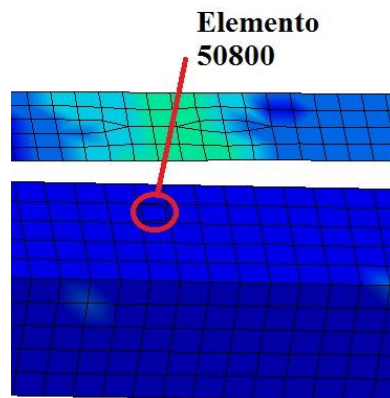
**Fig. 4.41:** Desplazamiento elemento N° 18264  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 18264 con un desplazamiento de 31,412mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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, como se ve en la figura 4.42



**Fig. 4.42:** Curva desplazamiento elemento N° 18264  
(Fuente: Autor)

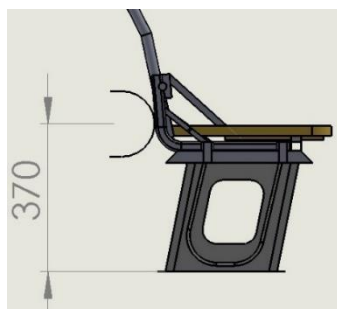
La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul del a figura 4.43 con un desplazamiento mínimo del elemento 50800 durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.43:** elemento N° 50800 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.8.3 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 100°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 100° como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo: A3), y el pistón se coloca a una altura de 370mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.44 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (anexo A2).



**Fig. 4.44** Asiento posición del pistón bajo  
(Fuente: autor)

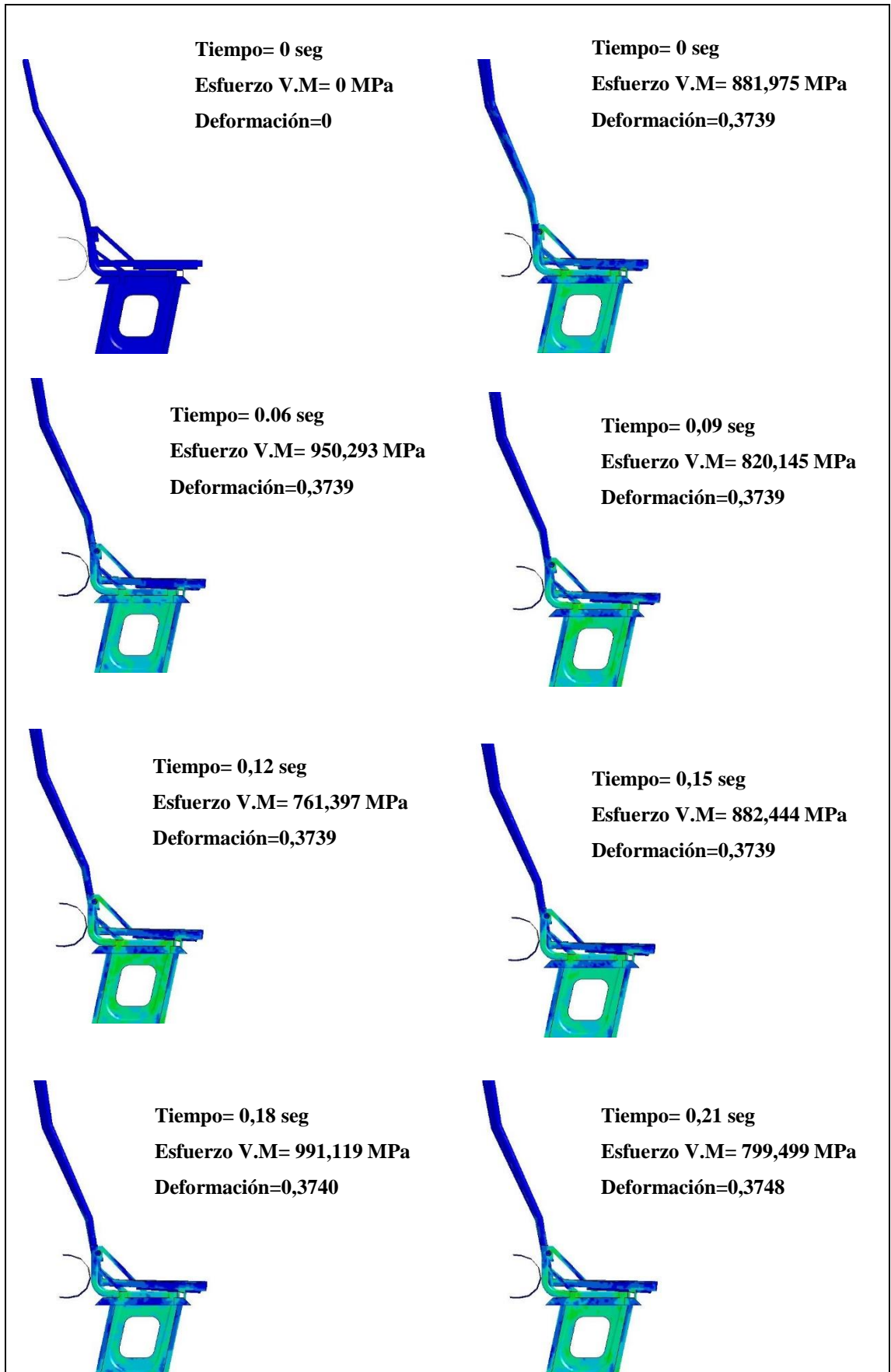
Se aplicó la carga de 37000N en el pistón, como se muestra en la figura 4.45 esto se realiza para obtener los desplazamientos del asiento durante el tiempo de aplicación de la carga.

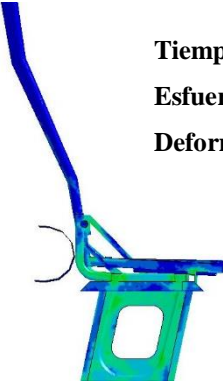
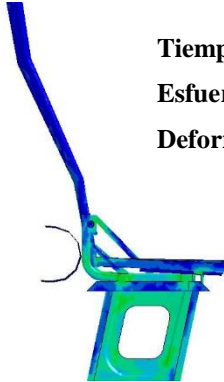


**Fig. 4.45:** Aplicación de la carga de 37000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.18:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 7

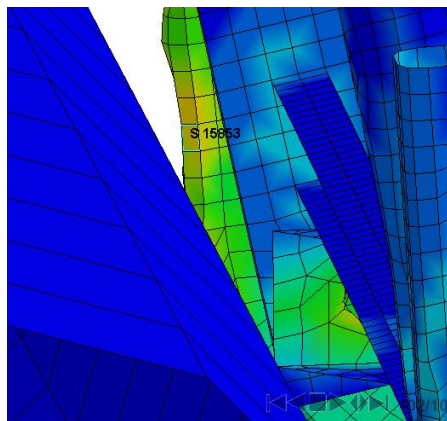
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	07	Muestra de:	Asiento 1020mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	48942	Cantidad de elementos	47630
Tiempo de procesamiento	36 horas 12 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	37000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			



 <p><b>Tiempo= 0,24 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 820,701 MPa</b>  <b>Deformación=0,3748</b></p>	 <p><b>Tiempo= 0,3 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 804,923 MPa</b>  <b>Deformación=0,3749</b></p>
Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 37000 N aplicada.	Si

(Fuente: Autor)

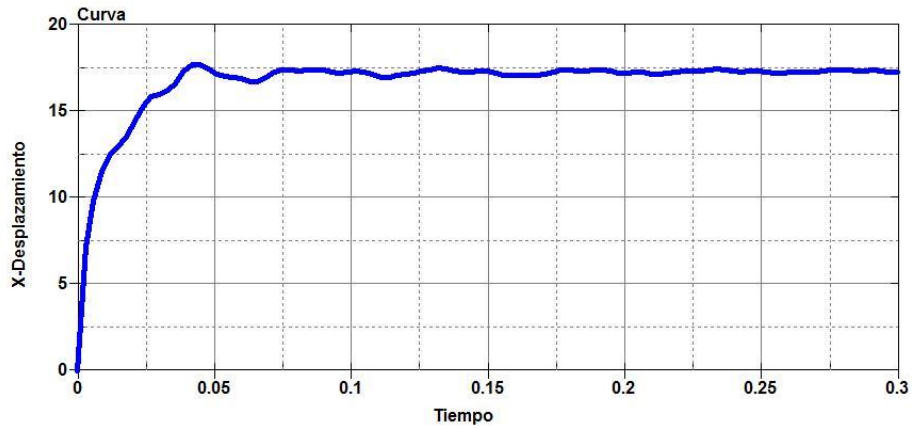
Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.46 durante el tiempo de aplicación de la carga.



**Fig. 4.46:** Desplazamiento elemento N° 15853  
(Fuente: Autor)

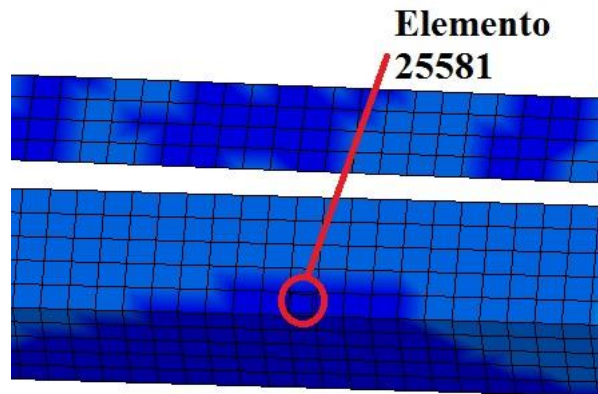
La curva del desplazamiento del elemento 15853 tiene un desplazamiento de 17,733mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 12.1.3.1 El desplazamiento máximo del punto central de aplicación de cada fuerza establecida en el subcapítulo 12.2.2.1, medido como se indica en el subcapítulo 12.1.2, no sobrepasa los 100mm, como se muestra en la figura 4.47





**Fig. 4.47:** Curva desplazamiento elemento N° 15853  
(Fuente: autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.48 con un desplazamiento mínimo en el elemento 25581 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.48:** Elemento N° 25581 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)





#### 4.2.8.4 Simulación aplicando la carga en el asiento de 1020 mm posición 130°

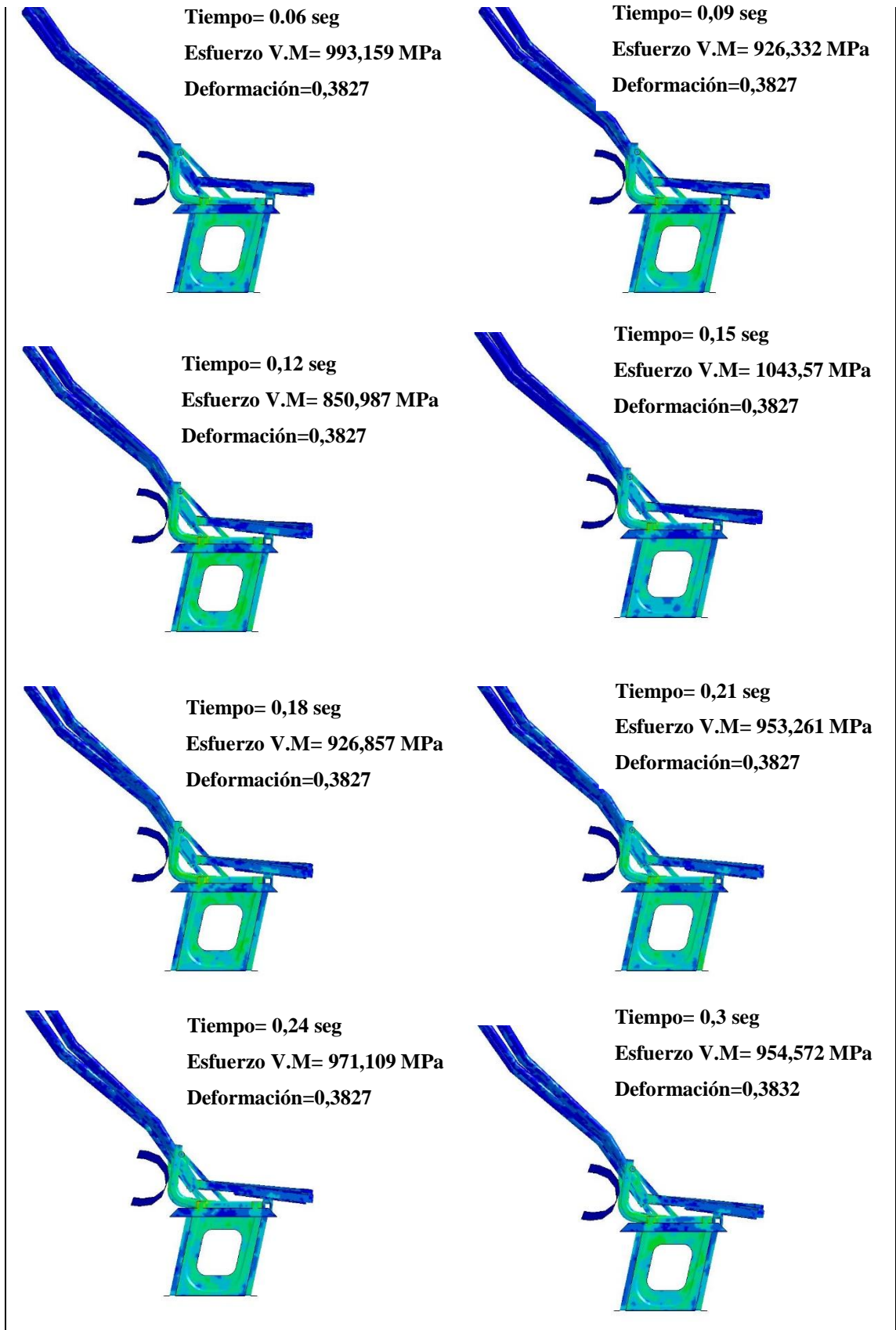
Se aplicó la carga de 37000N en el pistón, como se muestra en la figura 4.49 esto se realiza para obtener los desplazamientos del asiento durante el tiempo de aplicación de la carga.



**Fig. 4.49:** Aplicación de la carga de 37000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.19:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 8

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	08	Muestra de:	Asiento 1020mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	48942	Cantidad de elementos	47630
Tiempo de procesamiento	36 horas 18 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	37000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
<p><b>Tiempo= 0 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b>  <b>Deformación=0 mm</b></p> 		<p><b>Tiempo= 0,03 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 885,551 MPa</b>  <b>Deformación=0,3826</b></p> 	

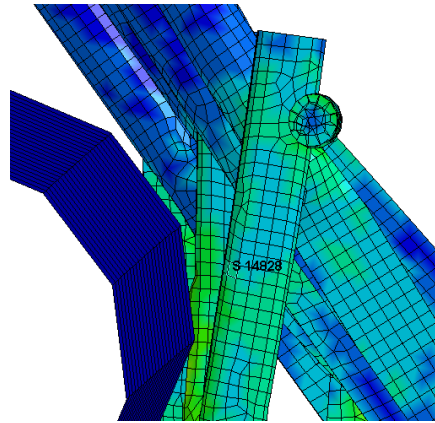


Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 37000 N aplicada.

Si

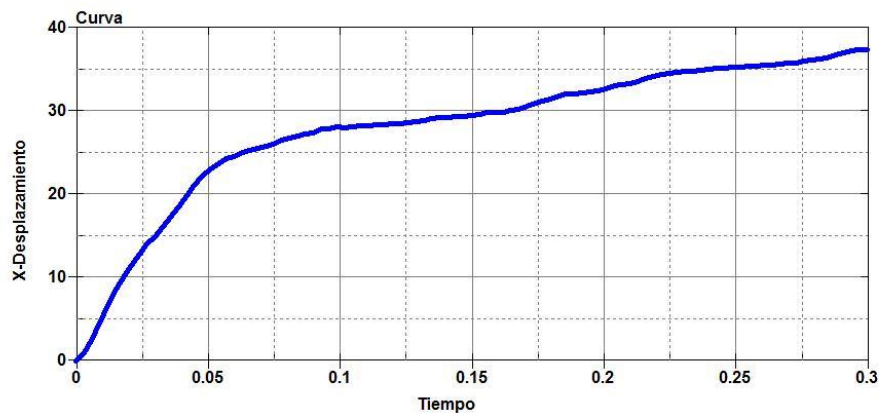
(Fuente: Autor)

Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.50 durante el tiempo de aplicación de la carga.



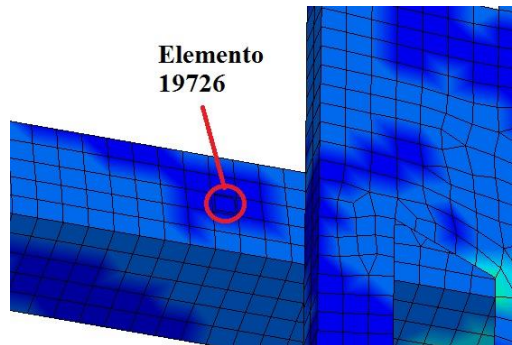
**Fig. 4.50:** Desplazamiento elemento N° 14828  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 14828 con un desplazamiento de 37,464mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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 100mm, como se muestra en la figura 4.51



**Fig. 4.51:** Curva desplazamiento elemento N° 14828  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada el color azul como se observa en la figura 4.52 con un desplazamiento mínimo en el elemento 19726 sufrido durante la aplicación

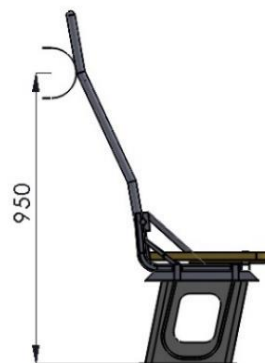


**Fig. 4.52:** Elemento N° 19726 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### **4.2.9 Análisis de aplicación de la carga en el asiento 960 mm a tiempo 0,2 seg a diferentes posiciones**

##### **4.2.9.1 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 100°**

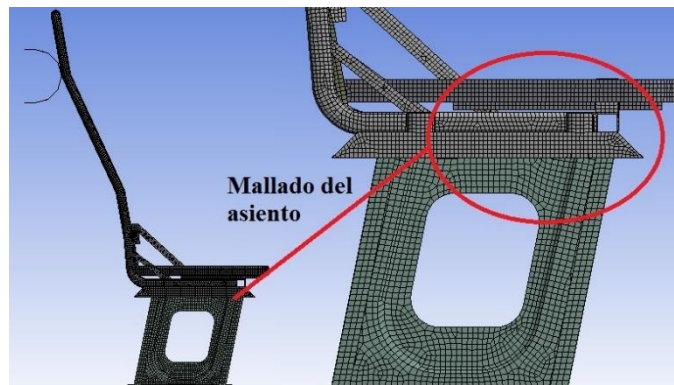
El pistón se coloca a una altura de 950 mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.53 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (anexo A2).



**Fig. 4.53:** Ensamble del asiento y pistón  
(Fuente: Autor)

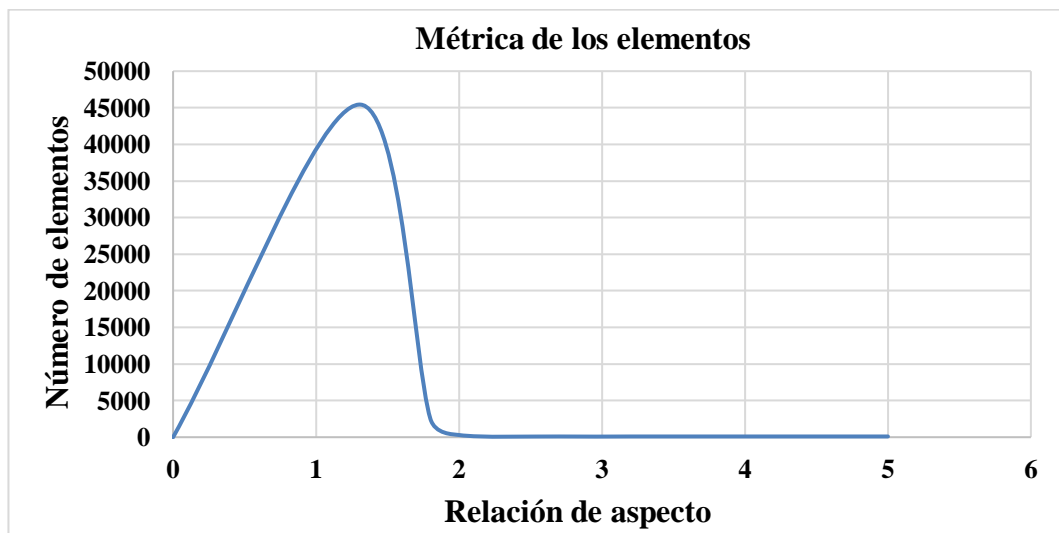
Para el mallado de la estructura del asiento de bus interprovincial de acuerdo a su geométrica, se especifica que el espaldar y la base se malla con un tamaño de 5mm,

el cojín se malla con un valor de 4mm, la pata del asiento con un valor de 8mm, se refina ciertas partes del asiento con un tamaño de 3mm como son la barrilla corruga q se encuentra en el espaldar, y las uniones entre el espaldar y la base del asiento ya que de esta manera podemos obtener resultados más fiables y el pistón se malla con el valor de 40mm esto se realiza para obtener valores cercanos a los reales durante todo el tiempo que dura la aplicación de la carga, como se observa en la figura 4.54



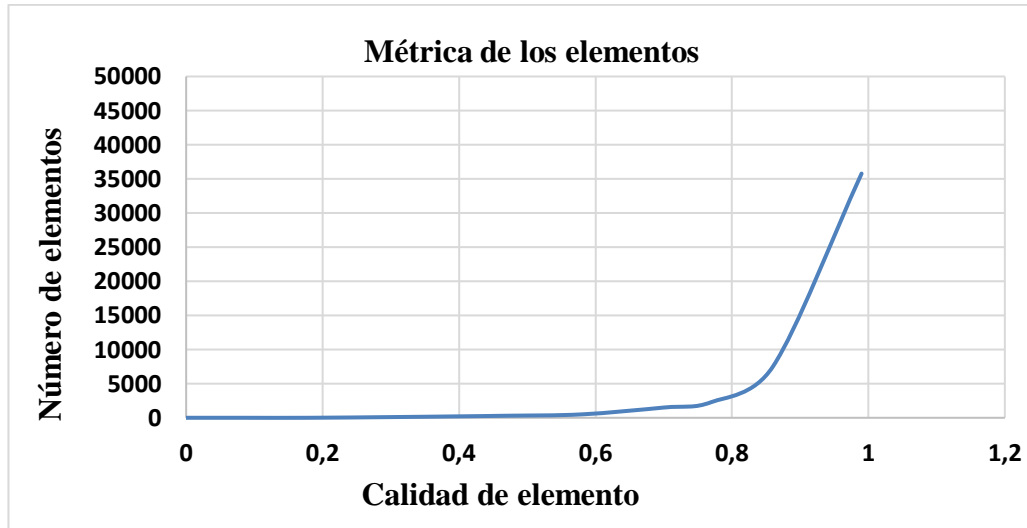
**Fig. 4.54:** Mallado del asiento y pistón  
(Fuente: Autor)

Se indica la cantidad de elementos en el eje Y, así también se puede observar el valor de la Relación de aspecto en el eje X, con un valor mínimo de 1 y un valor máximo de 5,18. Siendo el valor predominante de 1,3 con 45435 elementos y está dentro de la caracterización de la relación de aspecto, como se ve en la figura 4.55



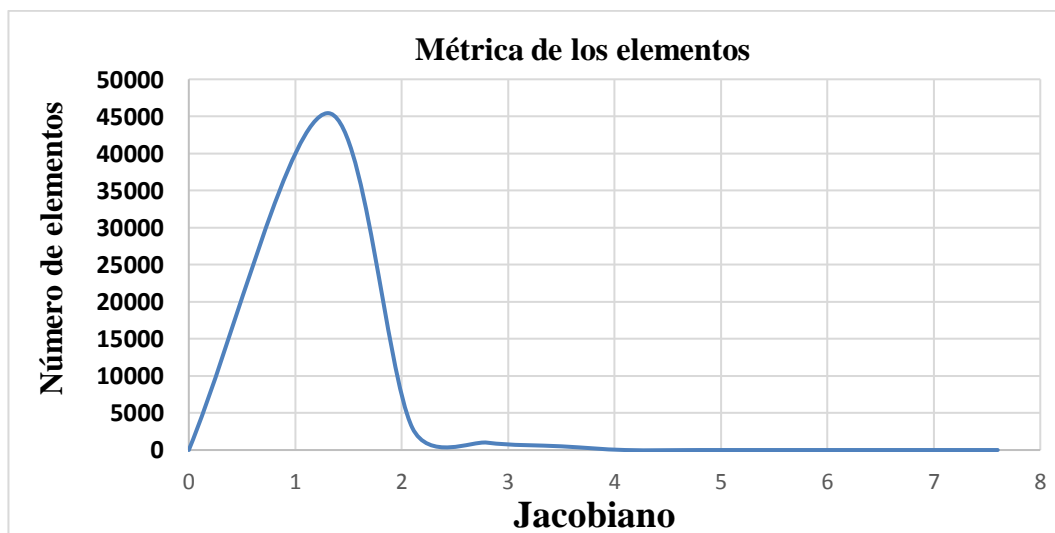
**Fig. 4.55:** Relación de aspecto vs el número de elementos del asiento de 960 mm  
(Fuente: Autor)

Se indica la cantidad de elementos en el eje Y, también se muestra la Calidad de Elemento en el eje X, con un valor mínimo de  $3,51e-2$  y un valor máximo de  $0,9996$ . Siendo el valor predominante de  $0,99$  con  $35774$  elementos y está dentro de la caracterización de la calidad de elemento, como se muestra en la figura 4.56



**Fig. 4.56:** Calidad elemento vs el número de elementos del asiento de 960 mm  
(Fuente: Autor)

Se indica la cantidad de elementos en el eje Y, así también se puede observar el valor Jacobiano en el eje X, con un valor mínimo de  $1$  y un valor máximo de  $7,84$ . Siendo el valor predominante de  $1,3$  con  $45434$  elementos y está dentro de la caracterización de Jacobiano, como se muestra en la figura 4.57



**Fig. 4.57:** Jacobiano vs el número de elementos del asiento de 960 mm  
(Fuente: Autor)

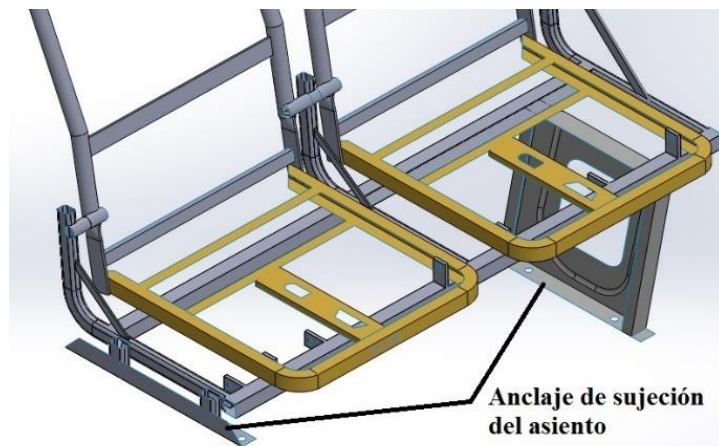


El modelo de material seleccionado en el software de elementos finitos para la simulación en los análisis se dice que es un tipo Mat 24 MAT\_PIECEWISE\_LINEAR\_PLASTICITY, es un material elasto-plástico con una tensión arbitraria respecto a la curva tensión y la dependencia de la velocidad de deformación arbitraria puede ser definida.

Para el análisis de la simulación se coloca el espaldar a una inclinación de 100° como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo A3).

El asiento es fijado en las partes de anclaje diseñadas por la empresa Sistemas de Asientos American como muestra la figura: 4.58 el contacto del anclaje del asiento con el piso del autobús se asume que está pegado las caras del anclaje con la cara del piso del bus.

Todos los elementos que conforman el asiento para el análisis están interactuando entre sí, por lo que se asume que están en fricción durante el tiempo de análisis.



**Fig. 4.58:** Anclaje de sujeción del asiento  
(Fuente: Autor)

Para el análisis de aplicación de la carga en el asiento de 960 mm se procede aplicar la carga como indica la norma NTE INEN 2708 en el apéndice 12.2.2.1 en la altura H1 de 950mm donde la carga aplicada bajo la norma no cumple con el desplazamiento exigido en la norma apéndice 12.1.2; 12.1.3.1 y 12.1.3.2 por lo que

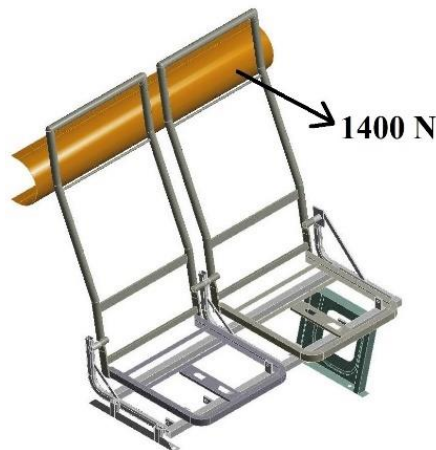


se realizó varias pruebas como se muestra en la tabla 4.20 encontrando la carga que cumple con desplazamiento para cada uno de los análisis, por lo cual se acepta como válida para el análisis del asiento interprovincial como se muestra en la figura 4.59 esto se realiza para obtener los desplazamientos del espaldar del asiento en el tiempo de 0,2 y 0,3 (seg) que dura la aplicación de la carga.

**Tabla 4.20:** Carga aplicada al pistón para cada análisis del asiento de 960 mm



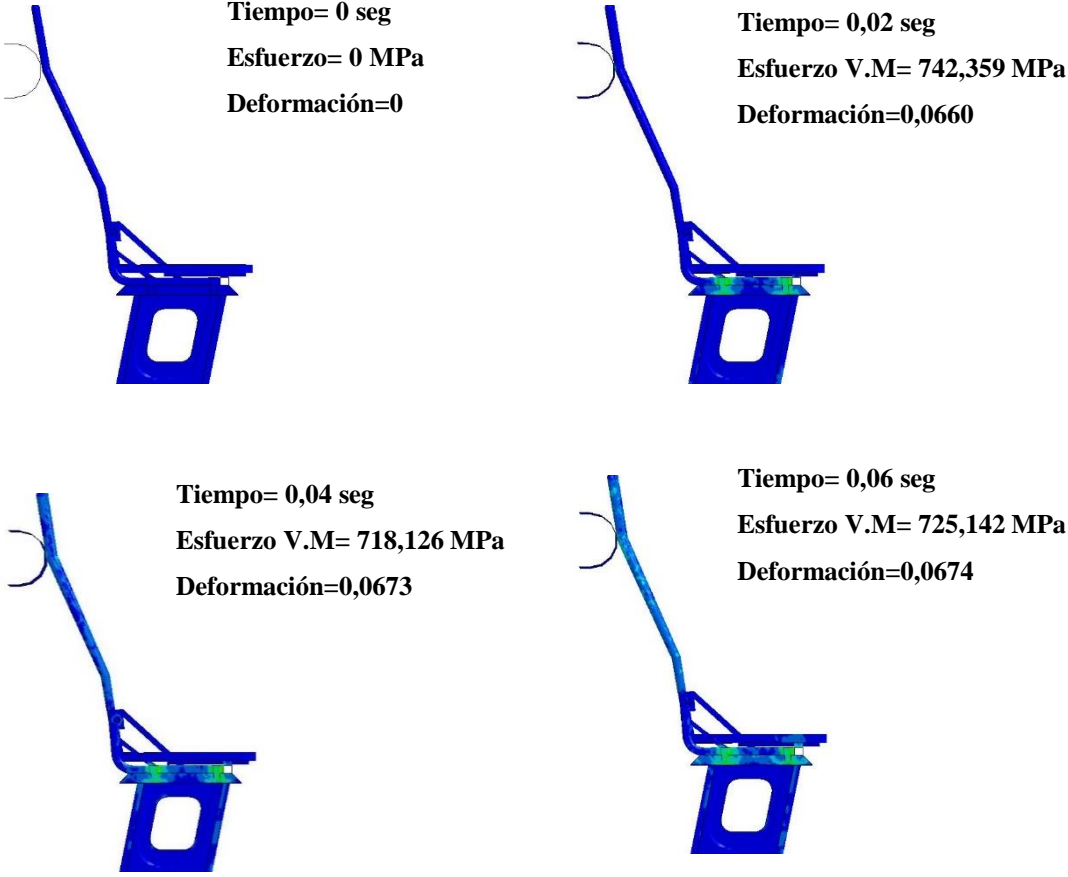
ASIENTO INTERPROVINCIAL 960 mm	FUERZA ALTURA (H1)	FUERZA ALTURA (H2)	CUMPLE
DOBLE ASIENTO POSICION RECLINACION 100°	51,05 (N)	105,26(N)	NO
	200 (N)	1333 (N)	NO
	400 (N)	2666 (N)	NO
	600 (N)	3999 (N)	NO
	800 (N)	5332 (N)	NO
	1200 (N)	6665 (N)	NO
	1400 (N)	8000 (N)	SI
DOBLE ASIENTO POSICION RECLINACION 130°	51,30 (N)	105,26(N)	NO
	667 (N)	1333 (N)	NO
	1333 (N)	2666 (N)	NO
	2000 (N)	3999 (N)	NO
	2667 (N)	5332 (N)	NO
	3334 (N)	6665 (N)	NO
	4000(N)	8000 (N)	SI

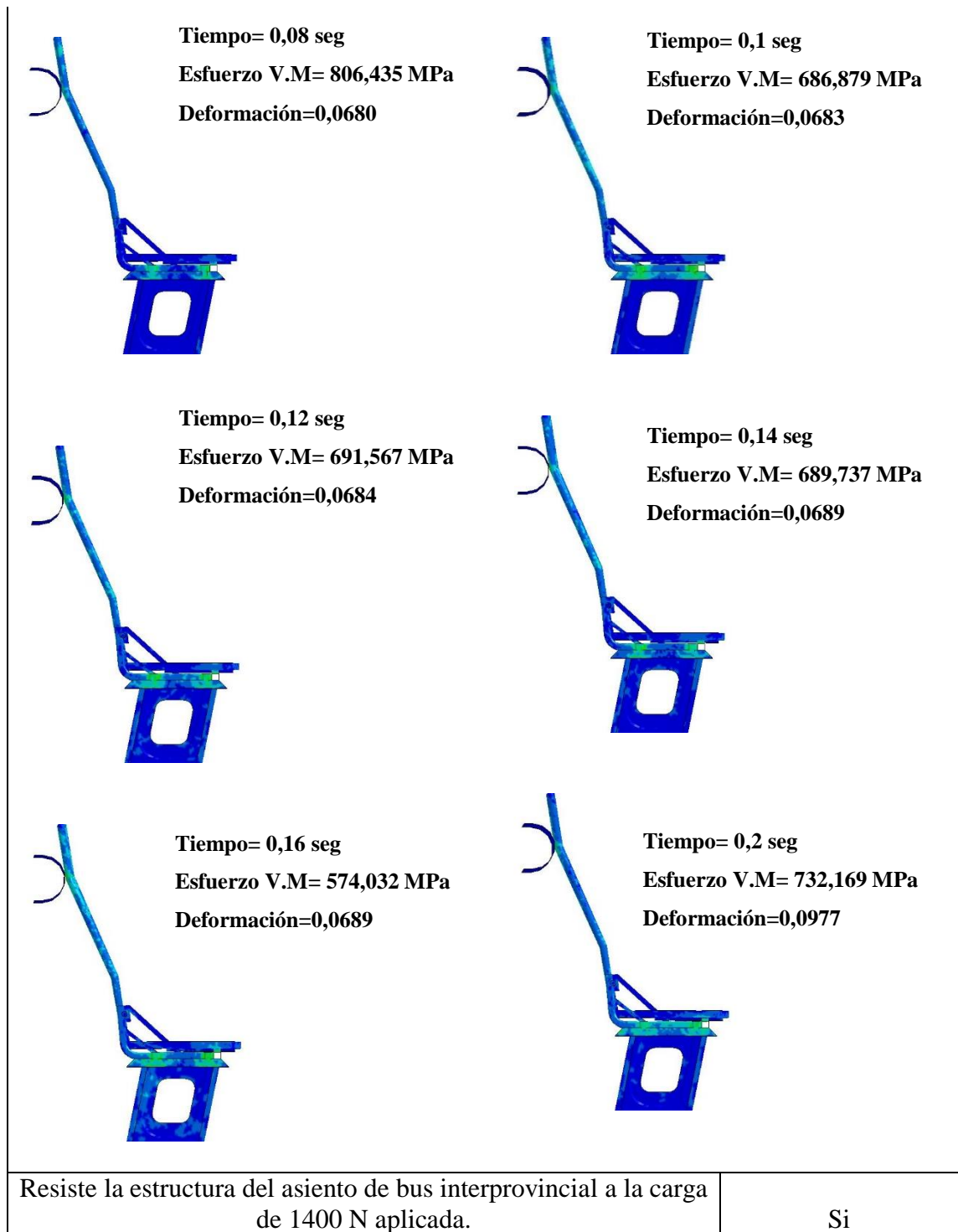
(Fuente: Autor)



**Fig. 4.59:** Aplicación de la carga de 1400 N  
(Fuente: Autor)

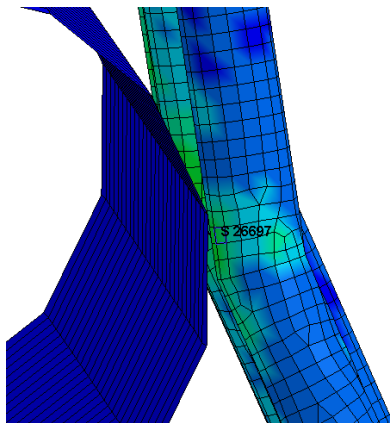
**Tabla 4.21:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 9

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	09	Muestra de:	Asiento 960mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52601	Cantidad de elementos	51093
Tiempo de procesamiento	22 horas 45 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	1400 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
			



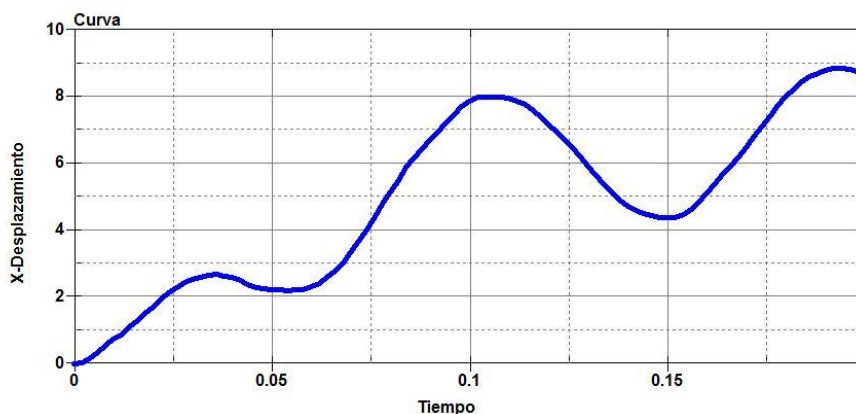
(Fuente: Autor)

De los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene el elemento 26697 como se indica en la figura 4.60 durante el tiempo de aplicación de la carga.



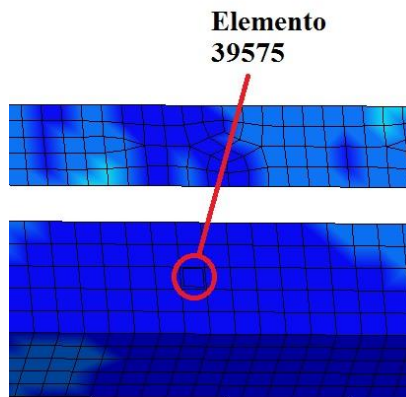
**Fig. 4.60:** Desplazamiento elemento N° 26697  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 26697 con un desplazamiento de 8,8539mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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, como se ve en la figura 4.61



**Fig. 4.61:** Curva desplazamiento elemento N° 26697  
(Fuente: Autor)

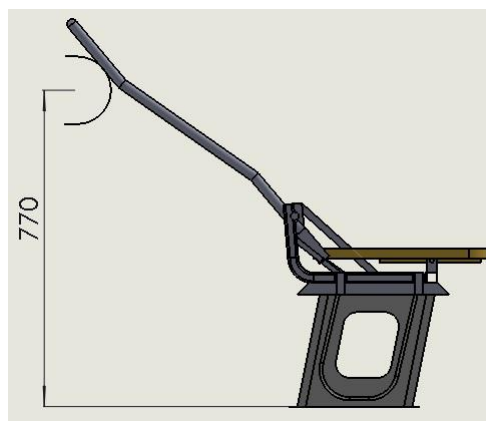
La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.62 con una deformación mínima en el elemento 39575 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.62:** Elemento N° 39575 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.9.2 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 130°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 130° como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo A3), y el pistón se coloca a una altura de 770mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.63 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (anexo A2).







**Fig. 4.63:** Asiento posición inclinada  
(Fuente: Autor)

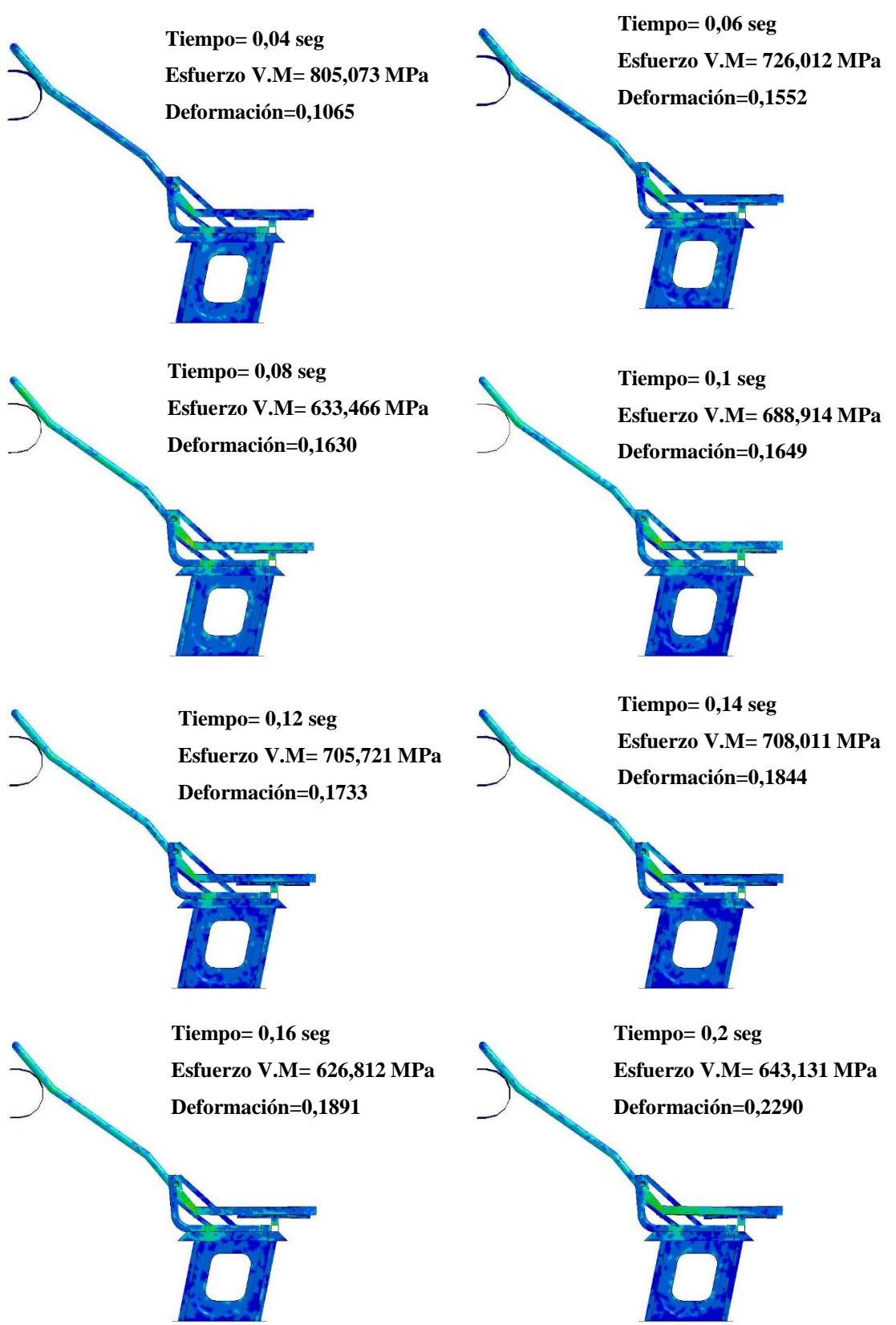
Se aplicó la carga de 4000 N en el pistón porque luego de varias pruebas se encontró que es la carga equivalente para el análisis, como se muestra en la figura 4.64



**Fig. 4.64:** Aplicación de la carga de 4000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.22:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 10

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	10	Muestra de:	Asiento 960mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52600	Cantidad de elementos	51089
Tiempo de procesamiento	23 horas	Numero de procesadores	8 procesadores
	35 minutos		
Carga aplicada	4000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
 <p><b>Tiempo= 0 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b>  <b>Deformación=0</b></p>		 <p><b>Tiempo= 0,02 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 795,93 MPa</b>  <b>Deformación=0,0692</b></p>	



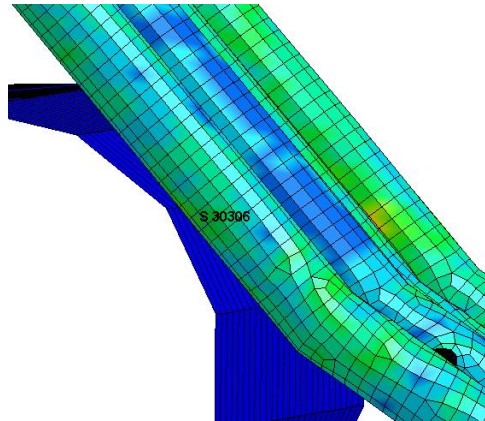
Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 4000 N aplicada.

Si

(Fuente: Autor)

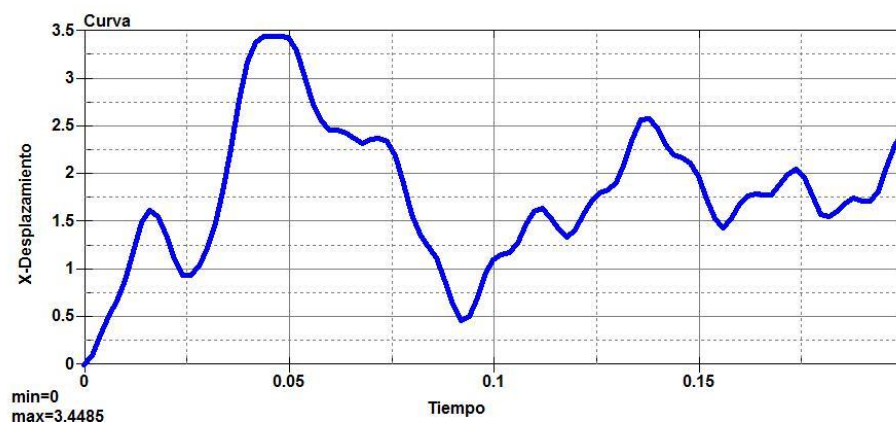


Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene el elemento 30306 como se indica en la figura 4.65 durante el tiempo de aplicación de la carga.



**Fig. 4.65:** Desplazamiento elemento N° 30306  
(Fuente: Autor)

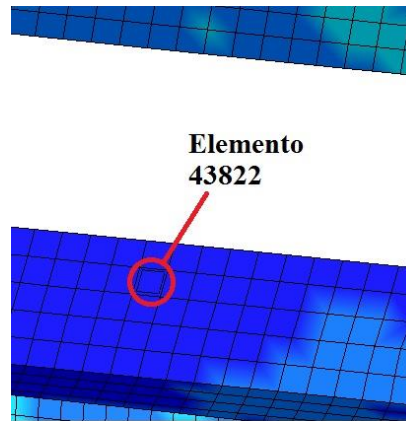
La curva del desplazamiento del elemento 30306 con un desplazamiento de 3,4485mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 12.1.2: Se considerará que se cumplen los requisitos del subcapítulo 12.1.1.1 si el desplazamiento máximo del punto central de aplicación de cada fuerza establecida en el subcapítulo 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, como se ve en la figura 4.66



**Fig. 4.66:** Curva desplazamiento elemento N° 30306  
(Fuente: Autor)



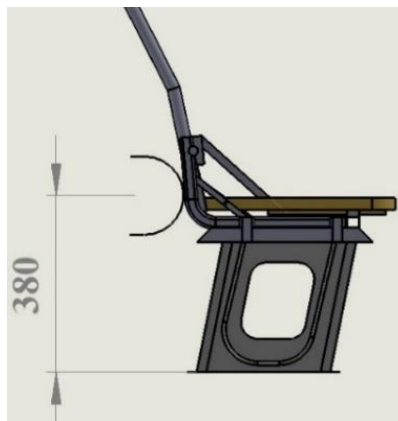
La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul del a figura 4.67 con un desplazamiento mínimo del elemento 43822 durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.67:** Elemento N° 43822 de la base del asiento  
(Fuente: autor)

#### 4.2.9.3 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 100°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 100° como indica la norma RTE INEN 043(ver anexo: A3), y el pistón se coloca a una altura de 380mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.68 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (anexo A2).





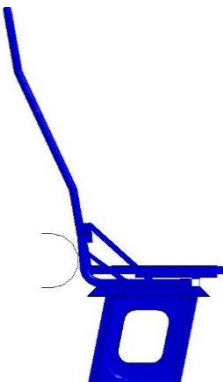
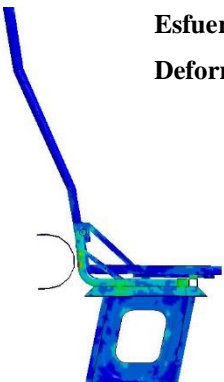
**Fig. 4.68:** Asiento posición del pistón bajo  
(Fuente: Autor)

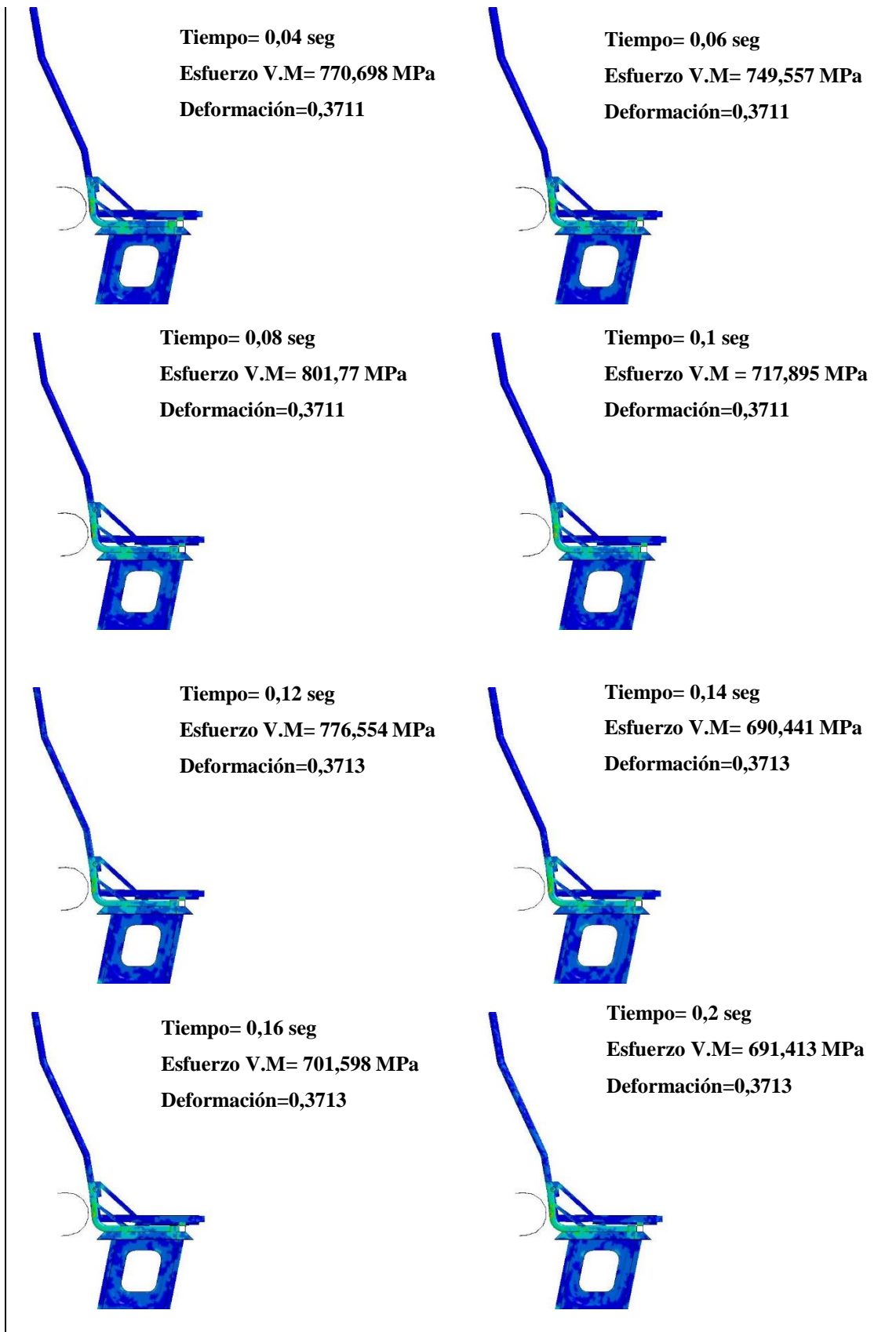
Se aplicó la carga de 8000N en el pistón porque luego de varias pruebas se encontró que es la carga equivalente para el análisis, como se muestra en la figura 4.69



**Fig. 4.69:** Aplicación de la carga de 8000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.23:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 11

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	11	Muestra de:	Asiento 960mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52600	Cantidad de elementos	51089
Tiempo de procesamiento	26 horas 13 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	8000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
<b>Tiempo= 0 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b> <b>Deformación=0</b>		<b>Tiempo= 0,02 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 770,599 MPa</b> <b>Deformación=0,3711</b>	
			

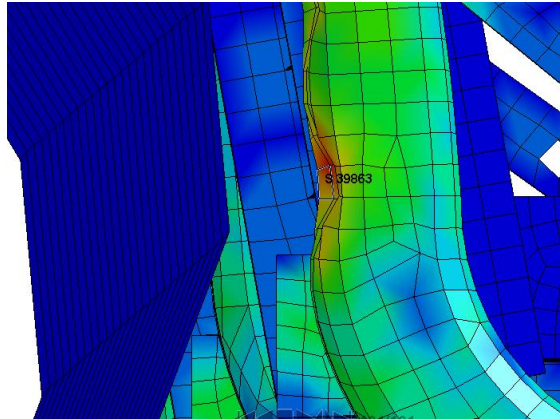


Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 8000 N aplicada.

Si

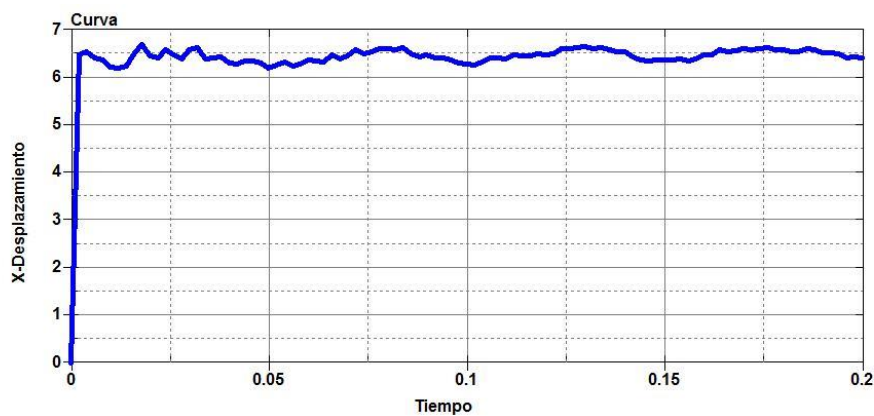
(Fuente: Autor)

Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.70 durante el tiempo de aplicación de la carga.



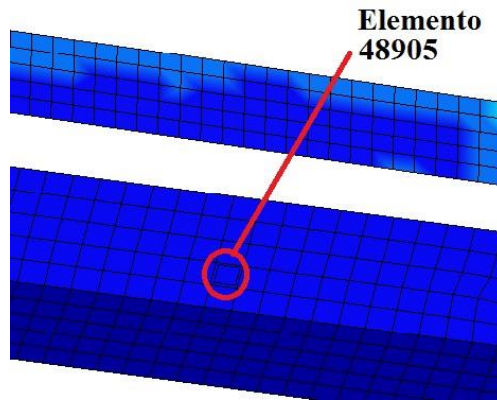
**Fig. 4.70:** Desplazamiento elemento N° 39863  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 39863 tiene un desplazamiento de 6,7048mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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 100mm, como se muestra en la figura 4.71



**Fig. 4.71:** Curva desplazamiento elemento N° 39863  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.72 con un desplazamiento mínimo en el elemento 48905 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.72:** Elemento N° 48905 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)





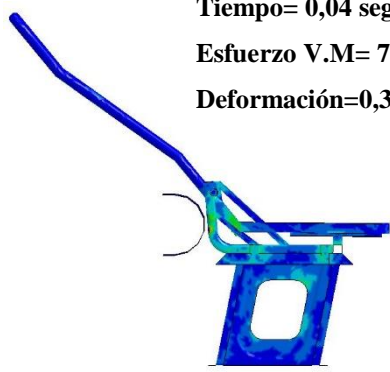
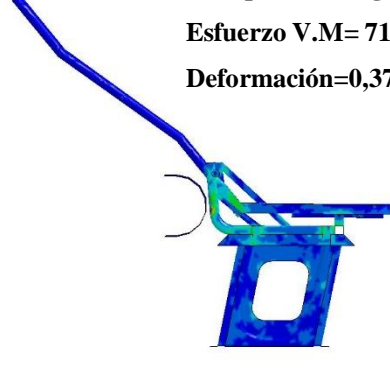
#### 4.2.9.4 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 130°

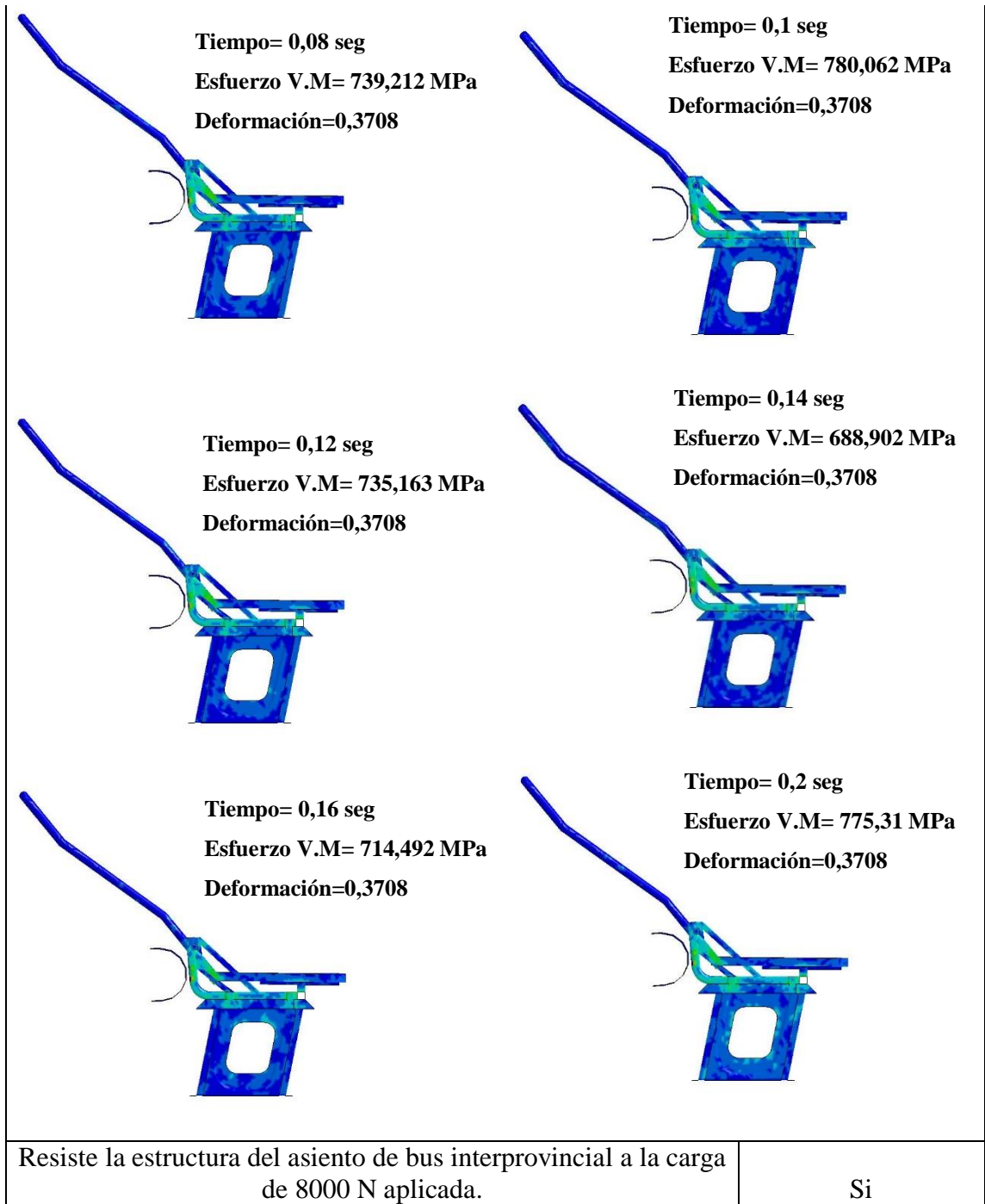
Se aplicó la carga de 8000N en el pistón porque luego de varias pruebas se encontró que es la carga equivalente para el análisis, como se muestra en la figura 4.73 esto se realiza para obtener los desplazamientos del asiento durante el tiempo de aplicación de la carga.



**Fig. 4.73:** Aplicación de la carga de 8000 N  
(Fuente: Autor)

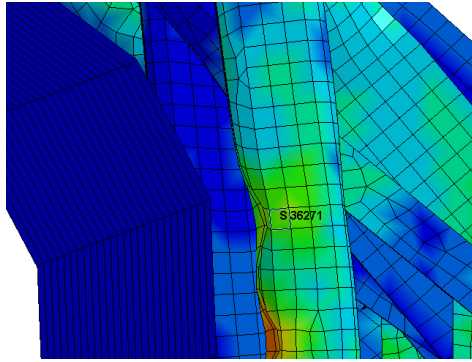
**Tabla 4.24:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 12

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	12	Muestra de:	Asiento 960mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52604	Cantidad de elementos	51094
Tiempo de procesamiento	26 horas 45 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	8000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
<p><b>Tiempo= 0 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b>  <b>Deformación=0</b></p> 		<p><b>Tiempo= 0,02 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 744,472 MPa</b>  <b>Deformación=0,3708</b></p> 	
<p><b>Tiempo= 0,04 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 754,4 MPa</b>  <b>Deformación=0,3708</b></p> 		<p><b>Tiempo= 0,06 seg</b>  <b>Esfuerzo V.M= 716,213 MPa</b>  <b>Deformación=0,3708</b></p> 	



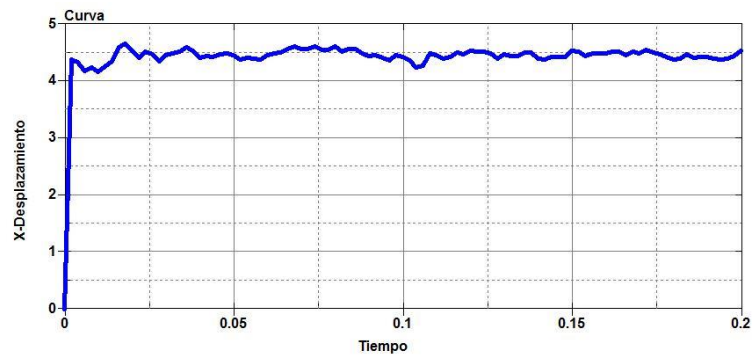
Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.74 durante el tiempo de aplicación de la carga.





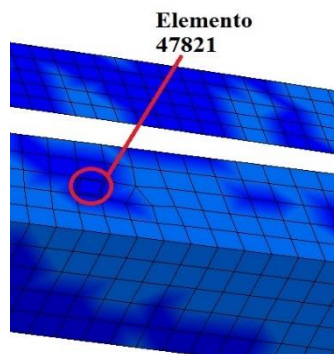
**Fig. 4.74:** Desplazamiento elemento N° 36271  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 36271 con un desplazamiento de 4,6627mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 12.1.3.1, no sobrepasa los 100mm, como se muestra en la figura 4.75



**Fig. 4.75:** Curva desplazamiento elemento N° 36271  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada el color azul como se observa en la figura 4.76 con un desplazamiento mínimo en el elemento 47821 sufrido durante la aplicación



**Fig. 4.76:** Elemento N° 47821 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)



#### 4.2.10 Análisis de aplicación de la carga en el asiento 960 mm a tiempo 0,3 seg a diferentes posiciones

##### 4.2.10.1 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 100°

Se procede aplicar una carga de 1400 N en el pistón, el mismo que esta aplicado a la estructura del asiento de bus interprovincial como se muestra en la figura 4.77 esto se realiza para obtener valores en el tiempo que dura la aplicación de la carga.

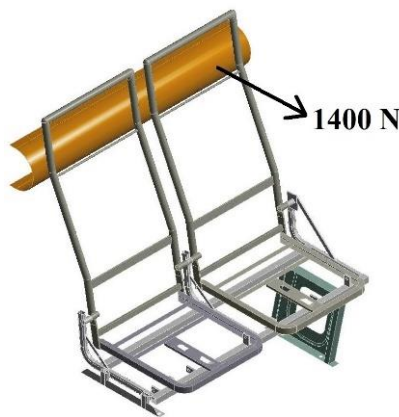
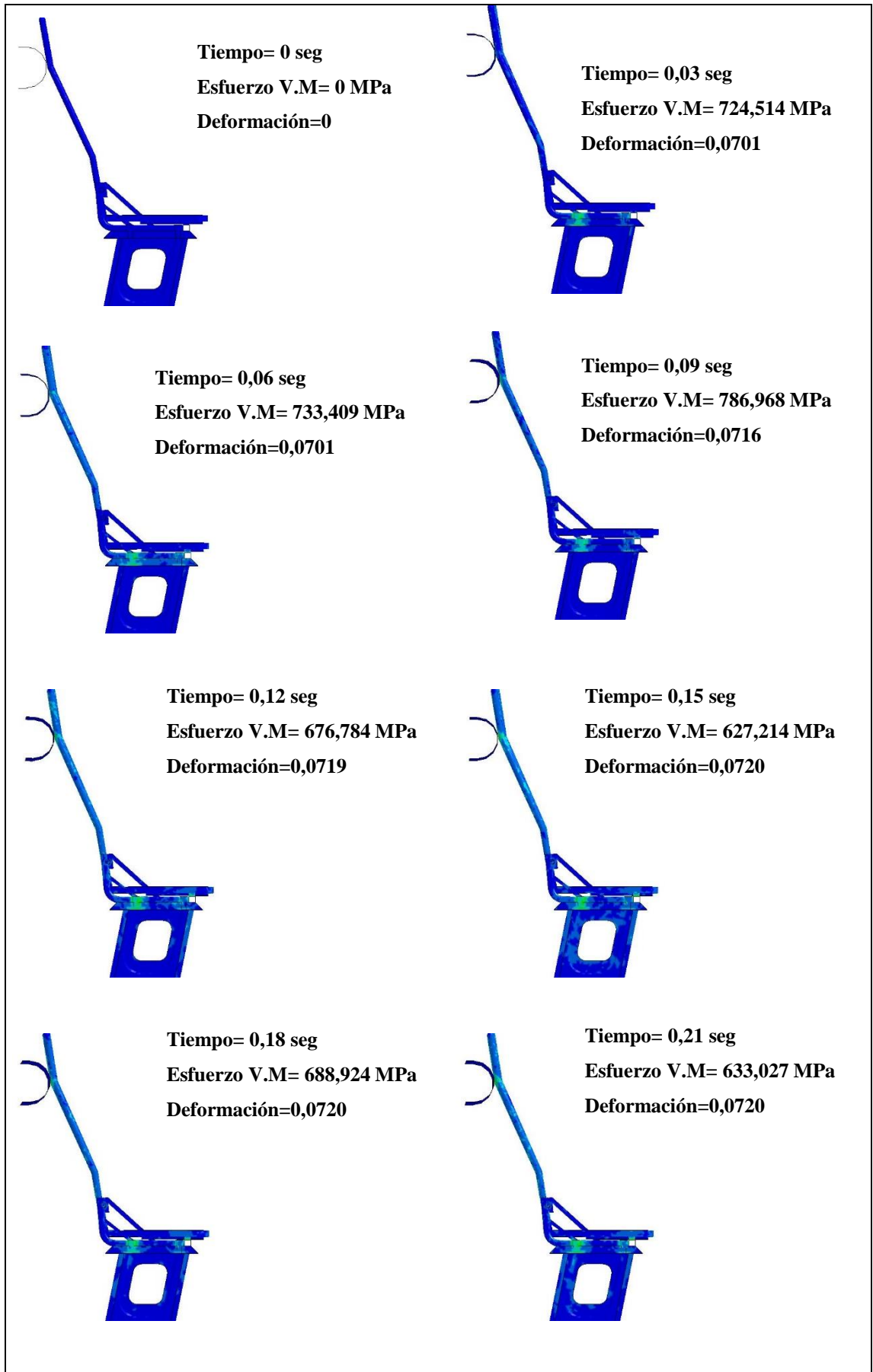




Fig. 4.77: Aplicación de la carga de 1400 N  
(Fuente: Autor)

Tabla 4.25: Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 13

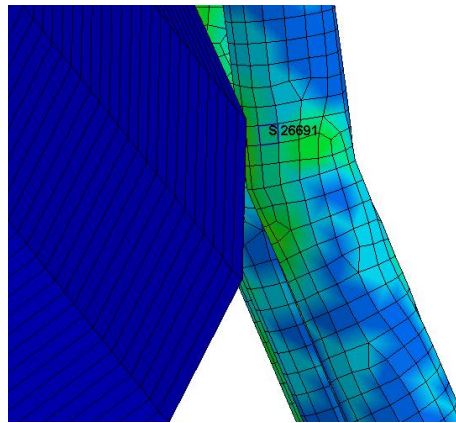
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	13	Muestra de:	Asiento 960mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52601	Cantidad de elementos	51093
Tiempo de procesamiento	34 horas 29 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	1400 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			



 <p>Tiempo= 0,24 seg Esfuerzo V.M= 654,912 MPa Deformación=0,0721</p>	 <p>Tiempo= 0,3 seg Esfuerzo V.M= 599,191 MPa Deformación=0,0721</p>
Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 1400 N aplicada.	Si

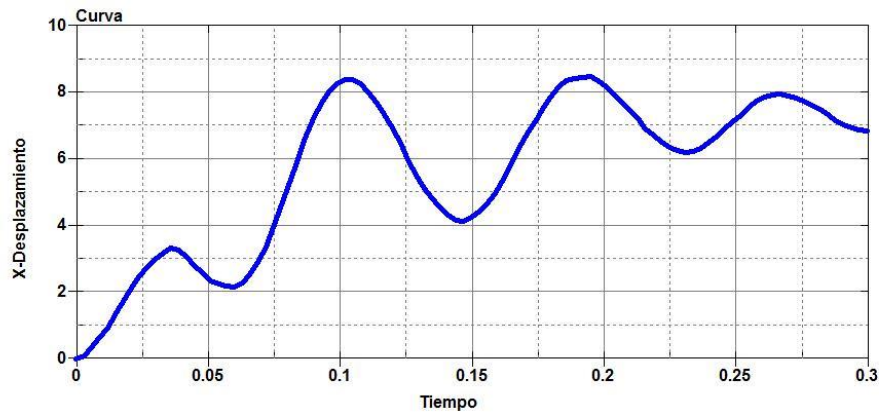
(Fuente: Autor)

De los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento, siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene en el elemento 26691 como se indica en la figura 4.78 durante el tiempo de aplicación de la carga.



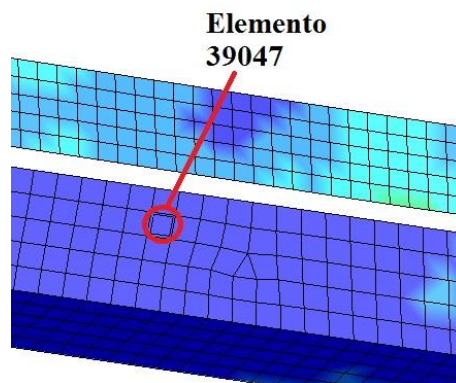
**Fig. 4.78:** Desplazamiento elemento N° 26691  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 26691 con un desplazamiento de 8,4779mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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, como se ve en la figura 4.79



**Fig. 4.79:** Curva desplazamiento elemento N° 26691  
(Fuente: Autor)

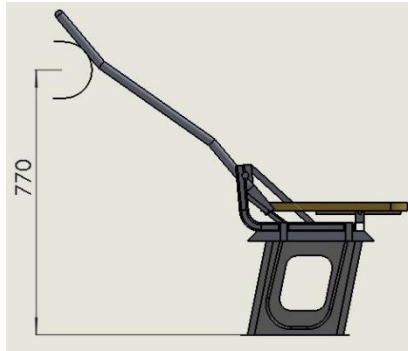
La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.80 con una deformación mínima en el elemento 39047 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.80:** Elemento N° 39047 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.10.2 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 130°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 130° como indica la norma RTE INEN 043(ver Anexo A3), y el pistón se coloca a una altura de 77 0mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.81 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (Anexo A2).



**Fig. 4.81:** Asiento posición inclinada  
(Fuente: Autor)

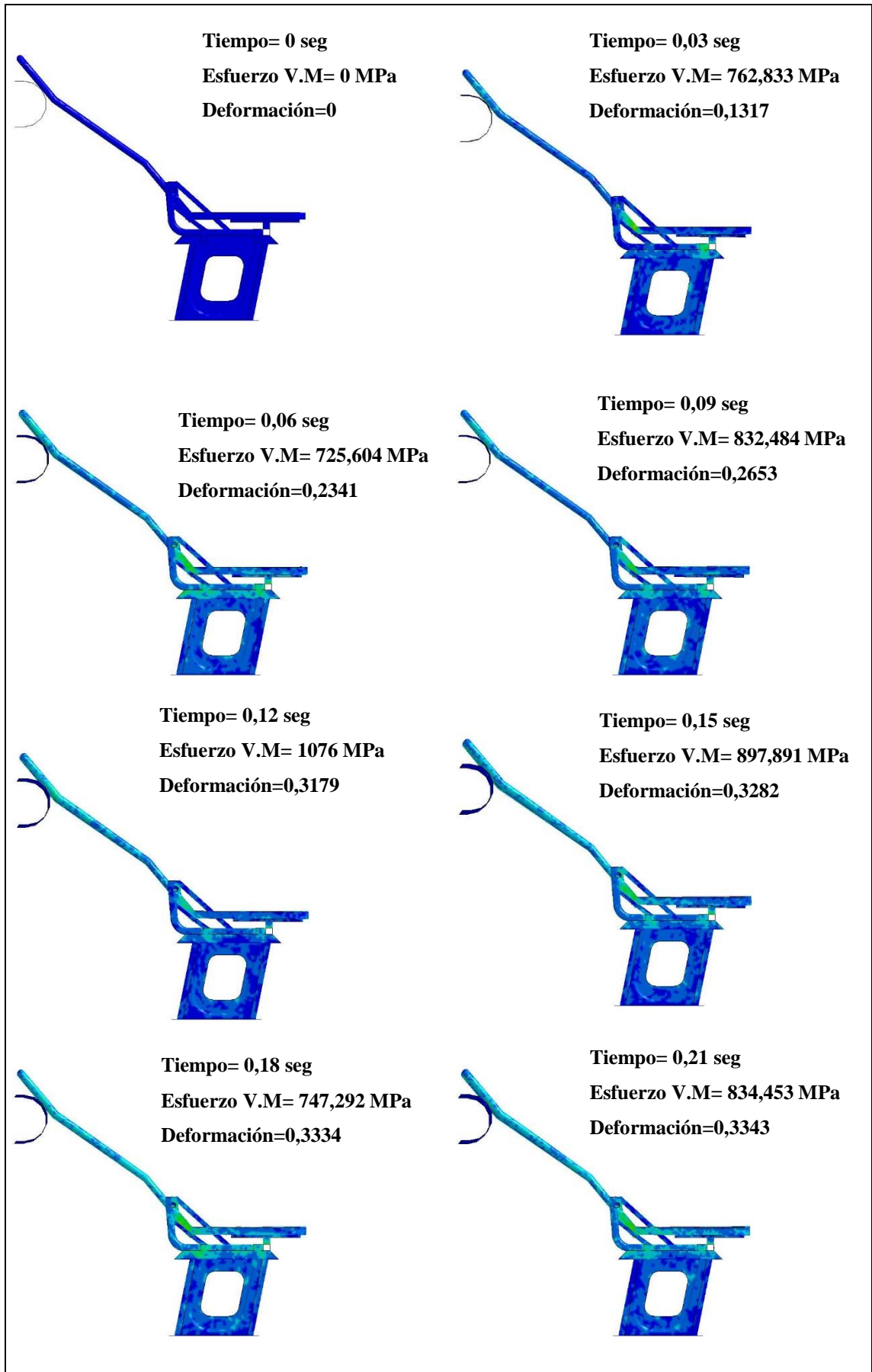
Se aplicó la carga de 4000 N en el pistón como se muestra en la figura 4.82 esto se realiza para obtener valores en el tiempo que dura la aplicación de la carga.

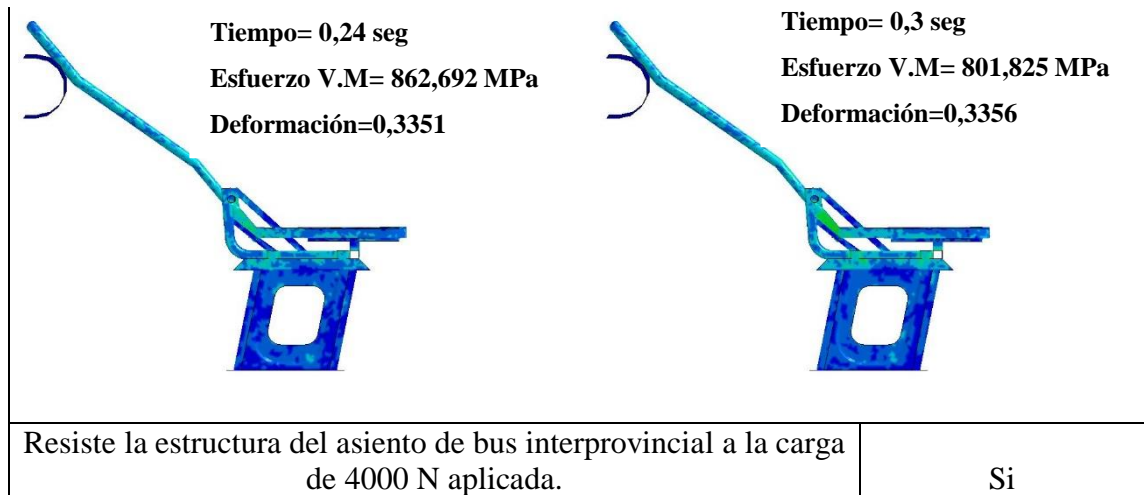


**Fig. 4.82:** Aplicación de la carga de 4000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.26:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 14

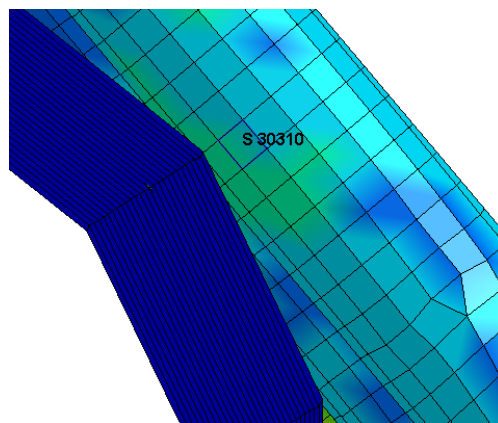
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	14	Muestra de:	Asiento 960mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52600	Cantidad de elementos	51089
Tiempo de procesamiento	35 horas 22 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	4000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			





(Fuente: Autor)

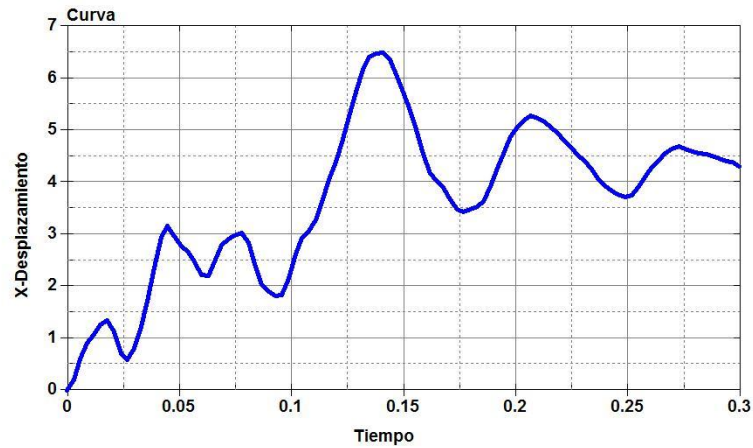
Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo el espaldar la parte del asiento que más desplazamiento tiene el elemento 30310 como se indica en la figura 4.83 durante el tiempo de aplicación de la carga.



**Fig. 4.83:** Desplazamiento elemento N° 30310  
(Fuente: Autor)

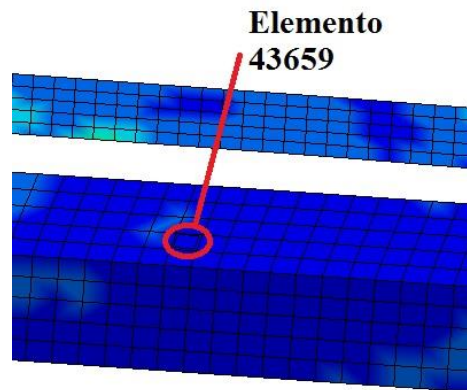
La curva del desplazamiento del elemento 30310 con un desplazamiento de 6,4926mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 12.1.2: Se considerará que se cumplen los requisitos del subcapítulo 12.1.1.1 si el desplazamiento máximo del punto central de aplicación de cada fuerza establecida en el subcapítulo 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, como se ve en la figura 4.84





**Fig. 4.84:** Curva desplazamiento elemento N° 30310  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul del a figura 4.85 con un desplazamiento mínimo del elemento 43659 durante la aplicación de la carga.

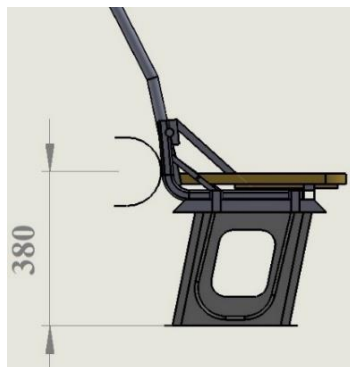


**Fig. 4.85:** elemento N° 43659 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

#### 4.2.10.3 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 100°

El análisis del asiento se realiza en una posición inclinada de 100° como indica la norma RTE INEN 043 ver (Anexo A3), y el pistón se coloca a una altura de 380mm en la parte posterior del asiento como se indica en la figura 4.86 para aplicar la carga de atrás hacia adelante como dice la norma 2708 en el apéndice 12 (Anexo A2).





**Fig. 4.86:** Asiento posición del pistón bajo  
(Fuente: Autor)

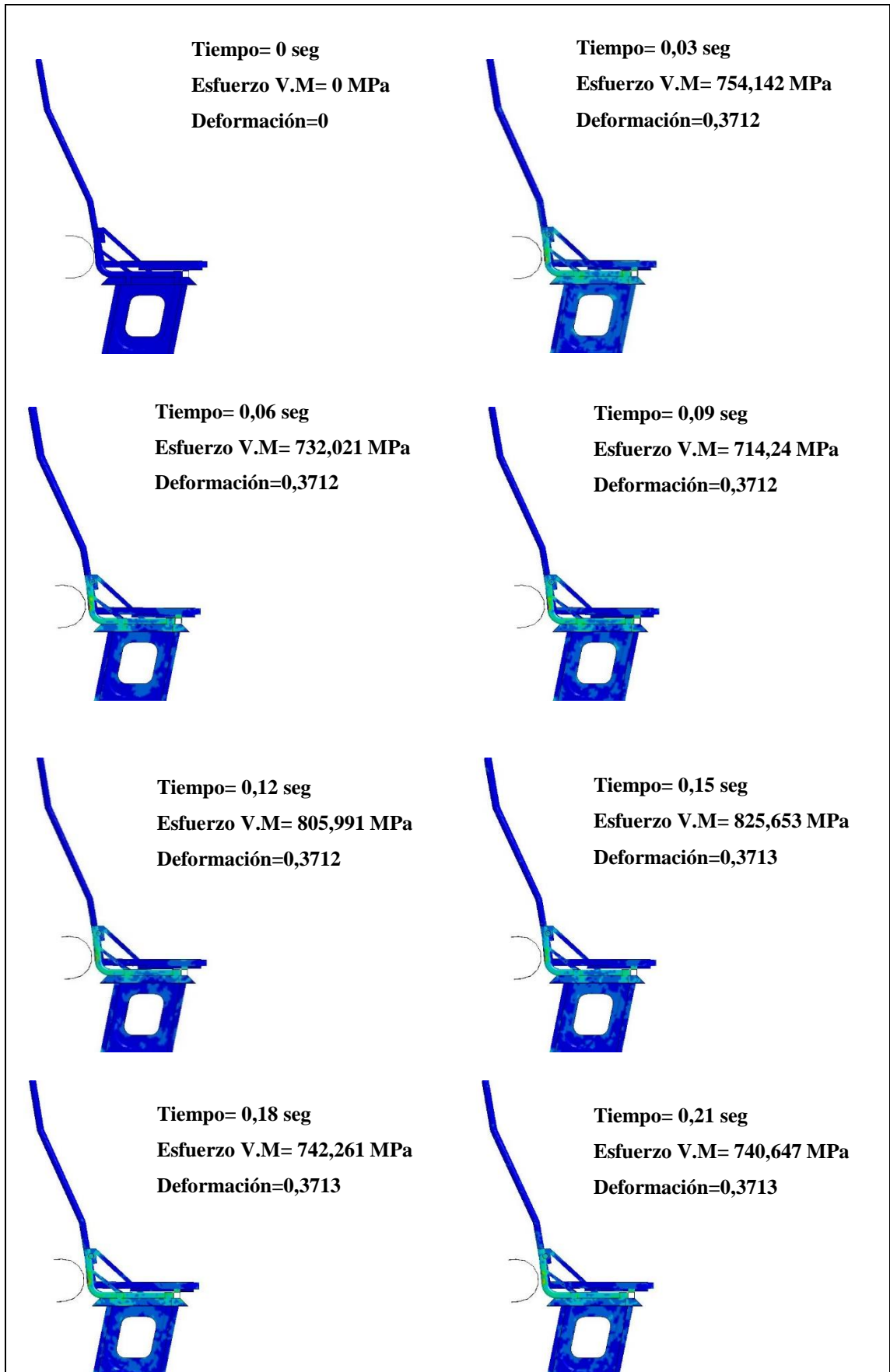
Se aplicó la carga de 8000N en el pistón, como se muestra en la figura 4.87 para obtener los desplazamientos del asiento durante el tiempo de aplicación de la carga.

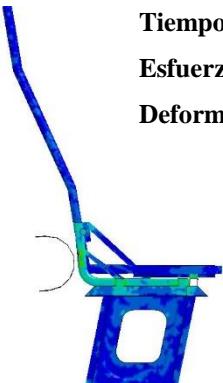
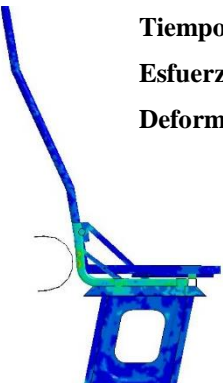


**Fig. 4.87:** Aplicación de la carga de 8000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.27:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 15

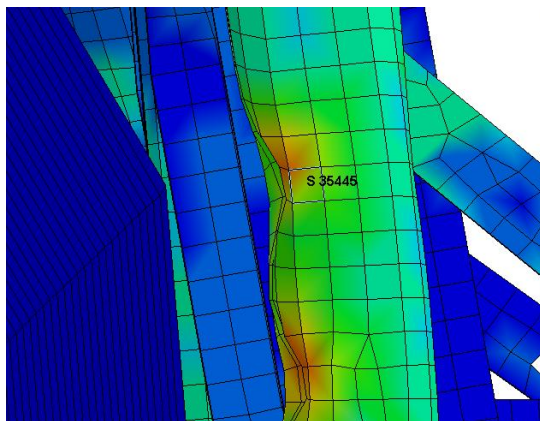
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	15	Muestra de:	Asiento 960mm posición 100°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52600	Cantidad de elementos	51089
Tiempo de procesamiento	34 horas 35 minutos	Numero de Procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	8000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			



 <p>Tiempo= 0,24 seg Esfuerzo V.M= 769,783 MPa Deformación=0,3720</p>	 <p>Tiempo= 0,3 seg Esfuerzo V.M= 734,467 MPa Deformación=0,3720</p>
Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 8000 N aplicada.	Si

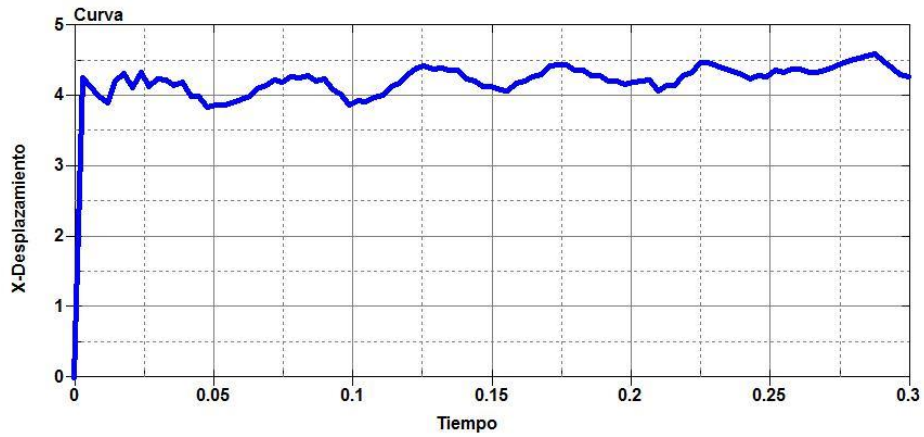
(Fuente: Autor)

Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.88 durante el tiempo de aplicación de la carga.



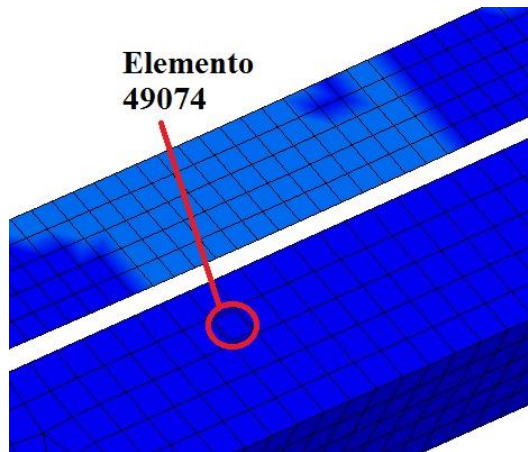
**Fig. 4.88:** Desplazamiento elemento N° 35445  
(Fuente: Autor)

La curva del desplazamiento del elemento 35445 tiene un desplazamiento de 4,6056mm cumpliendo con el apéndice de la normativa 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 100mm, como se muestra en la figura 4.89



**Fig. 4.89:** Curva desplazamiento elemento N° 35445  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada como indica el color azul de la figura 4.90 con un desplazamiento mínimo en el elemento 49074 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.90:** Elemento N° 49074 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)





#### 4.2.10.4 Simulación aplicando la carga en el asiento de 960 mm posición 130°

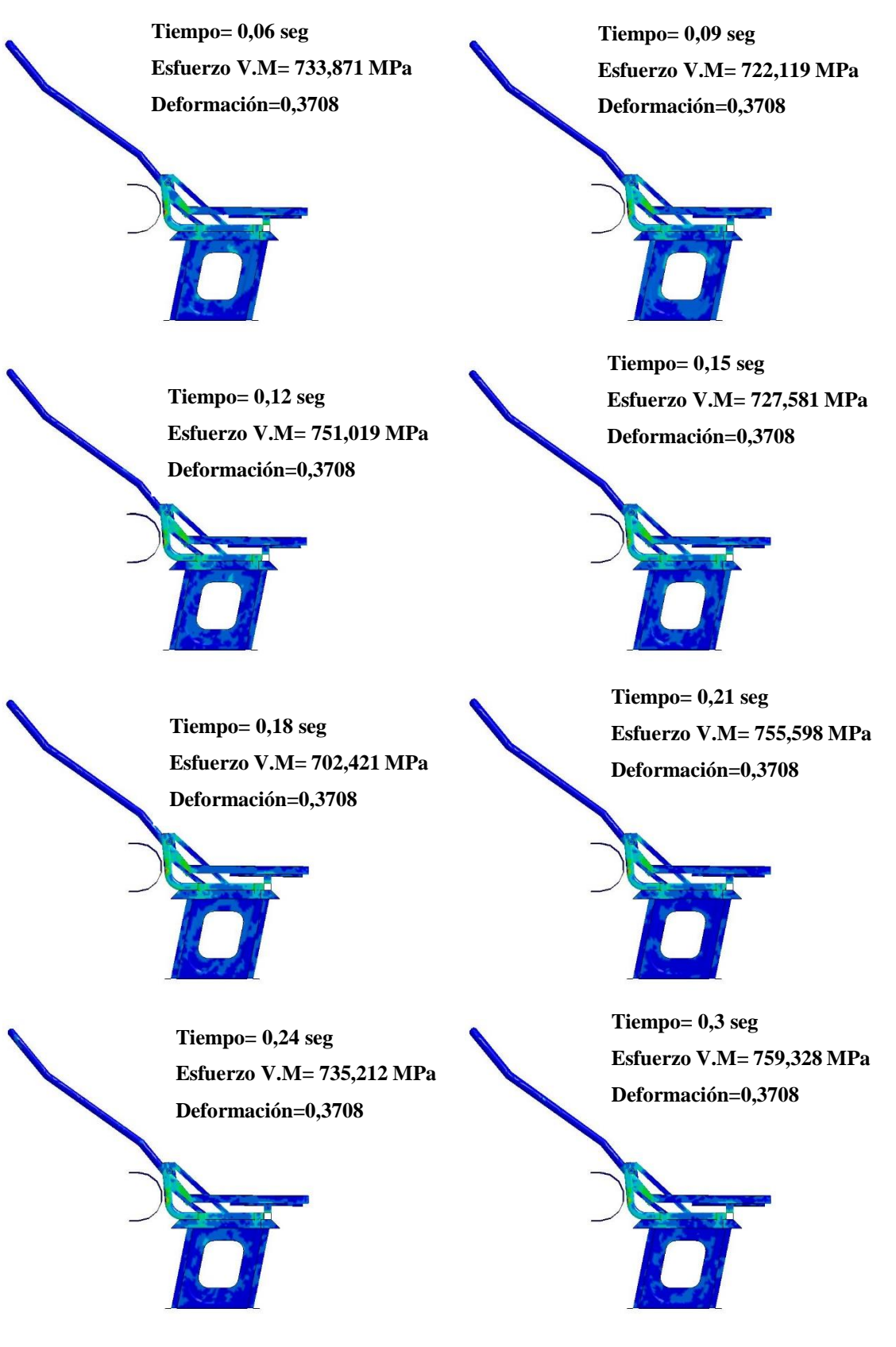
Se aplicó la carga de 8000N en el pistón, como se muestra en la figura 4.91 esto se realiza para obtener los desplazamientos del asiento durante el tiempo de aplicación de la carga.



**Fig. 4.91:** Aplicación de la carga de 8000 N  
(Fuente: Autor)

**Tabla 4.28:** Análisis de resultados aplicando la carga, simulación N° 16

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO</b> 			
Simulación:	16	Muestra de:	Asiento 960mm posición 130°
Normas Aplicables	Normativa NTE INEN 2708.		
Fecha de ejecución	27/05/2016	Realizado por:	Fausto Astudillo
		Revisado por:	Ing. César Arroba
Aspect Ratio Max:	5,18	Aspect Ratio Min:	1
Cantidad de nodos	52604	Cantidad de elementos	51096
Tiempo de procesamiento	33 horas 49 minutos	Numero de procesadores	8 procesadores
Carga aplicada	8000 N		
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
<b>Tiempo= 0 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 0 MPa</b> <b>Deformación=0</b>		<b>Tiempo= 0,03 seg</b> <b>Esfuerzo V.M= 741,12 MPa</b> <b>Deformación=0,3708</b>	
			

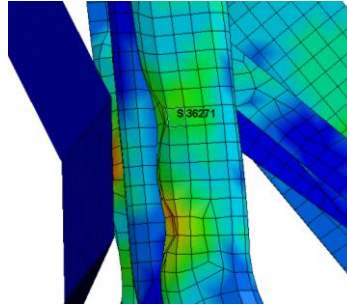


Resiste la estructura del asiento de bus interprovincial a la carga de 8000 N aplicada.	Si
---	----

(Fuente: Autor)

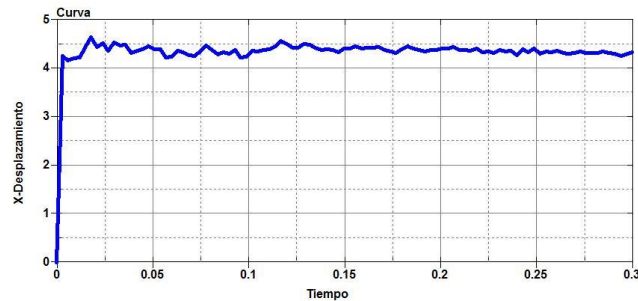


Con los resultados que se obtuvo durante la aplicación de la carga se analiza las partes de la estructura del asiento siendo la base del asiento la que más desplazamiento tiene como se indica en la figura 4.92 durante el tiempo de aplicación de la carga.



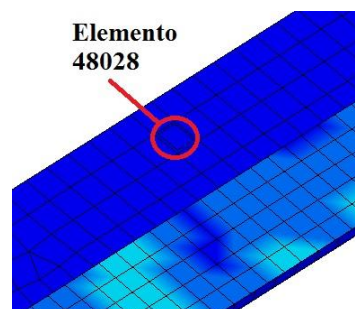
**Fig. 4.92:** Desplazamiento elemento N° 36271  
(Fuente: Autor)

El elemento 36271 con un desplazamiento de 4,6439mm cumpliendo con el apéndice de la norma 12.1.3, no sobrepasa los 100mm como se ve en la figura 4.93



**Fig. 4.93:** Curva desplazamiento elemento N° 36271  
(Fuente: Autor)

La resistencia de la estructura del asiento, en la base no sufre una deformación exagerada el color azul como se observa en la figura 4.94 con un desplazamiento mínimo en el elemento 19726 sufrido durante la aplicación de la carga.



**Fig. 4.94:** Elemento N° 19726 de la base del asiento  
(Fuente: Autor)

### 4.3 Verificación de la hipótesis

#### 4.3.1 Comparación de los desplazamientos a distintas posiciones y tiempos

Para verificar la hipótesis se procede con los resultados de la simulación de la estructura del asiento se toma en cuenta la aplicación de la carga, posiciones y tiempo de análisis para verificar que cumpla con los desplazamientos que nos exige la norma NTE INEN 2708 apéndice 12 ver (Anexo A2), como indica la tabla 4.29

**Tabla 4.29:** Análisis de desplazamientos aplicando las cargas

N°	Modelo de asiento	Tiempo (seg)	Carga (N)	Posición en grados (°)	Desplazamiento (mm)	Cumple con la Normativa NTE INEN 2708
1	1020	0,2	2800	100	169,43	Si
2	1020	0,2	2800	130	30,473	Si
3	1020	0,2	37000	100	10,613	Si
4	1020	0,2	37000	130	31,131	Si
5	1020	0,3	2800	100	221,86	Si
6	1020	0,3	2800	130	31,412	Si
7	1020	0,3	37000	100	17,733	Si
8	1020	0,3	37000	130	37,464	Si
9	960	0,2	1400	100	8,8539	Si
10	960	0,2	4000	130	3,4485	Si
11	960	0,2	8000	100	6,7048	Si
12	960	0,2	8000	130	4,6627	Si
13	960	0,3	1400	100	8,4779	Si
14	960	0,3	4000	130	6,4926	Si
15	960	0,3	8000	100	4,6056	Si
16	960	0,3	8000	130	4,6439	Si

(Fuente: autor)



La tabla 4.30 indica los criterios de aceptación de la norma NTE INEN 2708 de la resistencia de los asientos, aplicando cargas a distintas posiciones, como se indica en el capítulo 4 tablas: 4.11 a 4.28 y se comprueba que cumple con la norma.

**Tabla 4.30:** Criterios de aceptación de la norma

N°	Norma	Desplazamiento	Se	Fracturas	Asiento
		Cumple Si/No	desprende		
1	Criterio de aceptación 12.1.2 norma NTE INEN 2708, no sobrepase los 400 mm	Si			1020mm Y 960mm a 0,2seg Y 0,3seg
2	Criterio de aceptación 12.1.3.1 norma NTE INEN 2708, no sobrepase los 100 mm	Si			
3	Criterio de aceptación 12.1.3.2 norma NTE INEN 2708, no sobrepase los 50 mm	Si			
4	Criterio de aceptación 12.1.4.1 norma NTE INEN 2708, Se desprende/No se desprende		No		
5	Criterio de aceptación 12.1.4.3 norma NTE INEN 2708, Se fractura/No se fractura			No	

(Fuente: Autor)

En base a las tablas 4.29 y 4.30 del análisis de desplazamientos para cada uno de los ítems analizados que cumplen con la norma NTE INEN 2708:

- 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.
- 12.1.3.1. 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.
- 12.1.4.1. Ninguna parte del asiento, del soporte del asiento ni de los accesorios se desprende completamente durante 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.”

Se acepta  $H_0$  hipótesis nula y se rechaza  $H_a$  hipótesis alternativa verificando que La estructura del asiento de transporte público interprovincial de la empresa Sistemas de Asientos AMERICAN cumple con el ensayo estático de la normativa NTE INEN 2708.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Mediante la aplicación de la norma NTE INEN 109:2009 para ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente; se determinó que el acero que utiliza la empresa Sistema de Asientos AMERICAN para la construcción de la estructura del asiento tiene el comportamiento mecánico de un acero de bajo contenido de carbono, las propiedades que se obtuvo en dicho ensayo determinaron la zona lineal y la zona no lineal del material valores que sirvieron para validar el modelo matemático del material utilizado en el análisis de la resistencia del asiento.
- Se generaron condiciones de borde para la simulación mediante el método de elementos finitos de la estructura del asiento modelo tipo 1 y tipo 2, de acuerdo a los requisitos y procedimientos del ensayo estático descrito en el ítem 12 de la norma NTE INEN 2708, se concluyó que están dentro de los requerimientos de conformidad.
- El desplazamiento luego de simular el asiento definido para los diferentes casos contemplados en la norma tanto en el espaldar como en la base del asiento no superó el 50 % del máximo permitido, por lo que el modelo planteado cumple con los requerimientos de aceptación dispuestos en el ítem 12 de la norma.
- Las simulaciones por el método de elementos finitos son una herramienta útil para este tipo de estudio, ya que evitan los ensayos destructivos los cuales son costosos, considerado que el país no cuenta con una máquina de impacto para asientos, mediante el software se pueden simular las pruebas estáticas, de

acuerdo con normativa ecuatoriana NTE INEN 2708; que presenta el asiento en la empresa Sistema de Asientos AMERICAN.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Simular con una variedad de condiciones de borde como son la carga, la altura a la cual se aplica la carga, el tiempo de aplicación, los contactos, etc. y comparar con un ensayo de impacto real del asiento para de esta manera validar el modelo de la estructura según los requisitos y procedimientos descritos en el ítem 12 de la norma NTE INEN 2708 a fin de determinar la mejor manera de simular la aplicación de la carga y la sujeción del asiento al bus.
- Con la ayuda de una computadora más avanzada para realizar ensayos mediante el método de elementos finitos se puede realizar la geometría de la estructura del asiento de forma detallada en todos los elementos considerados que aporte a la resistencia de la estructura del asiento, la conexión de estos elementos debe ser perfecta, esto ayudará que la malla que se obtenga de esta geometría sea continua, para su posterior análisis.
- Para realizar ensayos futuros utilizar un software para el proceso de mallado el cual ayude a realizar dicho proceso con mayor facilidad y pueda verificar la continuidad de la malla, en los cambios de secciones, área o combinación de sección para que exista uniformidad en la distribución de esfuerzos durante el análisis, obteniendo una mejor calidad de malla y eliminando contactos que no están acordes con la realidad.

## **MATERIALES DE REFERENCIA**

### **Bibliografía**

- [1] D. J. Cruz Ati y F. E. Amboya Mishqui, «Diseño y Construcción de un Equipo de Ensayos para Puebas de Deformación y Resistencia de Asientos y


- Espaldares de Poliuretano para Autobuses,» 19 Enero 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1389>.
- [2] M. Vergara Monedero, «Evaluación ergonómica de sillas. Criterios de evaluación basados en el análisis de la postura,» 18 Febrero 1998. [En línea]. Available: <http://www.tdx.cat/TDX-0619108-125901> .
- [3] A. Gavelin, «Modelling and simulation of seat-integrated safety belts including studies of pelvis and torso responses in frontal crashes,» 24 Octubre 2007. [En línea]. Available: <http://dx.doi.org/10.1080/13588260701482906>.
- [4] Fritz J. and Dolores H. Russ, «Design And Analysis Of Seat And Restraint Systems For Crash Simulation,» 2001. [En línea]. Available: <https://www.ohio.edu/engineering/russ-prize/>.
- [5] J. A. Aillon Proaño, «Diseños de asientos para mejorar el rendimiento laboral de los conductores de vehículos pesados de la ciudad de Ambato,» 2011. [En línea]. Available: <http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/749>.
- [6] A. D. Remache Gutiérrez, «ESTUDIO DE LOS ANCLAJES DE ASIENTOS DE AUTOBÚS EN UN IMPACTO FRONTAL PARA DETERMINAR LAS DEFORMACIONES Y ESFUERZOS MÁXIMOS EN LA EMPRESA MIVILTECH SOLUCIONES INDUSTRIALES S.A.,» Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/20106>.
- [7] I. E. D. Normalización, «Norma NTE INEN 2708,» Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y, 15 Mayo 2013. [En línea]. Available: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec).
- [8] F. L. Singer, RESISTENCIA DE MATERIALES, Segunda ed., México: Alfaomega grupo de editores S.A de C.V., 1994.
- [9] B. J. M. Donald, Practical Stress Analysis with Fenteinite Elem, Irlanda : Glasnevin Publishing, 2007.
- [10] P. y. Z. T. SBndor Vincze, «SIMULATIONS OF BUS-SEAT IMPACT TESTS ACCORDING TO ECE REGULATIONS,» *Paper Number 98S4-P-19*, vol. 98, nº S4, p. 5, 1989.

- [11] I. E. D. Normalización, «NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 109:2009,» Quito, 2009.
- [12] M. E. V. O. Juan Gabriel Colcha Díaz, «“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICOINFORMÁTICO PARA APLICACIONES EN ENSAYOS EN LA MÁQUINA UNIVERSAL”,» 30 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/891#sthash.VWxv5KAc.dpuf>
- [13] M. Cascajosa, INGENIERÍA DE VEHÍCULOS: SISTEMAS Y CALCULOS, Tercera ed., México: Tébar, 2007.
- [14] S. & B. Reimpell, THE AUTOMOVIL CHASIS ENGINEERING, Segunda ed., Oxford: Butterworth Heinemann, 2001.
- [15] E. G. Thompson, FINITE ELEMENT METHOD, Cuarta ed., India: Wiley, 2009.
- [16] V. Tchernychouk, «OBJECTIVE ASSESSMENT OF STATIC AND DYNAMIC SEAT UNDER VEHICULAR VIBRATION,» 1999. [En línea]. Available: <http://spectrum.library.concordia.ca/872/1/MQ43662.pdf>.
- [17] R. A. G. L. M. & S. C. Prestona, «A STATIC TEST METHOD TO ASSESS SWIVEL SEAT STRENGTH IN FRONTAL IMPACT,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.tandfonline.com/doi/ref/10.1080/13588265.2014.914667>.
- [18] D. J. Cruz, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE ENSAYO PARA PRUEBAS DE DEFORMACIÓN Y RESISTENCIA DE ASIENTOS Y ESPALDARES DE POLIURETANO PARA AUTOBUSES,» 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1389/15T00483.pdf?seq>.
- [19] B. G. Vasquez, «ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE PRUEBAS DINÁMICAS EFECTUADAS A LOS ASIENTOS PARA TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE PASAJEROS, DERIVADO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION CGPI-20041128,» 2008. [En línea]. Available: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/12345>.

# **ANEXOS**

# Anexo A1

## Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 109:2009

CDU: 689.14.620.17 ICS: 77.040.10		CIU: 3710 MC 01.02-301
<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE</b>	<b>NTE INEN 109:2009 Primera revisión 2009-03</b>
<b>1. OBJETO</b>		
<p>1.1 Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.</p>		
<b>2. ALCANCE</b>		
<p>2.1 Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.</p> <p>2.2 Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.</p>		
<b>3. DEFINICIONES</b>		
<p>3.1 Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:</p>		
<p>3.1.1 <i>Longitud calibrada (L)</i>. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.</p>		
<p>3.1.2 <i>Longitud calibrada inicial (L<sub>0</sub>)</i>. Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.</p>		
<p>3.1.2.1 <i>Longitud calibrada final (L<sub>u</sub>)</i>. Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo (ver numeral 10.1)</p>		
<p>3.1.3 <i>Longitud paralela (L<sub>p</sub>)</i>. Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo (ver nota 1).</p>		
<p>3.1.4 <i>Elongación</i>. Incremento de la longitud calibrada inicial (L<sub>0</sub>) en cualquier instante del ensayo.</p>		
<p>3.1.4.1 <i>Porcentaje de elongación</i>. Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L<sub>0</sub>).</p>		
<p>3.1.4.2 <i>Porcentaje de elongación permanente</i>. Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado (ver numeral 3.11), expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L<sub>0</sub>) (ver nota 1).</p>		
<p>3.1.4.3 <i>Porcentaje de elongación después de la rotura (A)</i>. Elongación permanente de la longitud calibrada inicial (ver nota 2) después de la rotura (L<sub>u</sub> - L<sub>0</sub>) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L<sub>0</sub>).</p>		
<p>NOTA 1: El concepto de longitud paralela es reemplazado por el concepto de distancia entre mordazas para probetas no requeridas.</p> <p>NOTA 2: En el caso de las probetas de ensayo proporcionales, solamente si la longitud calibrada inicial es diferente de <math>5,65\sqrt{S_0}</math> en donde S<sub>0</sub> es el área de la sección transversal inicial de la longitud paralela, el símbolo A se complementa con un índice que indica el coeficiente de proporcionalidad usado, por ejemplo:</p> <p>A<sub>11,3</sub> = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L<sub>0</sub>) de <math>11,3\sqrt{S_0}</math></p> <p>En el caso de probetas de ensayo no proporcionales, el símbolo A se complementa con un índice que indica la longitud calibrada inicial usada, expresada en milímetros, por ejemplo:</p> <p>A<sub>80</sub> = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L<sub>0</sub>) de 80 mm.</p>		
$^1 S \Delta S \sqrt{S_0} = S_0 \sqrt{\frac{4 S_0}{\pi}}$		
<i>(Continúa)</i>		
<p>DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión probetas.</p>		

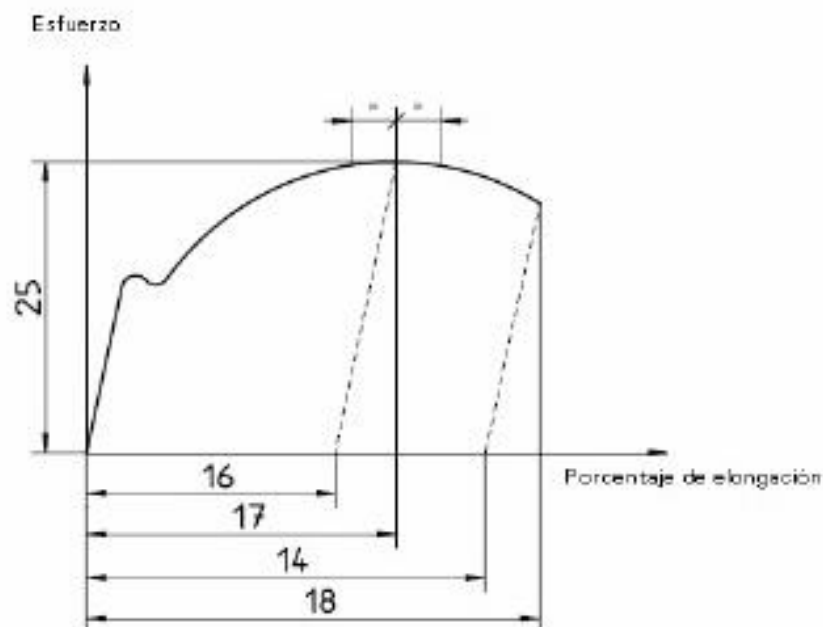
Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3388 - Baquerizo Moreno E16-29 y A. Imango - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción



**3.1.4.4** *Porcentaje de elongación total a la rotura ( $A_t$ )*. Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial ( $L_0$ ).

**3.1.4.5** *Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo*. Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial ( $L_0$ ). Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima ( $A_{gr}$ ) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima ( $A_p$ ) (ver figura 1).

**FIGURA 1.** Definiciones de elongación (ver nota 3)



**3.1.5** *Longitud calibrada del extensómetro ( $L_e$ )*. Longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.

**3.1.5.1** Se recomienda la medición del límite de fluencia y el esfuerzo de prueba, para el parámetro

$$L_e \approx \frac{L_0}{2}$$

**3.1.5.2** Además se recomienda que para las medidas de los parámetros durante y después de la fuerza máxima,  $L_e$  será aproximadamente igual a  $L_0$ .

**3.1.6** *Extensión*. Incremento de la longitud calibrada ( $L_e$ ) del extensómetro en un momento dado del ensayo.

**3.1.6.1** *Porcentaje permanente de extensión*. Incremento de la longitud calibrada en el extensómetro después de suspender un esfuerzo especificado en la probeta de ensayo, se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro ( $L_e$ ).

NOTA 3: Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados.

(Continúa)

**3.1.6.2 Porcentaje de extensión en el límite de fluencia ( $A_{0.2}$ ):** En materiales que presentan fluencia discontinua, el alargamiento entre el inicio de la fluencia dada por una deformación localizada y el comienzo de la deformación permanente dada por un uniforme trabajo de endurecimiento. Se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro ( $L_0$ ).

**3.1.7 Porcentaje de reducción de área (Z):** Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ( $S_0 - S_u$ ) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial ( $S_0$ ).

**3.1.8 Carga máxima ( $F_m$ ):** Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.

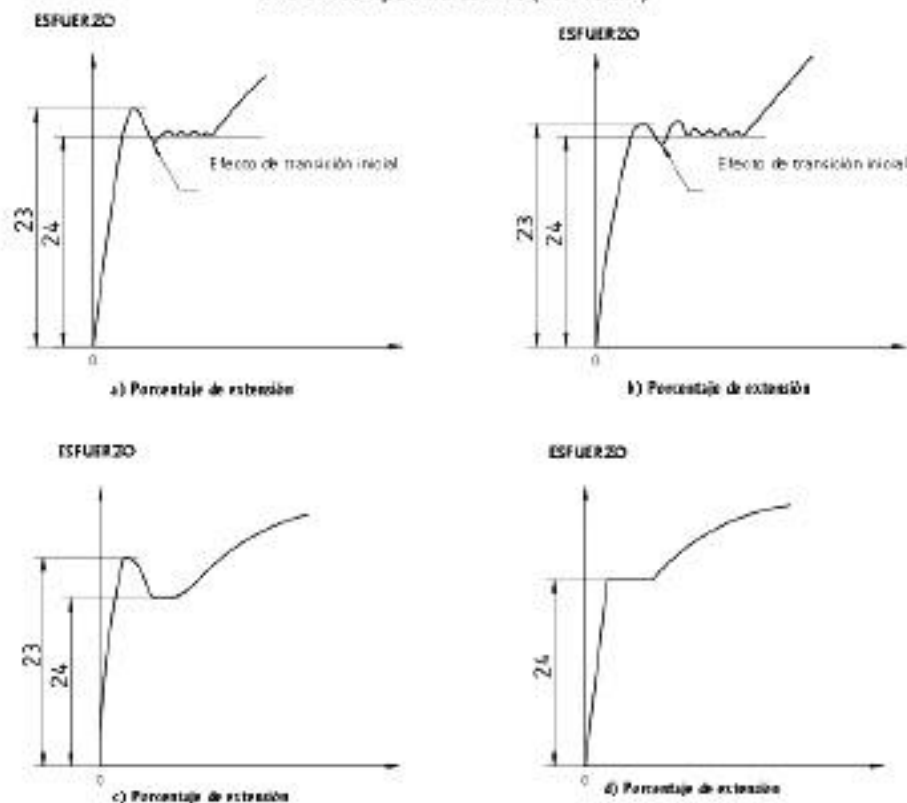
**3.1.9 Esfuerzo:** Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial ( $S_0$ ) de la probeta de ensayo.

**3.1.9.1 Resistencia a la tracción ( $R_m$ ):** Esfuerzo correspondiente a la carga máxima ( $F_m$ ).

**3.1.9.2 Resistencia a la fluencia (límite de fluencia):** Cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se hace una distinción entre:

a) **Límite de fluencia superior ( $R_{eH}$ ):** Valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga (ver figura 2).

**FIGURA 2. Definiciones de límite de fluencia superior y límite de fluencia inferior para diferentes tipos de curvas (ver nota 4)**

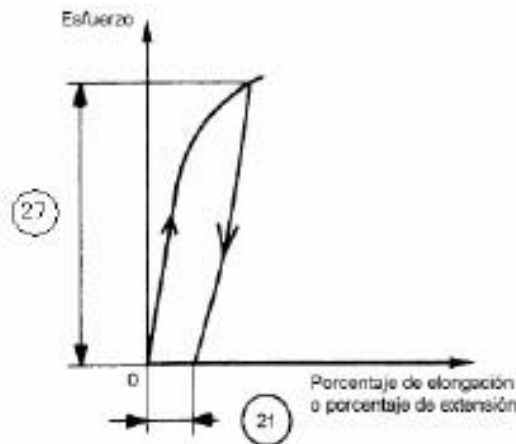


NOTA 4: ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

**3.1.9.5 Esfuerzo a la deformación permanente ( $R_p$ ):** Es el esfuerzo al cual, después de eliminar la carga, una elongación o extensión permanente especificada, expresada como un porcentaje de la longitud calibrada inicial ( $L_0$ ) o una longitud calibrada del extensómetro ( $L_e$ ), respectivamente, no ha sido excedido (ver figura 5). El símbolo utilizado es seguido por un sufijo que indica el porcentaje especificado de la longitud calibrada inicial ( $L_0$ ), o de la longitud calibrada del extensómetro ( $L_e$ ), por ejemplo  $R_{p,0.2}$

**FIGURA 5. Esfuerzo a la deformación permanente ( $R_p$ ) (ver nota 7)**



#### 4. SIMBOLOGÍA Y DESIGNACIONES

4.1 En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones que se establecen en la tabla 1.

**TABLA 1. Símbolos y designaciones.**

Número de Referencia <sup>1)</sup>	Símbolo	Unidades	Designación
<b>Probeta</b>			
1	$a^0$	mm	Espesor de la probeta de ensayo plana o de la pared de un tubo
2	$b$	mm	Ancho de la longitud paralela de la probeta de ensayo plana o ancho promedio de una tira longitudinal tomada de un tubo o ancho de un alambre plano
3	$d$	mm	Diámetro de la longitud paralela de una probeta circular o diámetro de un alambre redondo o diámetro interno de un tubo
4	$D$	mm	Diámetro externo de un tubo
5	$L_0$	mm	Longitud calibrada inicial
-	$L_{e0}$	mm	Longitud calibrada inicial para determinar $A_{e0}$
6	$L_p$	mm	Longitud paralela
-	$L_e$	mm	Longitud calibrada del extensómetro
7	$L_t$	mm	Longitud total de la probeta
8	$L_f$	mm	Longitud final calibrada después de la rotura
-	$L'_e$	mm	Longitud calibrada final después de la rotura para determinar $A_f$ (Ver anexo H)

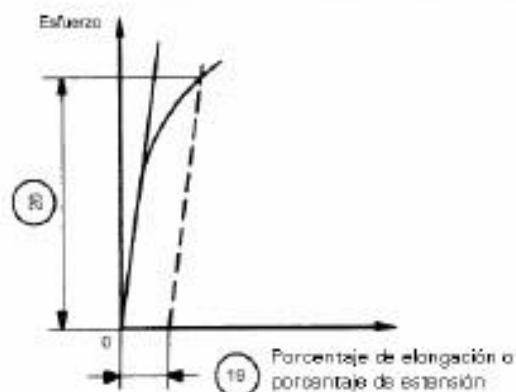
NOTA 7. Ver la tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

b) *Límite de fluencia inferior ( $R_{eL}$ )*. El valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ignorando cualquier efecto transitorio (ver figura 2).

3.1.9.3 *Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional ( $R_p$ )*: El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro ( $L_e$ ) (ver figura 3). El símbolo que se usa es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada del extensómetro, por ejemplo  $R_{p0,2}$ .

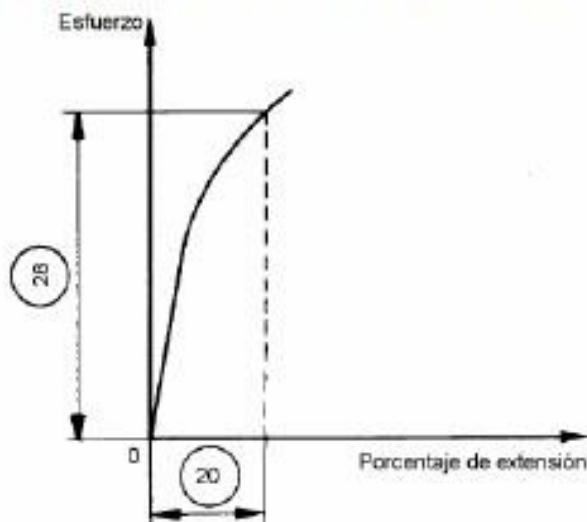
FIGURA 3. Prueba de resistencia con alargamiento no proporcional ( $R_p$ ) (ver nota 5)



NOTA 5: Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

3.1.9.4 *Esfuerzo de prueba con extensión total ( $R_t$ )*: El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro ( $L_e$ ) (ver figura 4). El símbolo es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada inicial del extensómetro por ejemplo:  $R_{t0,5}$ .

FIGURA 4. Esfuerzo de prueba, extensión total ( $R_t$ ) (ver nota 6)



NOTA 6: Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)



(Continuación tabla 1)

Número de Referencia <sup>1)</sup>	Símbolo	Unidades	Designación
<b>Probeta</b>			
9	$S_0$	mm <sup>2</sup>	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.
10	$S_u$	mm <sup>2</sup>	Área mínima de la sección transversal después de la rotura.
	$k$		Coefficiente de proporcionalidad
11	$Z$	%	Porcentaje de reducción de área $\frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$
12	-	-	Superficie de agarre de la probeta para las mordazas
<b>Elongación</b>			
13	-	mm	Elongación después de la rotura $L_u - L_0$
14	$A^R$	%	Porcentaje de elongación después de la rotura $\frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$
15	$A_e$	%	Porcentaje de extensión en el punto de fluencia
	$\Delta L_{máx}$	mm	Extensión a la carga máxima
16	$A_g$	%	Porcentaje de elongación no proporcional, a la carga máxima ( $F_{máx}$ )
17	$A_T$	%	Porcentaje de elongación total, a la carga máxima ( $F_{máx}$ )
18	$A_b$	%	Porcentaje de elongación total, a la rotura
19	-	%	Porcentaje especificado de extensión no proporcional
20	-	%	Porcentaje de extensión total. (Ver 28)
21	-	%	Porcentaje especificado de extensión a la deformación permanente o elongación.
<b>Carga</b>			
22	$F_m$	N	Carga Máxima
<b>Límite de fluencia - Esfuerzo de prueba - Resistencia a la Tracción</b>			
23	$R_{máx}$	MPa	Límite de fluencia superior <sup>2)</sup>
24	$R_{mín}$	MPa	Límite de fluencia inferior
25	$R_{máx}$	MPa	Resistencia a la tracción
26	$R_p$	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión no proporcional
27	$R_r$	MPa	Esfuerzo a la deformación permanente
28	$R_t$	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión total
-	$E$	MPa	Módulo de elasticidad
1) Ver figuras de la 1 a la 13. 2) El símbolo T también se usa en tubos de acero, productos estándar. 3) Ver 3.1.4.3. 4) 1 N/mm <sup>2</sup> = 1 MPa			

## 5. FUNDAMENTO

5.1 El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas definidas en el punto 3.

5.1.1 El ensayo se llevara a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

### 5.2 Instrumental

5.2.1 *Máquina para ensayo de tracción.*

5.2.1.1 *Precisión de las máquinas de ensayo.* Las máquinas de ensayo deben ser verificadas de acuerdo a las NTE INEN 1 502 y la NTE INEN 1 503.

(Continúa)

**ANEXO A**  
(Normativo)

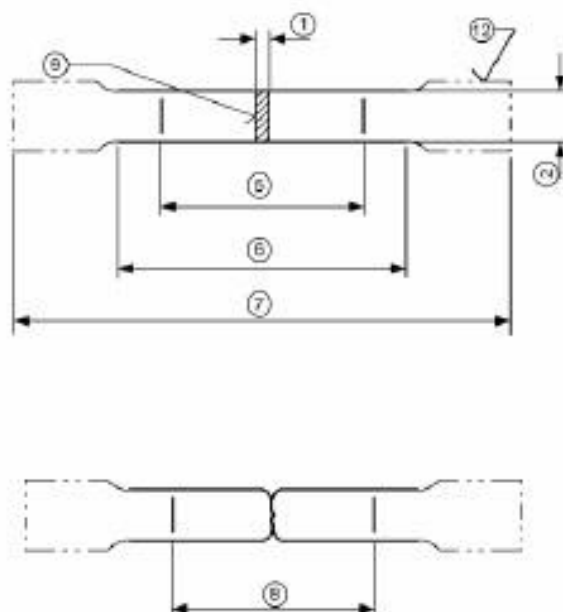
**TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA PRODUCTOS DELGADOS: LÁMINAS, FLEJES Y PRODUCTOS PLANOS 0,1 mm Y 3,0 mm DE ESPESOR**

**A.1** Para productos con espesor menor de 0,5 mm, es necesario tener precauciones especiales.

**A.1.1** Forma de la probeta

**A.1.1** Generalmente, la probeta tiene los extremos para sujetarse a las mordazas, con extremos más anchos que su sección paralela. La longitud paralela ( $L_0$ ) se une con los extremos de la probeta por medio de curvas de transición con un radio de por lo menos 20 mm (ver figura 9). El ancho de estos extremos debe ser por lo menos de 20 mm y de no más de 40 mm.

**FIGURA 9.** Probetas maquinadas de sección transversal rectangular (ver notas)



**A.1.2** Por acuerdo la probeta también puede consistir de un fleje con caras paralelas. Para productos de ancho igual o menor que 20 mm, el ancho de la probeta debe ser el mismo que el del producto.

**A.2 Dimensiones de la probeta**

**A.2.1** Probetas no proporcionales

**A.2.1.1** La longitud paralela no debe ser inferior de  $L_0 + \frac{b}{2}$

**A.2.1.2** En caso de desacuerdo, siempre se debe usar una longitud de  $L_0 + 2b$  a menos que el material sea insuficiente.

**A.2.1.3** En caso de probetas de lados paralelos de menos de 20 mm de ancho, y a menos que la norma del producto especifique otra cosa, la longitud calibrada inicial ( $L_0$ ) debe ser igual a 50 mm. Para este tipo de probetas, la longitud libre entre las mordazas debe ser igual a  $L_0 + 3b$ .

(Continúa)

## Anexo A2

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

## 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:

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

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.

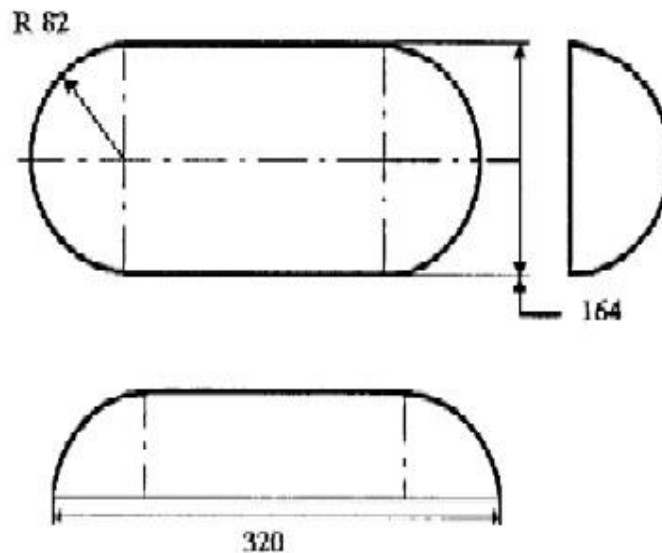
12.2.2.4 En caso de que un asiento tenga más de una plaza de asiento, deben ejercerse simultáneamente las fuerzas en cada plaza, y habrá tantos maniqués en posición superior e inferior como plazas de asiento.

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

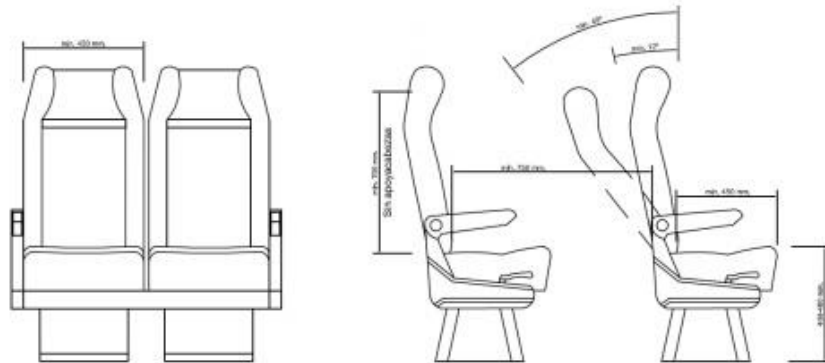


## Anexo A3

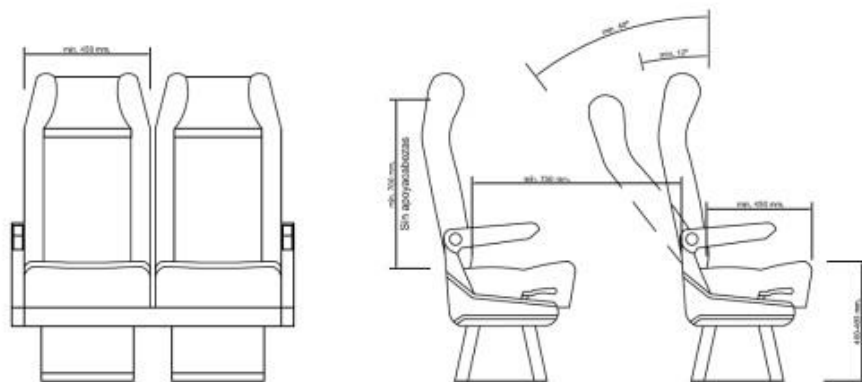
### Especificaciones técnicas del reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 043

**FIGURA A.10. Disposición de asientos**

**A.10.1. Para bus interprovincial e intraregional**



**A.10.2. Para bus intraprovincial**



## Anexo A4

Especificaciones técnicas de los materiales utilizados en construcción de la estructura del asiento de bus interprovincial.



### Especificaciones:

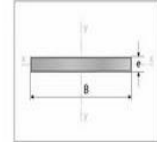
Largo Normal:	6 metros
Recubrimiento:	Negro
Espesores:	Desde 3,00 a 12,00 mm
Calidad de acero:	DIN 17100 / ST 37-2 / ASTM A-36
Norma de Fabricación:	INEN 2222 / ISO 1035
Observaciones:	Otras dimensiones y largos previa consulta

### Certificados:



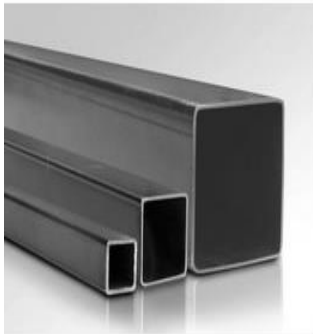
## Productos Laminados Pletina

Dimensiones		Espesor	Peso
B	e	P	
mm	mm	kg/m	
12	3,00	1,70	
12	4,00	2,26	
12	6,00	3,39	
20	3,00	2,83	
20	4,00	5,00	
20	6,00	5,37	
25	3,00	3,53	
25	4,00	4,71	
25	6,00	7,07	
25	8,00	9,42	
25	9,50	10,59	
25	12,00	14,13	
30	3,00	4,24	
30	4,00	7,07	
30	6,00	8,47	
30	8,00	11,30	
30	9,50	12,71	
30	12,00	16,96	
40	3,00	5,37	
40	4,00	7,16	
40	6,00	10,74	
40	8,00	16,11	
40	9,50	17,90	
40	12,00	21,48	
50	3,00	7,07	
50	4,00	9,50	
50	6,00	14,13	
50	8,00	18,84	
50	9,50	21,20	
50	12,00	28,26	
65	6,00	18,37	
65	9,50	30,62	
65	12,00	36,74	
75	6,00	21,20	
75	9,50	35,33	
75	12,00	42,39	
100	6,00	28,26	
100	8,00	37,68	
100	9,50	47,10	
100	12,00	56,52	



### Aplicaciones

- Somier camas.
- Cerrajería en general (puertas, ventanas, rejas).
- Estructuras en general.
- Muebles metálicos.
- Paquete de resortes (Sistemas de suspensión).



ESTOY INTERESADO EN ESTE PRODUCTO

DESCARGAR ESPECIFICACIONES

**Especificaciones:**

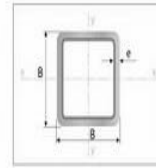
Largo Normal: 6 metros  
 Recubrimiento: Negro o Galvanizado  
 Norma de calidad: ASTM A 500 Gr. A, B ó C  
 Norma de Fabricación: NTE INEN 2415  
 Espesores: Desde 1,50 a 6,00 mm  
 Otras dimensiones, Observaciones: espesores y largos previa consulta

**Certificados:**



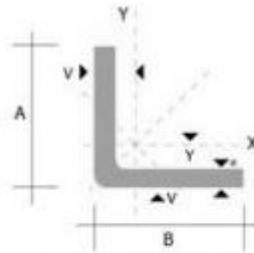
## Tubería Estructural Cuadrada

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Fig. 1 x x y y			
B	e	A	P	I	W	I
mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
20	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,74
	2,00	1,34	1,05	0,69	0,69	0,72
25	1,50	1,35	1,06	1,41	1,11	0,97
	2,00	1,74	1,36	1,48	1,18	0,92
30	1,50	1,85	1,30	2,19	1,48	1,15
	2,00	2,14	1,68	2,71	1,81	1,12
	3,00	3,01	2,36	3,50	2,34	1,08
40	1,50	2,25	1,77	3,48	2,74	1,96
	2,00	2,94	2,31	6,92	3,46	1,53
	3,00	4,21	3,30	9,28	4,64	1,48
50	1,50	2,85	2,24	12,56	4,92	2,01
	2,00	3,74	2,93	14,13	5,65	1,94
	3,00	5,41	4,25	19,40	7,76	1,89
60	1,50	3,45	2,71	18,94	6,31	2,43
	2,00	4,64	3,56	26,12	8,37	2,35
	3,00	6,81	5,19	35,06	11,89	2,30
75	2,00	5,74	4,50	51,90	13,84	3,00
	3,00	8,41	6,60	78,10	19,99	2,97
	4,00	10,95	8,59	94,02	24,74	2,92
100	2,00	7,74	6,07	122,98	24,60	3,99
	3,00	11,41	8,96	190,94	37,53	4,04
	4,00	14,86	11,73	235,87	46,54	3,96
125	2,00	9,74	7,64	350,00	56,00	6,00
	3,00	14,41	11,31	550,00	86,00	4,96
	4,00	18,95	14,87	827,00	121,12	4,91
	6,00	27,63	21,69	1190,92	165,20	31,46
150	4,00	20,65	16,13	581,28	86,13	5,32
	5,00	25,36	19,90	704,23	104,33	5,27
	6,00	30,03	23,58	818,50	121,26	5,22



**Aplicaciones**


- Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
- Señalización y vialidad: soportes.
- Construcción en general.



Seleccione el producto para agregarlo a la proforma.  
Bajar documentación

Características 1

Características 2

Proforma 

Continuación del cuadro anterior

DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X		EJE Y-Y		EJE U-U		EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X+Y	i	i	
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm	
100	100	5	45.18	7.53	9.59	95.50	13.10	3.16	2.73	4.01	1.95	
100	100	6	54.72	9.12	11.40	112.50	15.58	3.14	2.78	4.00	1.92	
100	100	8	71.76	11.96	14.95	144.63	20.29	3.11	2.87	3.97	1.89	
100	100	10	88.14	14.69	19.36	173.85	24.73	3.08	2.97	3.94	1.83	
100	100	12	105.12	17.52	21.63	201.12	28.98	3.05	3.06	3.92	1.82	
100	100	14	120.42	20.07	24.78	225.60	32.98	3.02	3.16	3.89	1.75	
125	125	5	56.94	9.49	12.10	190.00	20.80	3.96	3.35	5.03	2.46	
125	125	6	69.12	11.52	14.40	224.55	24.67	3.95	3.40	5.02	2.44	
125	125	8	90.96	15.16	18.95	290.90	32.29	3.92	3.49	4.99	2.47	
125	125	10	112.14	18.69	23.36	353.10	39.63	3.89	3.59	4.96	2.35	
125	125	12	134.28	22.38	27.63	411.29	46.63	3.86	3.68	4.94	2.32	
125	125	14	154.44	25.74	31.78	465.43	53.38	3.83	3.78	4.91	2.27	
150	150	6	83.52	13.92	17.40	393.59	35.88	4.75	4.03	6.04	2.94	
150	150	8	110.16	18.36	22.95	512.45	47.10	4.72	4.12	6.01	2.92	
150	150	10	136.14	22.69	28.36	625.31	57.95	4.69	4.21	5.98	2.87	
150	150	12	163.14	27.24	33.60	732.00	68.50	4.67	4.31	5.96	2.84	
150	150	14	183.60	30.60	37.78	833.33	78.62	4.64	4.40	5.93	2.79	
175	175	6	99.18	16.53	20.41	631.44	49.14	5.56	4.65	7.06	3.45	
175	175	8	131.22	21.87	26.90	825.00	64.70	5.53	4.74	7.03	3.43	
175	175	10	160.20	26.70	33.40	1010.00	79.80	5.50	4.84	7.01	3.39	
175	175	12	192.54	32.09	39.60	1190.00	94.50	5.47	4.93	6.98	3.35	
175	175	14	222.24	37.04	45.80	1380.00	109.00	5.44	5.03	6.95	3.35	
200	200	6	112.32	18.72	23.40	949.53	64.50	6.37	5.28	8.08	3.95	
200	200	8	148.56	24.76	30.95	1243.96	85.02	6.34	5.37	8.05	3.32	
200	200	10	184.14	30.69	38.36	1527.52	105.05	6.31	5.46	8.02	3.39	
200	200	12	221.14	36.94	45.60	1800.00	125.00	6.28	5.55	8.00	3.36	
200	200	14	256.26	42.71	52.80	2060.00	144.00	6.25	5.65	7.97	3.42	
250	250	6	141.12	23.52	29.40	1874.06	101.46	7.98	6.53	10.12	4.97	
250	250	8	186.96	31.16	38.95	2464.09	134.06	7.95	6.62	10.09	4.34	
250	250	10	232.14	38.69	48.36	3037.01	166.04	7.92	6.71	10.06	4.37	
250	250	12	280.08	46.68	57.63	3593.42	197.44	7.90	6.80	10.04	4.36	
250	250	14	324.54	54.09	66.78	4132.57	228.32	7.87	6.90	10.01	4.32	

## Anexo A5

### Reglamento no 80 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE)

Solo los textos originales de la CITE tienen 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 CITE (TRANS/WP.29/741, que puede consultarse en:

<http://www.uneca.org/trans/main/wp29/wp29wgl/wp29gen/wp29fdocm.html>

**Reglamento nº 80 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Prescripciones uniformes relativas a la homologación de 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**

Incorpora todo el texto válido hasta:

El suplemento 3 de la serie 01 de modificaciones — Fecha de entrada en vigor: 18 de junio de 2007  
La corrección de errores 1 de la serie 01 de modificaciones — Fecha de entrada en vigor: 12 de noviembre de 2008

#### ÍNDICE

#### REGLAMENTO

1. Ámbito de aplicación
2. Definiciones
3. Solicitud de homologación
4. Homologación
5. Requisitos para los asientos
6. Requisitos aplicables a los anclajes de los asientos de un tipo de vehículo
7. Requisitos de instalación de asientos en un tipo de vehículo
8. Conformidad de la producción
9. Sanciones por no conformidad de la producción
10. Modificación y extensión de la homologación del tipo de asiento o del tipo de vehículo
11. Caso definitivo de la producción
12. Disposiciones transitorias
13. Nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de la realización de los ensayos de homologación y de los departamentos administrativos

Apéndice 1 — Procedimientos de ensayo de asientos según el punto 5 o de anclajes según el punto 6.1.1

Apéndice 2 — Procedimientos de ensayo de los anclajes en el vehículo según lo dispuesto en el punto 6.1.1

Apéndice 3 — Mediciones que deberán efectuarse

Apéndice 4 — Determinación de los criterios de aceptabilidad

Apéndice 5 — Requisitos y procedimiento del ensayo estático

Apéndice 6 — Características de absorción de energía de la parte posterior de los respaldos de asientos

#### ANEXOS

Anexo 1 — Comunicación relativa a la concesión, la denegación, la extensión o la retirada de una homologación o al caso definitivo de la producción de uno o varios tipos de asientos de vehículos por lo que respecta a su resistencia, con arreglo al Reglamento nº 80

Anexo 2 — Comunicación relativa a la concesión, la denegación, la extensión o la retirada de una homologación o al caso definitivo de la producción de un tipo de vehículo por lo que respecta a la resistencia de los anclajes de los asientos, con arreglo al Reglamento nº 80

Anexo 3 — Disposición de las marcas de homologación

Anexo 4 — Procedimiento de determinación del punto «H» y del ángulo real del torso de las plazas de asiento en los vehículos de motor



5. REQUISITOS PARA ASIENTOS
- 5.1. Cada tipo de asiento deberá cumplir los requisitos de ensayo bien del apéndice 1 (ensayo dinámico) o bien de los apéndices 5 y 6 (ensayo estático), según lo elija el fabricante.
- 5.2. Los ensayos que haya superado el tipo de asiento se registrarán en el impreso de comunicación relativa a la homologación de un tipo de asiento, extendido con arreglo al modelo del anexo 1.
- 5.3. Todo sistema de regulación y de desplazamiento instalado deberá incluir un sistema de bloqueo, que funcionará automáticamente.
- 5.4. 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 deberán superar:
- 6.1.1. el ensayo descrito en el apéndice 2;
- 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 apéndice 1; no será obligatorio que el asiento esté homologado, a condición de que cumpla los requisitos del punto 3.2.1 de dicho apéndice.
- 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 para la obtención de la homologación del vehículo.
- 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>2</sub>, se considerará que los anclajes de los asientos cumplen los requisitos de los puntos 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 del Reglamento n.º 14, en caso necesario con la excepción prevista en el punto 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 punto 5 del presente Reglamento 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 apéndice 1, serán aplicables los ensayos 1 y 2, con las siguientes salvedades:
- 7.2.1. El ensayo 1 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 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.º 14 (sin excepción), o
- 7.2.2.3. si el asiento cumple los requisitos del apéndice 6 del presente Reglamento.



- 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° hacia atrás respecto a la vertical.
- 2.6. Si el respaldo lleva un apoyacabezas regulable en altura, este se hallará en su posición más baja.
- 2.7. Se colocará tanto en el asiento auxiliar como en el asiento que se vaya a ensayar cinco tipos de seguridad de un tipo homologado conforme al Reglamento nº 16, fijados en andajes instalados conforme al Reglamento nº 14 (teniendo en cuenta, en su caso, la excepción prevista en el punto 7.4 de ese Reglamento).
3. Ensayos dinámicos
- 3.1. Ensayo 1
- La plataforma de ensayo se colocará en un carro.
- 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.
- 3.2.1. Si se utiliza un asiento auxiliar de distinto tipo, esto se indicará en el impreso de comunicación relativa a la homologación de un tipo de asiento, de conformidad con el del anexo I del presente Reglamento.
- 3.3. Maniquí
- 3.3.1. El maniquí se colocará sin resonación en el asiento auxiliar de manera que su plano de simetría corresponda al plano de simetría de la plaza de asiento correspondiente.
- 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.
- 3.3.3. El maniquí se colocará en el asiento del siguiente modo:
- 3.3.3.1. El maniquí se colocará en el asiento en la posición más próxima a la decaída.
- 3.3.3.2. Se colocará lo más bajo posible pegando a la parte delantera del torso del maniquí una superficie rígida plana de 76 mm x 76 mm.
- 3.3.3.3. Se presionará horizontalmente la superficie plana contra el torso del maniquí con una fuerza de entre 250 y 350 N.
- 3.3.3.3.1. 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.
- 3.3.3.3.2. 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.
- 3.3.3.4. Se retirará con cuidado la superficie plana.
- 3.3.3.5. Se desplazará hacia adelante el maniquí en el asiento y se repetirá el procedimiento de colocación indicado anteriormente.
- 3.3.3.6. Si es necesario, se corregirá la posición de los miembros inferiores.
- 3.3.3.7. Los instrumentos de medición colocados no afectarán de ningún modo al movimiento del maniquí durante el impacto.
- 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.
- 3.4. Simulación de impacto
- 3.4.1. El cambio total de velocidad del carro que simula el impacto estará entre 30 y 32 km/h.
- 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 duren 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.

## Anexo A6

Máquina universal de ensayos marca “Controls”



CONTROLS		www.controlsgroup.net		CE	
Testing machine Machine d'essais	Model <b>C0800/C7</b>	Year of production Année de fabrication	<b>2014</b>		
Serial Serie	No. <b>14010039</b>	Machine weight Poids de la machine	<b>Kg 3000</b>		
Capacity Force max	kN <b>2000</b>	Hydraulic oil Huile hydraulique	<b>ISO VG 32 + 68</b>		
Ram area Surface du piston	mm <sup>2</sup> <b>31415.9</b>	Power Puissance électrique	<b>5000 W</b>		
Ram stroke Course du piston	mm <b>600</b>	Voltage Voltage	<b>220/3 /</b>		

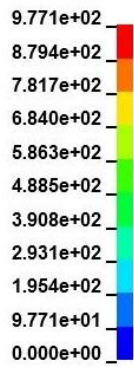
50090120

## Anexo B1

Simulación de la aplicación de la carga a la estructura del asiento de 1020 mm para el tiempo de 0,2seg

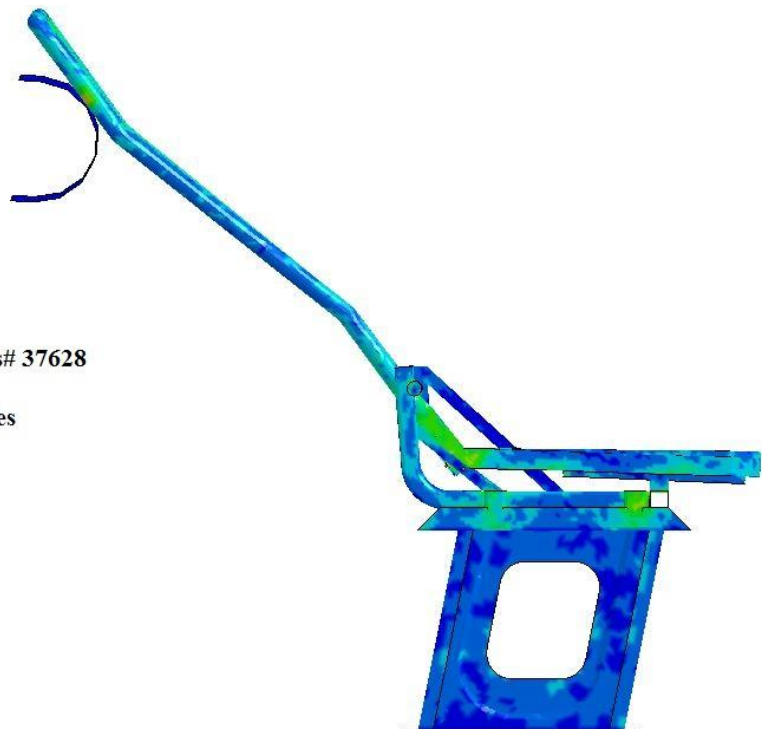
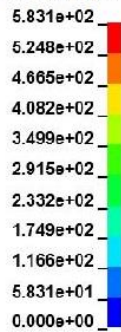
Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP. max valor  
min =0, en elementos# 1  
max= 977.087, en elementos# 35960

Niveles marginales



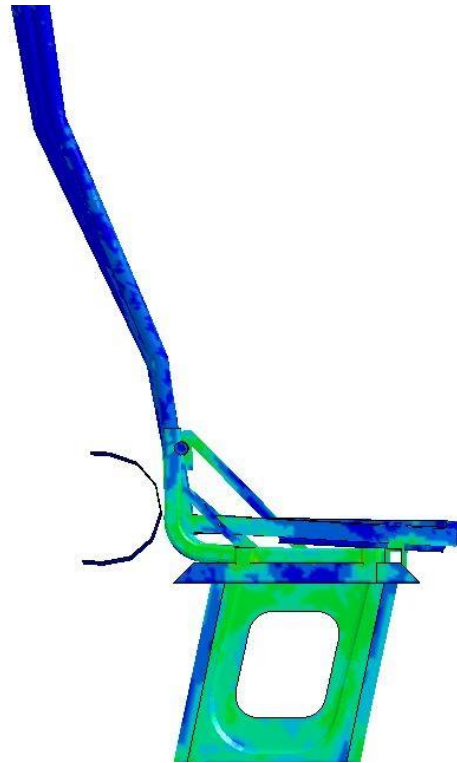
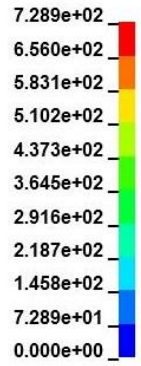
Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP. max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 583.084, en elementos# 37628

Niveles marginales



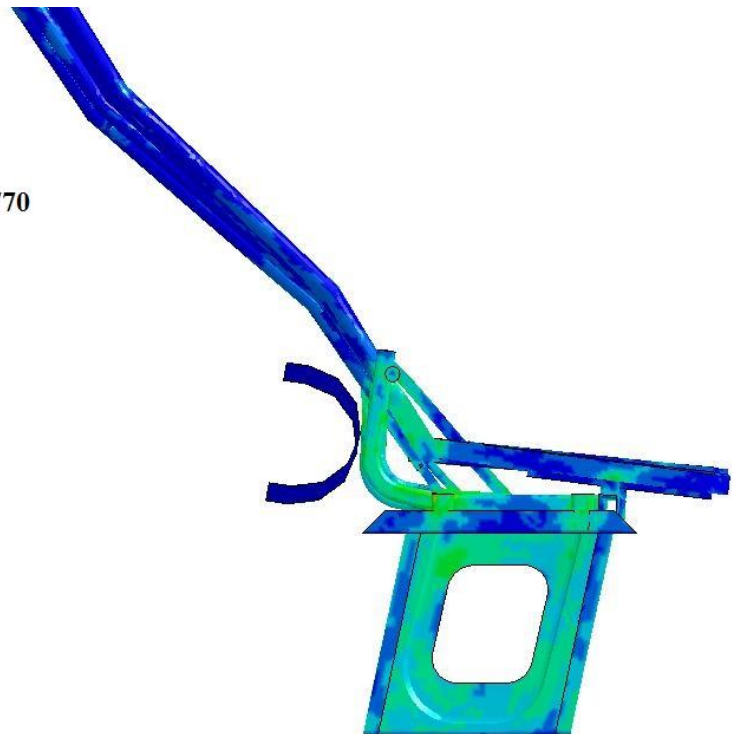
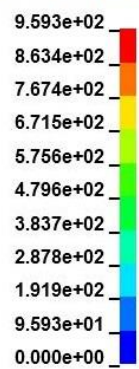
Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 728.912, en elementos# 13410

Niveles marginales



Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 959.295, en elementos# 16770

Niveles marginales

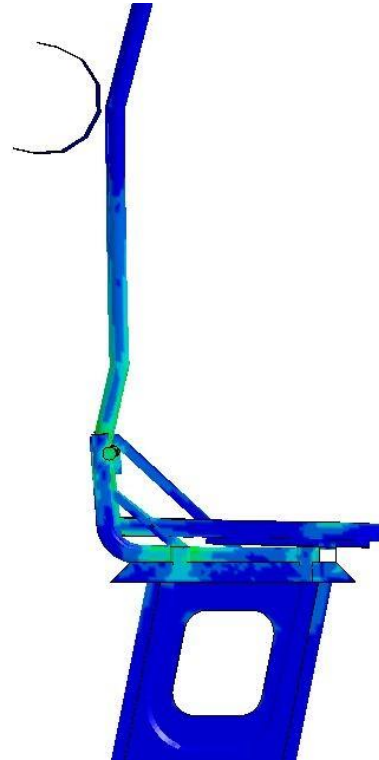
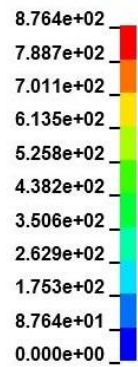


## Anexo B2

Simulación de la aplicación de la carga a la estructura del asiento de 1020 mm para el tiempo de 0,3seg.

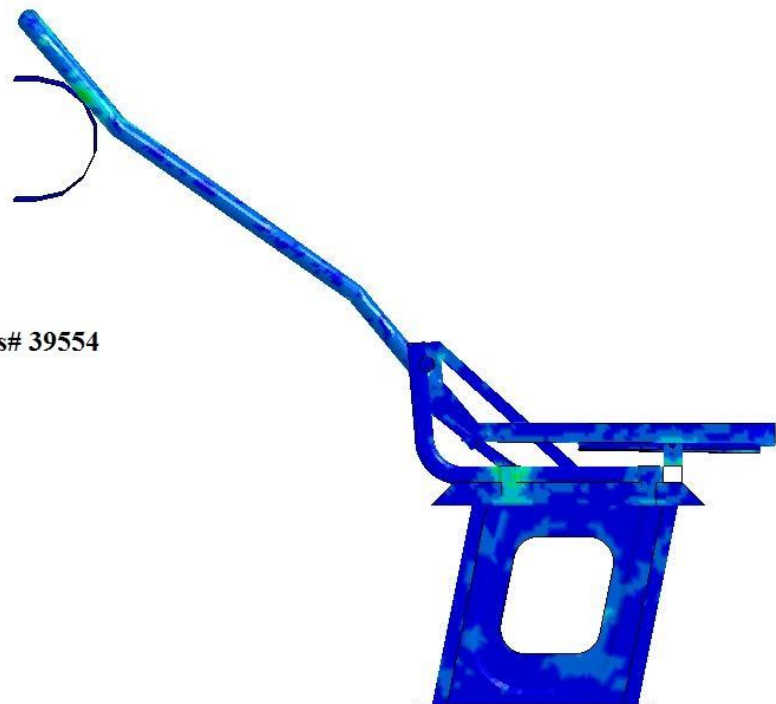
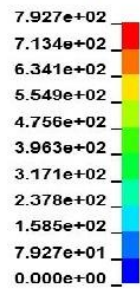
Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 876.378, en elementos# 35960

### Niveles marginales



Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 792.667, en elementos# 39554

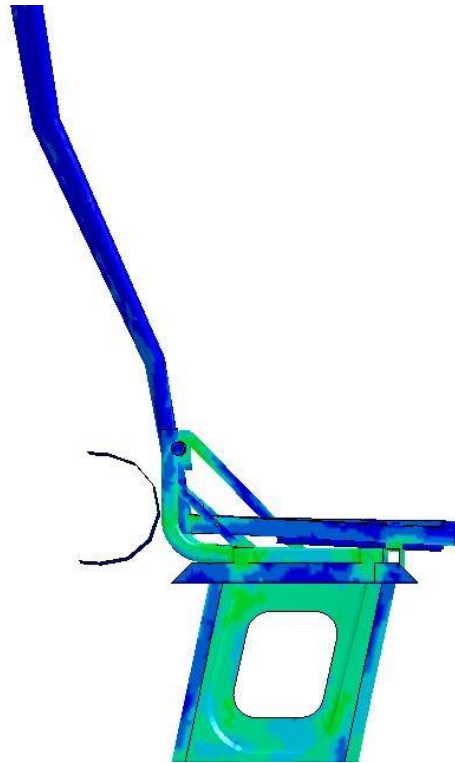
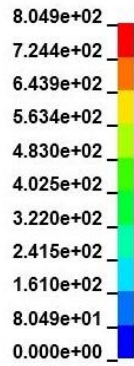
### Niveles marginales





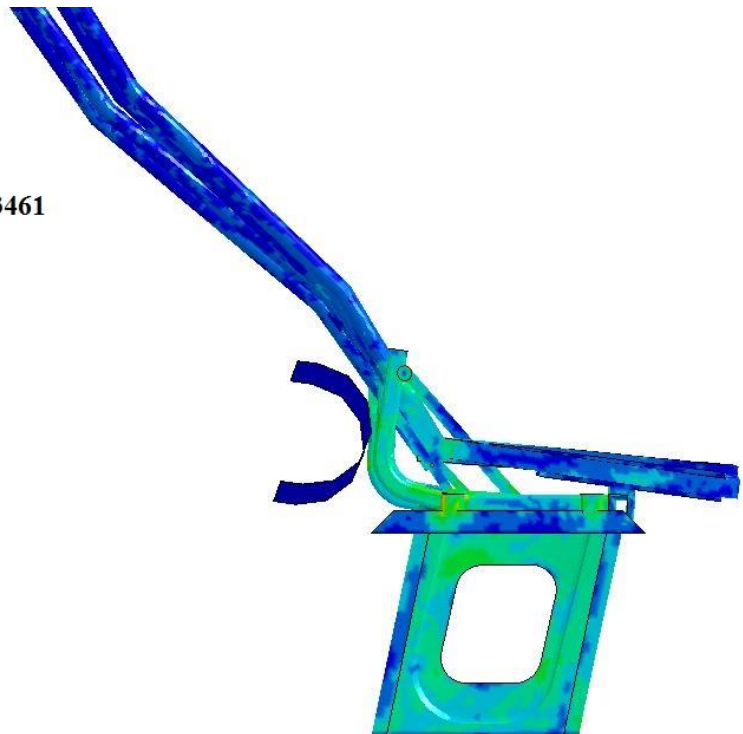
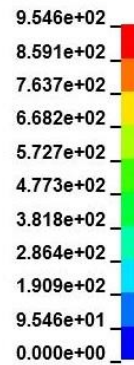
Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 804.923, en elementos# 13410

Niveles marginales



Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 954.572, en elementos# 23461

Niveles marginales

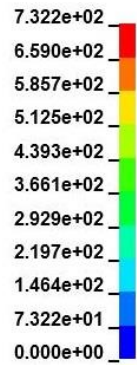


### Anexo B3

Simulación de la aplicación de la carga a la estructura del asiento de 960 mm para el tiempo de 0,2seg.

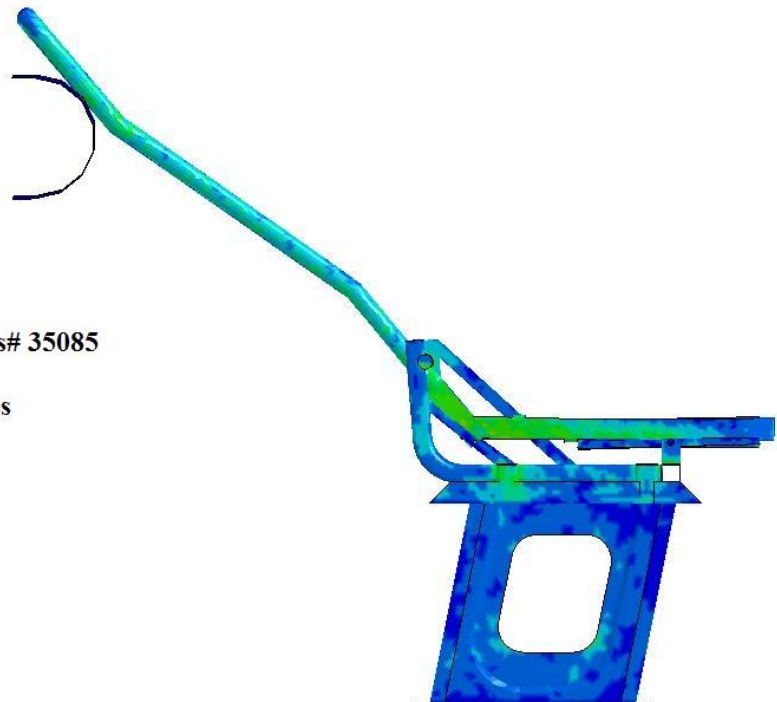
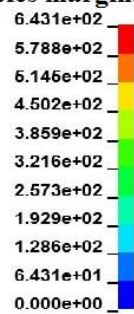
Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 732.169, en elementos# 15916

#### Niveles marginales



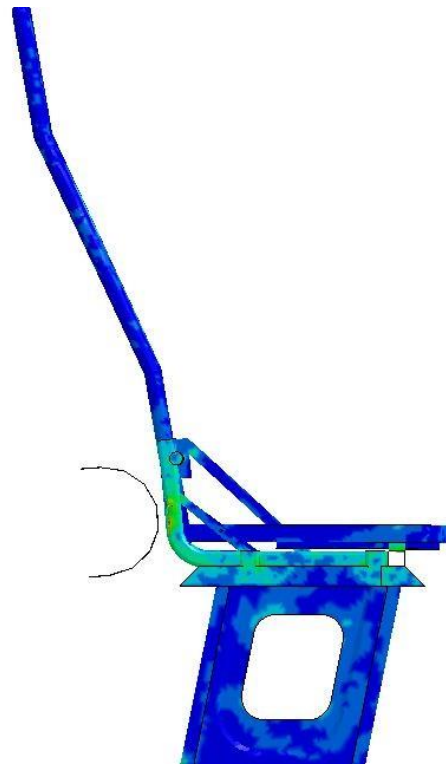
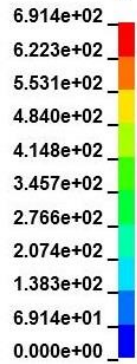
Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 643.131, en elementos# 35085

#### Niveles marginales



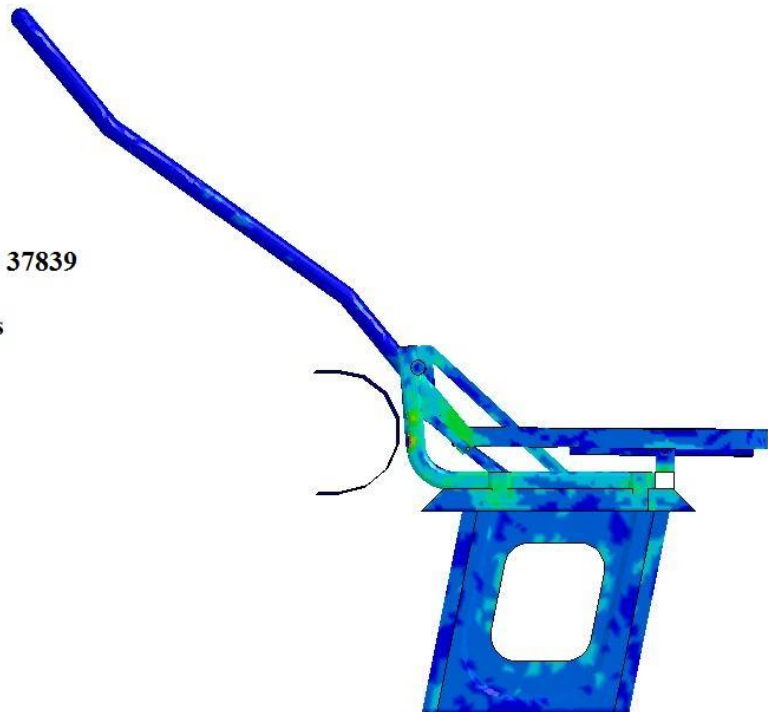
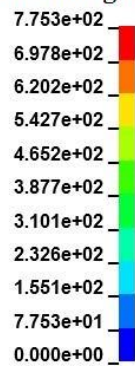
Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 691.413, en elementos# 42077

Niveles marginales



Tiempo= 0.2  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 775.31, en elementos# 37839

Niveles marginales



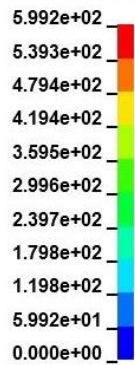


## Anexo B4

Simulación de la aplicación de la carga a la estructura del asiento de 960 mm para el tiempo de 0,3seg.

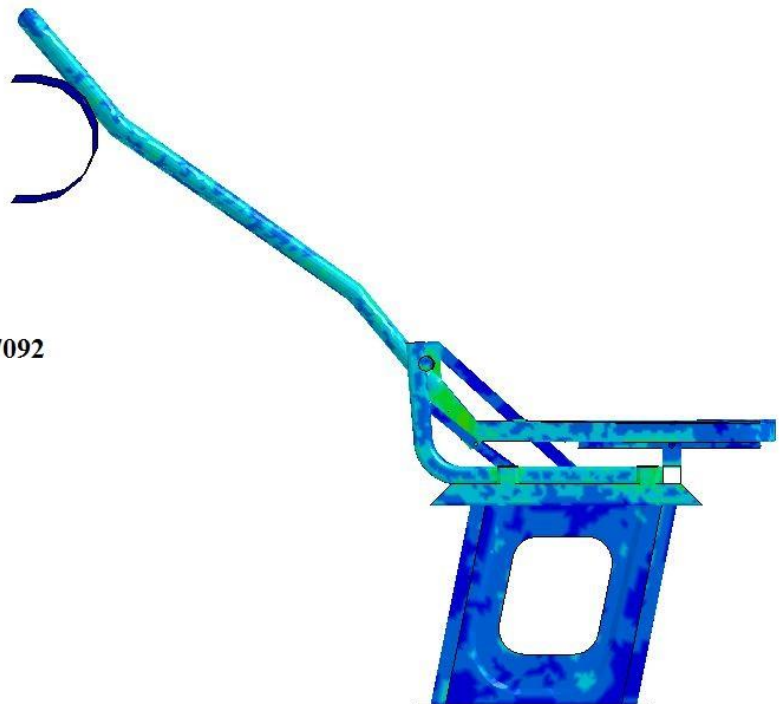
Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 599.191, en elementos# 18561

### Niveles marginales



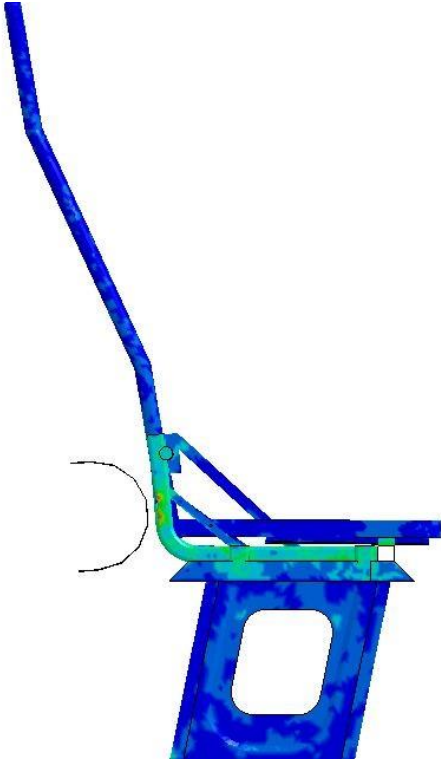
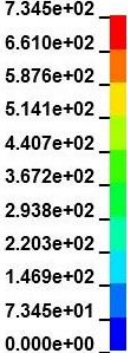
Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 801.825, en elementos# 27092

### Niveles marginales



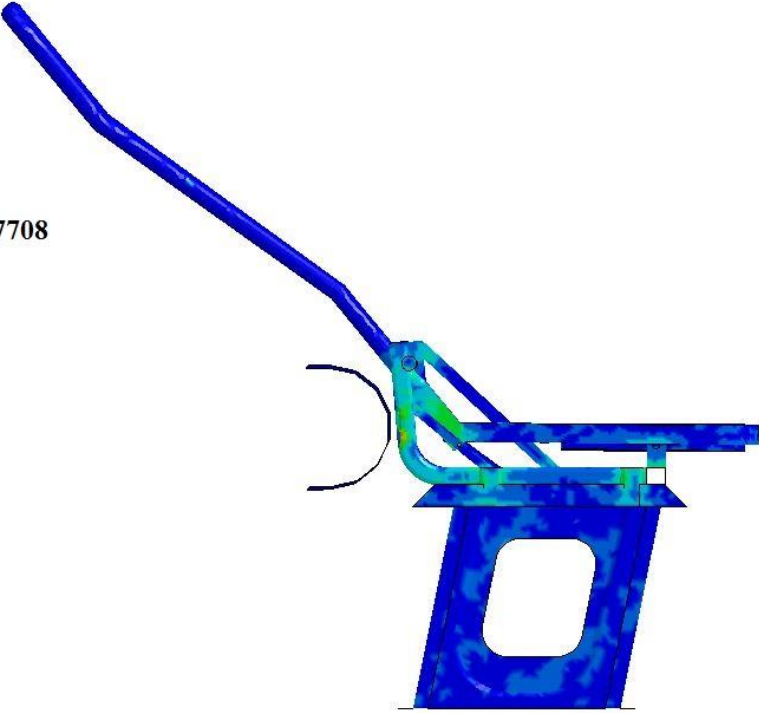
Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 734.467, en elementos# 38966

Niveles marginales



Tiempo= 0.3  
Esfuerzo efectivo  
IP.max valor  
min= 0, en elementos# 1  
max= 759.328, en elementos# 37708

Niveles marginales



Anexo C1

Ensayo de tracción de las probetas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
LABORATORIOS DE ENSAYOS DE MATERIALES  
ENSAJO DE TRACCIÓN



MÁQUINA: CONTROLS - C78200

PROYECTO:		Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático según la norma Inen 2708 de la estructura del asiento de transporte		FECHA INICIO:	25 de Enero de 2016				
AUTOR:		Fausto Sebastian Astudillo Bautista		FECHA EXP:	29 de Enero de 2016				
SOLICITADO POR:		Trabajo experimental de graduación		Ced. Ciudad:	180428185-7				
ENSAYADO POR:		Egdo. Christian Javier Revejo		N° de Orden:	N/A				
UBICACIÓN:		Laboratorio de ensayo de materiales		DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:	Probeta # 1 Acero negro ASTM A-36 bajo Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 109:2009				
# Datos:	Tiempo (S)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)	# Datos:	Tiempo (S)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)
1	0,00	0,00	0,00	0	21	153,51	19,12	191,22	0,00000
2	6,99	15,38	153,78	0	22	161,98	20,66	206,60	0,00000
3	13,09	15,31	153,11	0	23	170,28	22,20	221,98	0,00000
4	20,18	15,18	151,77	0	24	179,41	23,67	236,68	0,00000
5	27,50	14,98	149,77	0	25	189,64	25,47	254,74	0,00100
6	34,04	14,84	148,43	0	26	200,15	28,94	289,45	0,00385
7	41,36	14,71	147,09	0	27	208,78	28,42	284,15	0,00765
8	48,35	14,64	146,42	0	28	217,85	30,02	300,20	0,01225
9	56,15	14,44	144,42	0	29	227,54	31,69	316,92	0,01815
10	63,69	14,31	143,08	0	30	237,16	33,16	331,63	0,02520
11	71,06	14,17	141,74	0	31	246,18	34,63	346,33	0,03385
12	78,15	14,11	141,07	0	32	259,65	35,44	354,36	0,04190
13	85,53	13,97	139,74	0	33	271,32	36,04	360,38	0,04885
14	93,45	13,84	138,40	0	34	280,61	36,64	366,38	0,05545
15	100,93	13,71	137,06	0	35	301,01	37,17	371,74	0,06555
16	109,01	13,57	135,73	0	36	312,35	37,91	378,10	0,07715
17	117,81	13,51	135,06	0	37	332,70	38,91	389,13	0,11345
18	127,21	14,58	145,75	0	38	341,83	39,11	391,13	0,13175
19	136,62	16,25	162,47	0	39	367,57	35,74	357,40	0,19235
20	145,37	17,78	177,81	0	40	368,28	20,68	206,80	0,19515



Ing. Egidio López  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Ing. Christian Javier Revejo  
Egdo. Christian Javier Revejo  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIOS DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN**



MÁQUINA: CONTROLS - C78200

PROYECTO: Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático		FECHA INICIO: 25 de Enero de 2016							
AUTOR: según la norma inen 2708 de la estructura del asiento de transporte		FECHA EXP: 29 de Enero de 2016							
SOLICITADO POR: Fausto Sebastian Astudillo Bautista		Ced. Ciudad: 180426165-7							
ENSAYADO POR: Trabajo experimental de graduación		N° de Orden: N/A							
UBICACIÓN: Egd. Christian Javier Revejo		Probeta # 2 Acero negro ASTM A-36 bajo Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 109:2009							
Laboratorio de ensayo de materiales		DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:							
# Datos:	Tiempo (S)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)	# Datos:	Tiempo (S)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00000	21	89,76	27,95	279,47	0,012280
2	4,13	12,53	125,30	0,00000	22	94,60	29,47	294,72	0,016640
3	7,94	12,45	124,49	0,00000	23	99,52	30,90	309,03	0,021850
4	11,83	12,42	124,23	0,00000	24	104,41	32,47	324,67	0,027970
5	16,29	12,42	124,23	0,00000	25	109,48	34,00	340,05	0,035300
6	20,54	12,41	124,09	0,00000	26	114,48	35,29	352,89	0,043800
7	24,85	12,34	123,42	0,00000	27	119,71	36,35	363,45	0,052570
8	29,19	12,28	122,75	0,00000	28	124,13	37,00	370,00	0,060120
9	33,50	12,17	121,69	0,00000	29	128,63	37,44	374,42	0,067550
10	37,74	12,42	124,23	0,00000	30	133,31	37,78	377,76	0,075010
11	42,50	12,92	129,17	0,00001	31	137,86	38,02	380,17	0,082220
12	47,71	13,82	139,20	0,00006	32	142,83	38,20	382,04	0,090120
13	52,08	14,84	148,43	0,00013	33	147,60	38,31	383,11	0,097480
14	56,55	15,67	156,72	0,00023	34	163,17	38,75	387,45	0,110587
15	60,97	16,74	167,42	0,00036	35	169,91	38,95	389,46	0,120950
16	65,42	18,20	181,99	0,00077	36	175,59	39,03	390,30	0,131275
17	69,73	19,88	198,84	0,00167	37	191,13	39,11	391,13	0,155200
18	74,92	22,21	222,11	0,00319	38	196,24	39,05	390,48	0,166750
19	79,65	24,28	242,84	0,00537	39	201,68	38,65	386,45	0,179200
20	84,62	26,28	262,84	0,00843	40	207,40	34,90	349,00	0,194600



Ing. Byron-Lopez  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
 U.T.A.

Egd. Christian Javier Revejo  
**AUXILIAR LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIOS DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN**



MÁQUINA: CONTROLS - C78200

Proyecto: Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático  
 FECHA INICIO: 25 de Enero de 2016  
 FECHA EXP: 29 de Enero de 2016  
 AUTOR: Fausto Sebastian Astudillo Bautista  
 Ced. Ciud.: 180426165-7  
 SOLICITADO POR: Trabajo experimental de graduación  
 N° de Orden: N/A  
 ENSAYADO POR: Egd. Christian Javier Revejo  
 DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Probeta # 3 Acero negro ASTM A-36 bajo Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 108:2009  
 UBICACIÓN: Laboratorio de ensayo de materiales

# Datos:	Tiempo (s)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)	# Datos:	Tiempo (S)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,000000	21	58,52	35,78	357,83	0,0399100
2	3,22	10,74	107,38	0,000000	22	61,73	36,71	367,06	0,0494600
3	5,89	10,72	107,24	0,000000	23	64,89	37,36	373,61	0,0584300
4	8,83	10,75	107,51	0,000000	24	67,77	37,82	378,16	0,0664400
5	11,87	10,76	107,64	0,000000	25	70,59	38,14	381,37	0,0739600
6	14,84	10,76	107,64	0,000000	26	73,30	38,38	383,78	0,0810700
7	17,89	10,98	109,78	0,000000	27	76,35	38,58	385,78	0,0890000
8	20,50	11,85	118,48	0,000030	28	79,57	38,75	387,52	0,0972700
9	23,35	13,22	132,25	0,000110	29	82,57	38,95	388,46	0,1047600
10	26,31	15,16	151,84	0,000260	30	85,72	38,93	389,26	0,1127400
11	29,18	17,33	173,30	0,000460	31	88,49	38,98	389,79	0,1196200
12	31,83	19,27	192,89	0,000670	32	91,61	39,01	390,06	0,1272800
13	34,88	21,54	215,42	0,001110	33	94,62	39,02	390,19	0,1347900
14	37,98	23,53	235,35	0,002070	34	97,72	38,97	389,66	0,1424900
15	40,97	25,79	257,95	0,003510	35	105,75	38,87	388,68	0,1503333
16	43,72	27,81	278,14	0,005630	36	108,90	38,71	387,12	0,1648167
17	48,54	29,45	294,45	0,009450	37	112,84	38,29	382,85	0,1748500
18	49,45	31,22	312,24	0,015030	38	115,79	34,46	344,6	0,1829500
19	52,32	32,91	329,08	0,022010	39	115,87	33,50	335,0	0,1831667
20	55,68	34,54	345,38	0,031150	40	116,07	32,07	320,7	0,1836667



Ing. Byron López  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Egd. Christian Javier Revejo  
 AUXILIAR LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIOS DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**ENSAJO DE TRACCIÓN**

MAQUINA: CONTROLS - C78200



PROYECTO: Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático		FECHA INICIO: 25 de Enero de 2016							
AUTOR: Fausto Sebastian Aautudillo Bautista		FECHA EXP: 25 de Enero de 2016							
SOLICITADO POR: Trabajo experimental de graduación		Ced. Ciudad.: 180426165-7							
ENSAYADO POR: Ego. Christian Javier Revelo		N/A							
UBICACIÓN: Laboratorio de ensayo de materiales		Probeta # 4 Acero negro ASTM A-36 bajo Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 109:2009							
# Datos:	Tiempo (s)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)	# Datos:	Tiempo (S)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00000	21	42,04	35,82	358,24	0,044350
2	2,52	8,88	93,60	0,00000	22	44,27	38,56	365,59	0,051920
3	4,81	8,91	93,34	0,00000	23	46,85	37,17	371,74	0,060500
4	6,88	8,92	92,84	0,00000	24	48,95	37,58	375,75	0,067500
5	8,70	9,15	92,67	0,00000	25	51,16	37,91	379,10	0,074850
6	10,85	9,51	95,07	0,00000	26	53,22	38,18	381,77	0,081730
7	13,08	10,79	107,91	0,00005	27	55,15	38,36	383,64	0,088150
8	15,24	12,54	125,43	0,00019	28	57,16	38,52	385,25	0,094850
9	17,23	14,16	141,61	0,00034	29	59,61	38,67	386,72	0,103010
10	19,27	16,09	160,87	0,00056	30	61,55	38,77	387,65	0,109470
11	21,43	18,61	186,14	0,00088	31	63,50	38,85	388,46	0,116050
12	23,48	21,26	212,61	0,00140	32	65,48	38,87	388,72	0,122690
13	25,68	23,76	237,62	0,00260	33	67,71	38,90	388,99	0,130160
14	27,82	26,04	260,35	0,00463	34	69,78	38,90	388,99	0,137080
15	29,80	27,77	277,74	0,00771	35	72,04	38,85	388,46	0,144650
16	31,78	28,35	293,52	0,01211	36	74,44	38,78	387,79	0,152650
17	33,73	31,08	310,77	0,01738	37	76,79	38,63	386,32	0,160530
18	35,66	32,55	325,41	0,02329	38	79,39	38,30	383,97	0,169270
19	37,79	33,90	339,00	0,03018	39	81,25	37,76	377,59	0,175150
20	38,78	34,81	348,10	0,03680	40	83,25	37,60	376,02	0,182167



Ego. Christian Javier Revelo  
**AUXILIAR LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



JPG. Byron López  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**LABORATORIOS DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN**



MAQUINA: CONTROLS - C78200

Proyecto: Análisis mediante el método de elementos finitos del ensayo estático  
 FECHA INICIO: 25 de Enero de 2016  
 FECHA EXP: 29 de Enero de 2016  
 AUTOR: Fausto Sebastian Astudillo Bautista  
 Cad. Ciudad: 180426165-7  
 SOLICITADO POR: Trabajo experimental de graduación  
 N° de Orden: N/A  
 ENSAYADO POR: Ego. Christian Javier Revelo  
 DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Probeta # 5 Acero negro ASTM A-36 bajo Norma Técnica ecuatoriana NTE INEN 109:2009

# Datos:	Tiempo (s)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)	# Datos:	Tiempo (S)	Carga (KN)	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00000	21	36,91	36,63	366,26	0,052120
2	1,80	14,75	147,49	0,00000	22	38,92	37,11	371,07	0,058770
3	3,41	14,72	147,23	0,00000	23	40,59	37,44	374,42	0,064370
4	4,94	14,74	147,36	0,00000	24	42,29	37,72	377,22	0,070030
5	6,56	14,68	146,82	0,00000	25	44,09	37,96	379,63	0,076020
6	8,23	14,67	146,69	0,00000	26	45,80	38,15	381,50	0,081780
7	9,91	14,78	147,76	0,00000	27	47,63	38,32	383,24	0,087800
8	11,48	15,75	157,52	0,00001	28	49,43	38,46	384,58	0,093800
9	13,34	17,38	173,84	0,00010	29	51,37	38,58	385,78	0,100300
10	15,22	19,47	194,70	0,00030	30	53,38	38,69	386,95	0,107080
11	16,98	21,22	212,21	0,00057	31	55,56	38,75	387,52	0,114400
12	18,72	23,27	232,67	0,00105	32	57,68	38,81	388,06	0,121520
13	20,51	25,70	257,01	0,00220	33	59,84	38,92	388,19	0,128060
14	22,32	27,27	272,66	0,00519	34	61,67	38,93	388,32	0,134830
15	23,93	28,96	289,64	0,00936	35	63,55	38,81	388,06	0,141100
16	25,70	30,77	307,69	0,01478	36	65,86	38,78	387,79	0,148780
17	27,70	32,45	324,54	0,02134	37	68,21	38,65	386,45	0,156680
18	29,49	33,63	336,31	0,02719	38	70,21	38,48	384,80	0,163480
19	31,18	34,57	345,70	0,03277	39	72,57	38,03	379,60	0,171310
20	33,06	36,40	363,95	0,03910	40	74,95	37,45	374,50	0,177410

Ingeniero Byron López  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



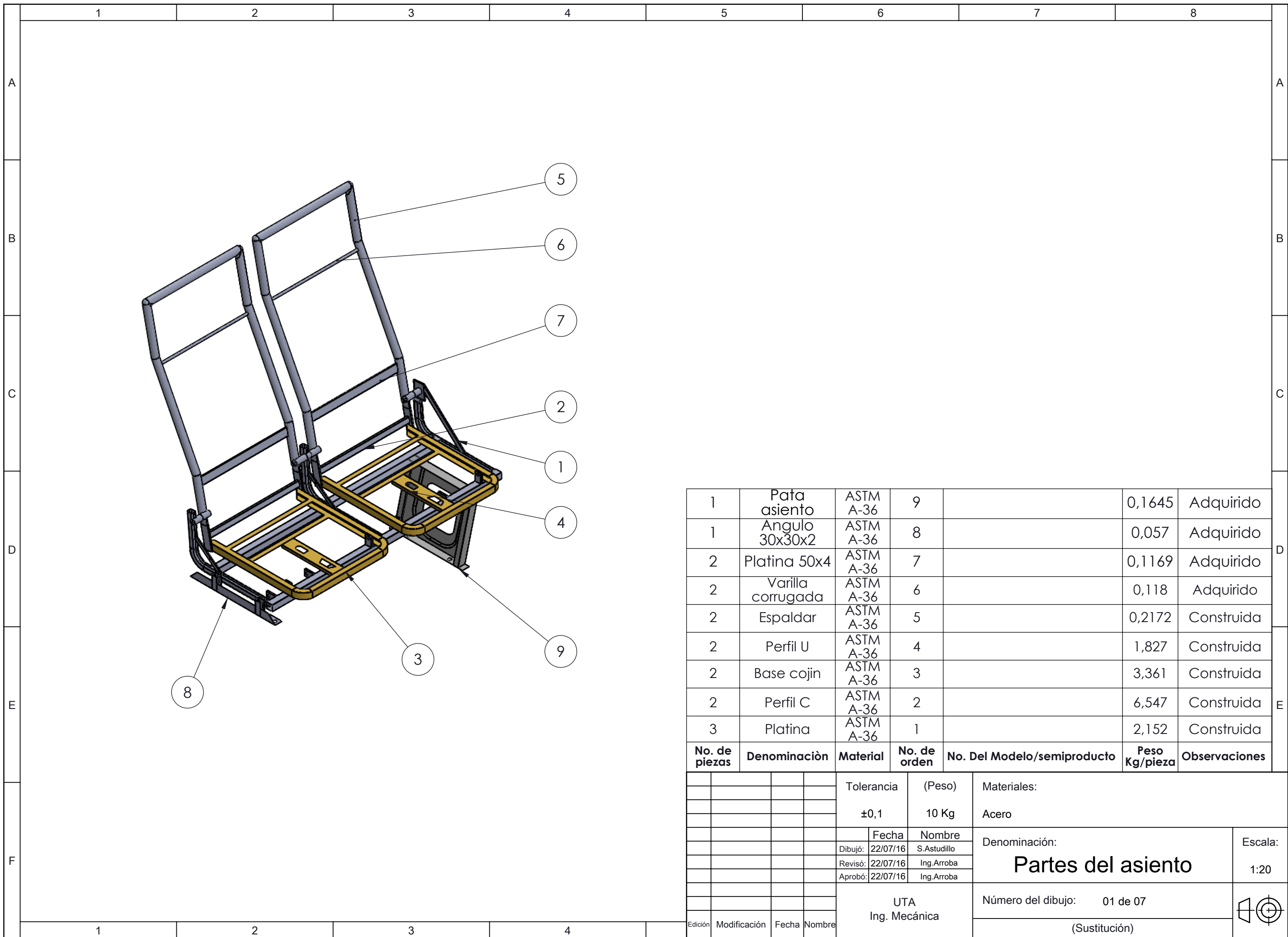
Ego. Christian Javier Revelo  
 AUXILIAR LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



# **Anexo D1**

## Planos





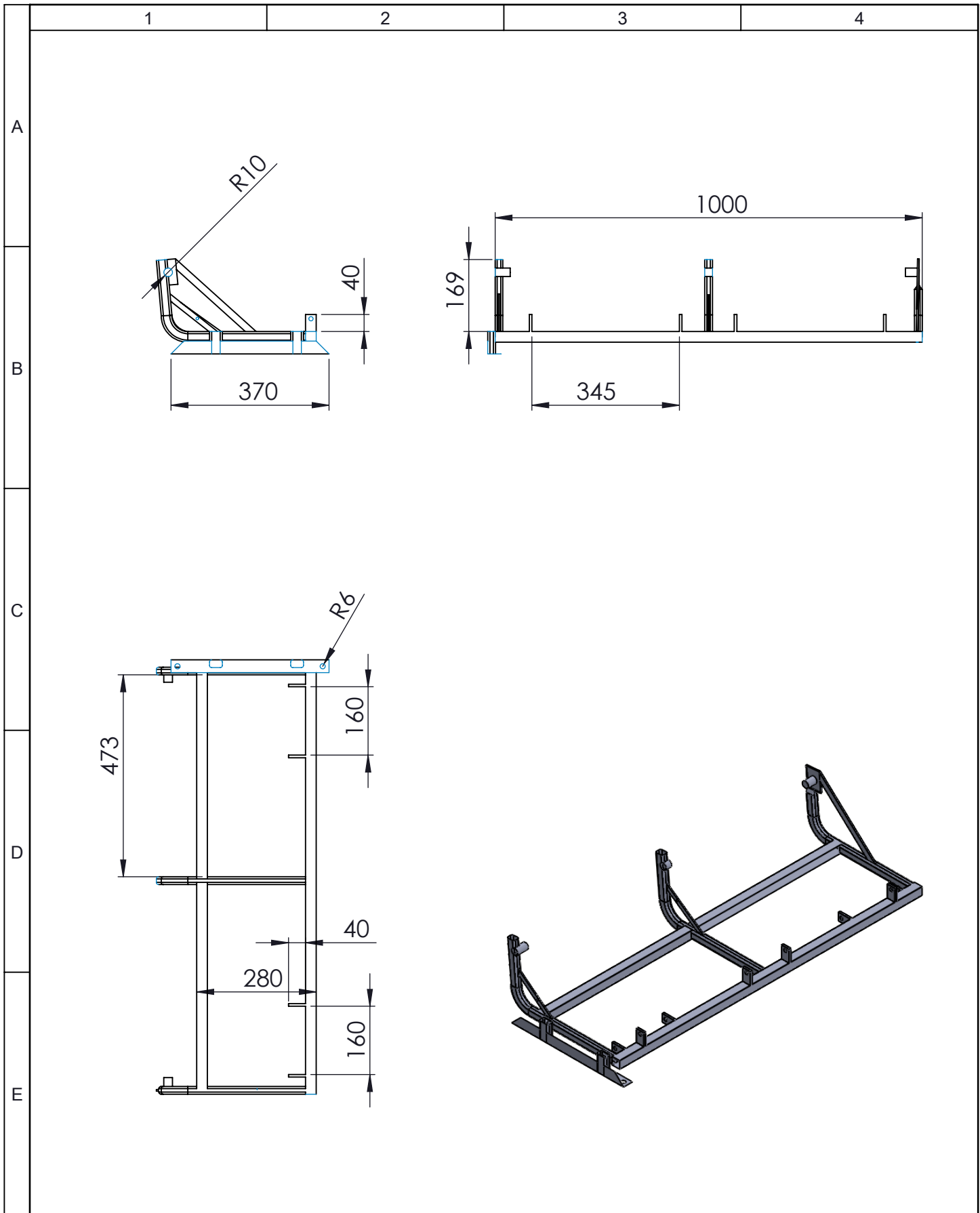
No. de piezas	Denominación	Material	No. de orden	No. Del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
1	Pata asiento	ASTM A-36	9		0,1645	Adquirido
1	Angulo 30x30x2	ASTM A-36	8		0,057	Adquirido
2	Platina 50x4	ASTM A-36	7		0,1169	Adquirido
2	Varilla corrugada	ASTM A-36	6		0,118	Adquirido
2	Espaldar	ASTM A-36	5		0,2172	Construida
2	Perfil U	ASTM A-36	4		1,827	Construida
2	Base cojin	ASTM A-36	3		3,361	Construida
2	Perfil C	ASTM A-36	2		6,547	Construida
3	Platina	ASTM A-36	1		2,152	Construida

Tolerancia		(Peso)		Materiales:	
±0,1		10 Kg		Acero	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dibujó: 22/07/16		S.Astudillo		Partes del asiento	
Revisó: 22/07/16		Ing.Arroba			
Aprobó: 22/07/16		Ing.Arroba			
UTA Ing. Mecánica				Número del dibujo: 01 de 07	
Edición				(Sustitución)	
Modificación				Escala: 1:20	
Fecha					
Nombre					

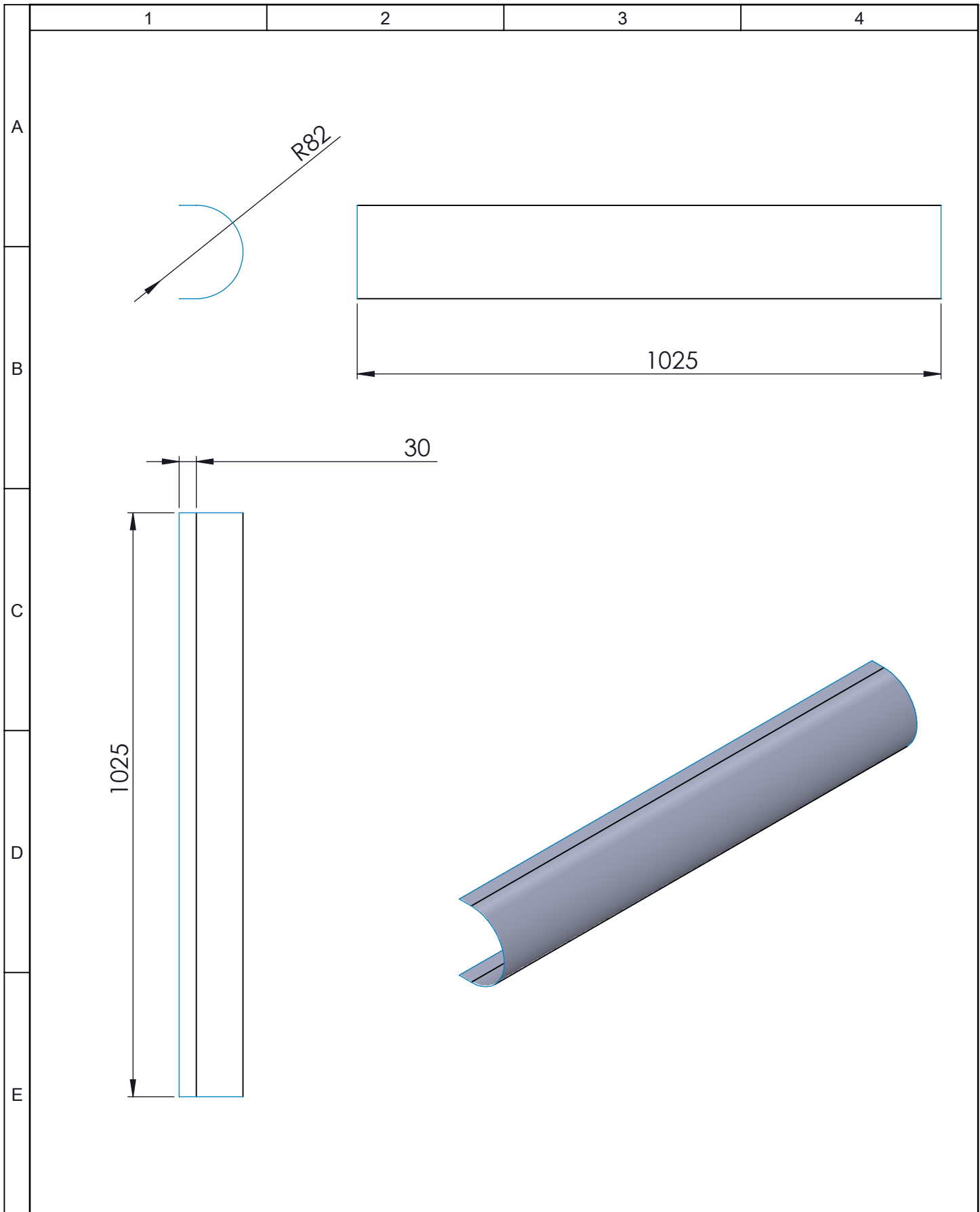




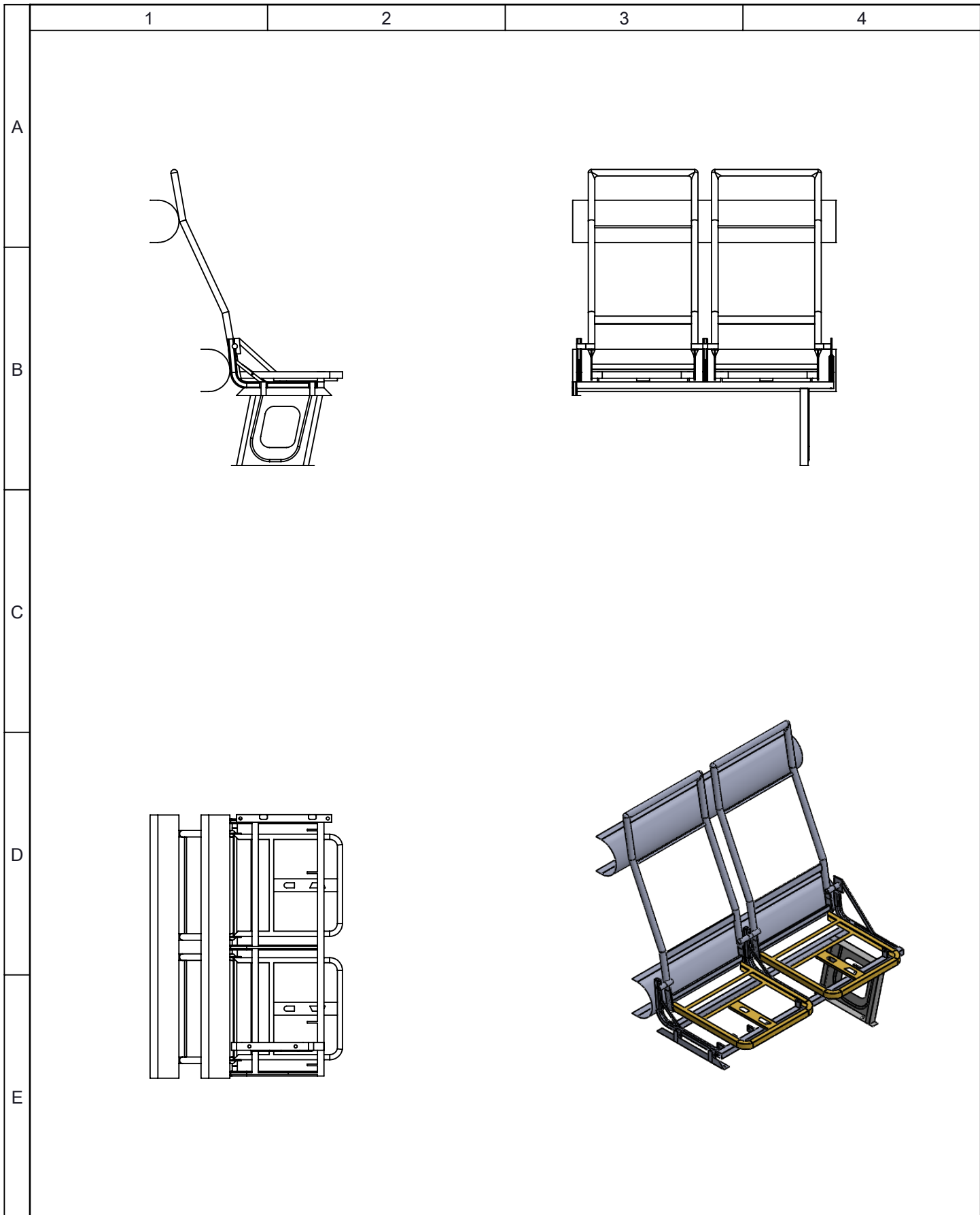




				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	3,361 Kg	Acero ASTM A-500	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 12/07/16	S.Astudillo		
				Revisó: 22/07/16	Ing.Arroba		
				Aprobó: 22/07/16	Ing.Arroba	Base principal	1:10
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	3,361 Kg	Acero ASTM A-500	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 12/07/16	S.Astudillo		
				Revisó: 22/07/16	Ing.Arroba		
				Aprobó: 22/07/16	Ing.Arroba	Piston	1:10
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	3,361 Kg	Acero ASTM A-500	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	12/07/16	S.Astudillo		
			Revisó:	22/07/16	Ing.Arroba		
				Aprobó:	22/07/16	Ing.Arroba	1:10
				UTA		Número del dibujo: 07 de 07	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica			