



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

INGENIERÍA EN SISTEMAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**Soluciones Innovadoras para la Movilidad:
Asiento de Copiloto Adaptado para
Personas con Movilidad Reducida**

Alumno: D. ALONSO PARRA FERNÁNDEZ

Director: D. JUAN JOSÉ BERTOL LORENZO

JUNIO 2025

TÍTULO: SOLUCIONES INNOVADORAS PARA LA MOVILIDAD: ASIENTO DE
COPILOTO ADAPTADO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA

AUTOR: ALONSO PARRA FERNÁNDEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO: JUAN JOSÉ BERTOL LORENZO

FECHA: 8 de junio de 2025

RESUMEN

Este trabajo de final de grado tiene como finalidad la creación de un mecanismo que mejore la integración de las personas con movilidad reducida en el mundo actual. Basándose en una necesidad social, este trabajo abarca desde el diseño hasta el proceso de fabricación de la pieza, incluyendo además un estudio de mercado que aportará una perspectiva al estudio acerca de la viabilidad de este proyecto en el mundo real.

El cometido final de este proyecto es la realización de un informe detallado que recoja el proceso al completo de la creación del mecanismo. Se verá en detalle todo el proceso de diseño pieza por pieza en software 3D. Este diseño estará sujeto a una mejora continua pues, a medida que se va desarrollando el proyecto, se irán encontrando fallos a corregir para poder presentar una solución viable y que cumpla con los requisitos exigidos en ensayos y normas. En el proceso de fabricación se abordarán las máquinas y los métodos utilizados para conformar cada pieza, mientras que en el estudio de mercado se analizarán los costes, los ingresos en distintos escenarios de venta, y se creará una cuenta de pérdidas y ganancias para otorgarle un mayor realismo al proyecto. Además, serán de vital importancia anexos como los planos de la pieza o especificaciones de los materiales a utilizar en el proceso, así como cualquier documento adicional que complemente al estudio de mercado u otros puntos del proyecto.

Palabras clave: movilidad, accesibilidad, diseño mecánico, análisis, simulación

ABSTRACT

This bachelor's degree final project has as its main purpose the creation of a mechanism that improves the integration of people with reduced mobility in today's world. Based on a social need, this project covers everything from the design to the part manufacturing process, including a market study which will provide perspective on the viability of this project in the real world.

This project's ultimate purpose is to produce a detailed report that encompasses the complete process of creating the mechanism. The entire design process will be detailed piece by piece using 3D software. This design will be under constant review because, as the project develops, flaws will be detected and rectified in order to present a viable solution that meets the requirements stated by laws and simulations. The manufacturing process will address the machines and methods used to form each part, while the market study will analyze costs and revenues in different sales scenarios, as well as creating a profit and loss account which will give the project greater realism. Additionally, annexes such as the piece's plans, specifications of the materials to be used in the process, as well as any additional documentation that complements the market study or other project sections will be of vital importance

Key words: mobility, accessibility, mechanical design, analysis, simulation

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT.....	3
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Justificación	11
1.2 Objetivos	12
1.3 Alcance	12
1.3.1 Ámbito de estudio	12
1.3.2 Limitaciones	12
1.4 Cronograma	14
Capítulo 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 La discapacidad en España	15
2.1.1 Estudios de personas con valoración de discapacidad según INE 16	
2.1.2 Encuestas de discapacidad	20
Capítulo 3. MARCO NORMATIVO	23
3.1 Consideraciones iniciales.....	23
3.1.1 Solicitud de homologación	24
3.1.2 Requisitos generales	24
3.2 Ensayos	25
3.2.1 Ensayo de resistencia del anclaje del asiento y los sistemas de regulación, enclavamiento y desplazamiento	25
3.2.2 Ensayo de resistencia estructural frente a cargas estáticas	26
Capítulo 4. DISEÑO DEL ENSAMBLAJE	27
4.1 Aspectos del diseño	27
4.1.1 Funciones	27
4.1.2 Requerimientos y restricciones	28
4.2 Tipología del mecanismo	28
4.2.1 Ensamblaje mecánico-eléctrico:	29

4.2.2	Ensamblaje mecánico	29
4.3	Proceso de diseño 3D	30
4.4	Materiales utilizados.....	40
4.4.1	Aceros.....	40
4.4.2	Aluminio y aleaciones ligeras.....	42
4.4.3	Polímeros técnicos.....	43
4.5	Descripción general del diseño preliminar	44
4.6	Diseño de tornillería	45
4.6.1	Tornillos conectores suelo-raíl	45
4.6.2	Tornillos conectores raíl-base inferior	46
4.6.3	Tornillos conectores raíl-base superior	46
4.7	Diseño de muelles.....	47
4.7.1	Muelle de la base inferior	47
4.7.2	Muelle de ajuste del botón superior	48
4.8	Diseño de rodamientos	48
4.8.1	Jaula de rodillos seleccionada	50
4.8.2	Rodamientos de los raíles inferiores.....	50
4.8.3	Rodamientos de los raíles superiores.....	52
4.9	Simulación y ensayos	52
4.9.1	Resultados del ensayo de resistencia del anclaje del asiento y los sistemas de regulación, enclavamiento y desplazamiento	52
4.9.2	Resultados del ensayo de resistencia estructural frente a cargas estáticas 55	
4.10	Descripción general del diseño final.....	61
Capítulo 5.	PROCESO DE FABRICACIÓN	62
5.1	Desglose pieza por pieza.....	62
5.1.1	Guías y raíles.....	62
5.1.2	Enclavamientos inferiores.....	63
5.1.3	Enclavamiento superior	63
5.1.4	Barra de ajuste y barra de unión.....	64
5.1.5	Bases o plataformas	65
5.1.6	Piezas 3D	65
5.2	Método de ensamblaje.....	66
Capítulo 6.	ESTUDIO DE MERCADO	74

6.1	Análisis de competencia	74
6.1.1	Fabricantes del sector.....	74
6.2	Análisis DAFO.....	75
6.3	Delimitación del mercado y análisis de la demanda.....	76
6.3.1	Estimaciones de venta	79
6.4	Costes del proyecto	82
6.4.1	Costes iniciales	82
6.4.2	Costes estructurales	82
6.4.3	Costes variables	83
6.4.4	Amortizaciones	84
6.4.5	Flujos de caja e indicadores VAN y TIR.....	85
ANEXOS		89
BIBLIOGRAFÍA		200

Índice de Figuras

Ilustración 1 - Gráfico de personas valoradas según G.D.	16
Ilustración 2 - Detalle de valorados con G.D.>33% por rangos de edad	17
Ilustración 3 - Evolución en los últimos años de valorados con G.D.>33%	17
Ilustración 4 - Personas con discapacidad valorada por rango de edad	18
Ilustración 5 - Dsistribución porcentual de personas valoradas por tipo de deficiencia	18
Ilustración 6 - Detalle de división por rangos de edad de cada tipo de deficiencia	19
Ilustración 7 – Resultados de la encuesta sesgados por edad y género.....	21
Ilustración 8 - Dificultades en acceso y desplazamientos en el transporte según grupo de edad y sexo	21
Ilustración 9 - Ajuste longitudinal.....	27
Ilustración 10 - Giro del asiento.....	28
Ilustración 11 - Agujeros para sujeción por tornillos M10	31
Ilustración 12 - Superficie dentada del raíl inferior	32
Ilustración 13 - Raíl superior del ajuste longitudinal	32
Ilustración 14 - Diseño preliminar del mecanismo de cerrojo	33
Ilustración 15 - Mecanismo del ajuste longitudinal	33
Ilustración 16 - Base para el giro.....	34
Ilustración 17 - Barra conectora entre mecanismos y base superior.....	34
Ilustración 18 - Rodamiento acoplado a la base.....	35
Ilustración 19 - Acople de la base giratoria al rodamiento	35
Ilustración 20 - Ensamblaje de la plataforma giratoria.....	36
Ilustración 21 - Diseño del mecanismo de restricción al giro.....	36
Ilustración 22 - Anilla del cerrojo	37
Ilustración 23 - Pieza de fijación.....	38
Ilustración 24 - Mecanismo del botón.....	38
Ilustración 25 - Fijación del despliegue exterior a su base	39
Ilustración 26 - Ensamblaje final.....	39
Ilustración 27 – Simulación de posición del muelle de los raíles inferiores	47
Ilustración 28 - Muelle en el mecanismo del botón.....	48
Ilustración 29 - Jaula plana de rodillos utilizada	49
Ilustración 30 - Esquema de posición de rodamientos en raíles inferiores.....	51
Ilustración 31 - Corte para el alojamiento de rodamientos	51
Ilustración 32 - Esquema de posición de rodamientos en raíles superiores.....	52
Ilustración 33 - Deformación total en ensayo de impacto frontal con asiento en posición un grado más atrasado de la máxima posible	54
Ilustración 34 - Tensión en ensayo de impacto frontal con asiento en posición un grado más atrasado de la máxima posible	54

Ilustración 35 - Factor de seguridad en ensayo de impacto frontal con asiento en posición un grado más atrasado de la máxima posible	55
Ilustración 36 - Cambios aplicados en la parte superior del ensamblaje	56
Ilustración 37 - Implementación del raíl central	57
Ilustración 38 - Deformaciones en ensayo de carga axial con asiento recogido	57
Ilustración 39 - Deformaciones 200x en ensayo de carga axial con asiento recogido	58
Ilustración 40 - Tensiones en ensayo de carga axial con asiento recogido	58
Ilustración 41 - Coeficiente de seguridad en ensayo de carga axial con asiento recogido	58
Ilustración 42 - Deformaciones en ensayo de carga axial con asiento extendido	59
Ilustración 43 - Tensión en ensayo de carga axial con asiento extendido	59
Ilustración 44 - Coeficiente de seguridad en ensayo de carga axial con asiento extendido	60
Ilustración 45 - Esquema de colores final	61
Ilustración 46 - Esquema de colores final II	61
Ilustración 47 – Ejemplo de raíl superior	63
Ilustración 48 – Ajuste inferior del lado derecho	63
Ilustración 49 - Botón con el mecanismo de ajuste	64
Ilustración 50 - Barra de ajuste longitudinal	64
Ilustración 51 – Barra conectora entre mecanismos y base	65
Ilustración 52 - Bases principales del ensamblaje	65
Ilustración 53 - Cilindro, pasador y carcasa de ABS	66
Ilustración 54 - Pasos 1 y 2 del ensamblaje	66
Ilustración 55 - Paso 3 del ensamblaje	67
Ilustración 56 - Paso 4 del ensamblaje	67
Ilustración 57 - Paso 5 del ensamblaje	67
Ilustración 58 - Paso 6 del ensamblaje	68
Ilustración 59 - Paso 7 del ensamblaje	68
Ilustración 60 - Pasos 8, 9 y 10 del ensamblaje	69
Ilustración 61 - Paso 11 del ensamblaje	69
Ilustración 62 - Paso 12 del ensamblaje	70
Ilustración 63 - Paso 13 del ensamblaje	70
Ilustración 64 - Paso 14 del ensamblaje	71
Ilustración 65 - Paso 15 del ensamblaje	71
Ilustración 66 - Paso 16 del ensamblaje	72
Ilustración 67 - Pasos 17, 18 y 19 del ensamblaje	72
Ilustración 68 - Paso 20 del ensamblaje	73
Ilustración 69 - Benchmark de la competencia	75
Ilustración 70 - Análisis DAFO	76

Ilustración 71 - Distribución por grupos de la población española con movilidad reducida	77
Ilustración 72 - Porcentaje de personas mayores de 65 años en España basado en las Proyecciones de Población del INE	77
Ilustración 73 - Problemas de accesibilidad debidos a la discapacidad por tipo de discapacidad (EDAD 2020)	78
Ilustración 74 - Porcentaje de personas con G:D. entre el 33% y el 100% sobre la población	79
Ilustración 75 - Gráfico de % de personas mayores de 65 años por provincia en España (2024).....	79
Ilustración 76 - Proyección de la demanda anual de asientos fundamentada en el Escenario base.....	80
Ilustración 77 - Proyección de la demanda anual de asientos fundamentada en el Escenario de alto rendimiento	81

Índice de Tablas

Tabla 1 - Cronograma del proyecto.....	14
Tabla 2 - Mediciones del espacio disponible	30
Tabla 3 - Propiedades Acero AISI 1045	41
Tabla 4 - Propiedades Acero AISI 6150 (50CrV4).....	41
Tabla 5 - Propiedades Aluminio 6061-T6	42
Tabla 6 - Propiedades Acrilonitrilo butadieno estireno	44
Tabla 7 - Especificaciones del mecanismo preliminar.....	44
Tabla 8 - Guía de colores	44
Tabla 9 - Esquema de colores I.....	44
Tabla 10 - Esquema de colores II.....	45
Tabla 11 - Especificaciones del mecanismo final	61
Tabla 12 - Guía de colores	61
Tabla 13 - Escenario base.....	80
Tabla 14 - Escenario de alto rendimiento	81
Tabla 15 - Costes iniciales	82
Tabla 16 - Costes estructurales.....	83
Tabla 17 - Coste en consumibles por ensamblaje.....	83
Tabla 18 - Coste de materiales por ensamblaje	83
Tabla 19 - Costes de comercialización por ensamblaje	84
Tabla 20 - Coste variable total.....	84
Tabla 21 - Gastos de amortizaciones	84
Tabla 22 - Flujo de caja en escenario estándar.....	85
Tabla 23 - Flujo de caja en escenario de alto rendimiento	87

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Para afrontar este trabajo de fin de grado de ingeniería industrial especializada en mecánica y automoción se va a remontar hasta los orígenes de la ingeniería como disciplina. Por definición la ingeniería se basa en aplicar diversos conocimientos, ya sean científicos, matemáticos o de cualquier índole para dar solución a un problema dado.

Debido a que ya entrado el siglo XXI los problemas a los que no se les ha dado una respuesta son escasos, la ingeniería ha entrado en una etapa de búsqueda continua de mejoras y de nuevas oportunidades. En ese proceso de búsqueda continua de mejoras es fácil identificar que no todas las personas tienen las mismas capacidades y, por tanto, el mundo puede no estar adaptado a ellos de la forma en la que está pensado.

El tiempo transcurre sin dejar a nadie atrás, y en el proceso de ver envejecer a la gente que te rodea es fácil identificar sus problemas diarios y sus limitaciones. Fue de esta forma cómo surgió la idea de este trabajo de fin de grado.

Se identificaron en personas de la tercera edad bastantes dificultades para acceder a los asientos de copiloto de un vehículo, y se propuso dar una solución a este problema. La realización de giros de cadera, agacharse y el movimiento con las piernas para entrar al vehículo suponen todo un reto para la mayoría de las personas de avanzada edad, y ver cómo necesitan realizar ese esfuerzo para una acción que el resto de las personas dan por sentada en su día a día hace pensar que seguramente existirán más colectivos con esta problemática. Desde este punto de partida se plantea una investigación acerca de quién se ve beneficiado por este proyecto, así como empieza la búsqueda y planteamiento de alternativas que den una solución a este problema.

1.1 Justificación

La inclusión de las personas más vulnerables es un objetivo por el que la sociedad pelea cada día con más fuerza. Dentro de este grupo de personas se encuentran, entre muchos otros colectivos, personas con diferentes enfermedades y/o discapacidades ya sean físicas o mentales. En este proyecto se abarcarán todas aquellas personas cuya condición les impida realizar su movimiento corporal de forma natural. Esta afirmación hace referencia a personas con dificultades para agacharse, girar, o cualquier otra acción que pueda limitar la entrada y/o salida del individuo del vehículo. Algunos de los grupos más extendidos que sufren estas limitaciones pueden ser ancianos,

personas con problemas de espalda como el lumbago, víctimas de accidentes (concentrándose la mayoría de los casos en accidentes de tráfico o laborales) o personas con discapacidad.

1.2 Objetivos

Este trabajo nace con el propósito de mejorar la vida de personas de las que los diseñadores de automóviles, el medio de transporte más extendido a nivel mundial, se han olvidado. En una época en la que la inclusión está a la orden del día, sigue habiendo minorías que de una forma u otra ven cómo sus condiciones psicomotrices les aíslan del resto del mundo. Una vez ya definido el objetivo general, se han propuesto una serie de pasos a seguir, que, una vez cumplidos, darán como resultado un proyecto muy completo. Los objetivos específicos del proyecto serán los siguientes:

- Estudio de las diferentes normativas que limitan el proyecto
- Análisis de los precedentes que motivan y dan sentido al trabajo
- Diseño y modelado en tres dimensiones del mecanismo adaptable
- Descripción en detalle del proceso de fabricación de la pieza
- Estudio de mercado acerca de la viabilidad de la pieza como solución comercial
- Análisis de los resultados obtenidos y redacción de conclusiones

1.3 Alcance

Todo proyecto de grandes dimensiones como puede ser un trabajo de final de grado debe quedar acotado por unos límites bien establecidos acerca de qué debe y qué no debe abarcar el estudio.

1.3.1 Ámbito de estudio

Serán objeto de estudio y por tanto contenido del proyecto las siguientes cuestiones:

- Diseño de un ensamblaje de accionamiento mecánico con 2 grados de libertad (movimiento hacia delante-detrás y giro)
- Realización de pruebas al ensamblaje a través de entornos simulados
- Descripción detallada del proceso de fabricación incluyendo la selección de material/es, máquinas a utilizar y operaciones del conformado
- Estudio de mercado basado en los datos proporcionados por el INE

1.3.2 Limitaciones

Para que el proyecto sea plausible hay que conocer y definir las cuestiones que lo limitan, dividiendo las mismas en diferentes categorías:

1.3.2.1 Técnicas

- Si bien se diseñará el mecanismo acorde a la reglamentación vigente, no se incluirán en el proyecto los documentos necesarios para su inspección técnica como pueden ser certificados de calidad o manuales de funcionamiento
- Si bien se puede realizar un asiento de esta índole con motores eléctricos, la intención de este proyecto es realizar un asiento únicamente mecánico, lo que puede suponer una mayor complejidad en el diseño
- La solución adoptada intentará facilitar el acceso al mayor número posible de personas, pero al haber tantas casuísticas posibles, puede que algunos ejemplos sigan experimentando esa dificultad a la hora de sentarse

1.3.2.2 Económicas

- Dado que la fabricación del ensamblaje constituiría un gasto económico inasequible ahora mismo por el autor, no se fabricará a tamaño real la solución adoptada. Por otro lado, no se descarta la fabricación de una maqueta a menor escala como modelo.
- En el momento de calcular el coste de producción de la pieza se calculará una aproximación al dato y no el dato exacto debido

1.3.2.3 Temporales

- El alcance de este trabajo debe estar en todo caso alineado con el tiempo designado a la realización del proyecto, pudiendo ser este un factor limitante a la hora de profundizar en ciertos contenidos del trabajo

1.3.2.4 Pruebas prácticas

- El proyecto no abarcará la instalación de la solución en un vehículo real
- No se dispondrá de una muestra del ensamblaje por lo que no se podrán realizar las pruebas de validación necesarias en entornos reales.

1.3.2.5 Normativas

- Se dispondrá del máximo material posible en cuanto a legislaciones vigentes para diseñar el ensamblaje, sin embargo, las normas están sujetas a cambios lo que podría dejar al ensamblaje fuera del marco legal en un futuro hipotético

1.4 Cronograma

TAREAS	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
Definición de alcance y objetivos del proyecto																				
Búsqueda de información acerca del contexto y los precedentes que justifican el proyecto																				
Creación del cronograma para la distribución de tareas y tiempo																				
Diseño y modelado 3d de la pieza																				
Descripción y estudio del proceso de fabricación																				
Redacción y análisis del estudio de mercado																				
Conclusiones finales																				
Revisión final de contenido y formato																				
Entrega del proyecto definitivo y documentos adicionales																				
Preparación de las diapositivas																				
Entrega y presentación de las diapositivas																				

Tabla 1 - Cronograma del proyecto

Capítulo 2. MARCO TEÓRICO

Todo proyecto debe estar fundamentado en una fuerte base teórica, que en este caso se apoyará en los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) acerca de las personas con discapacidad, y basándose en otras fuentes como encuestas estatales para realizar una estimación acerca de toda la población que pueda verse afectada por el problema propuesto.

Se comenzará haciendo una exposición sobre las personas con discapacidad y su situación en España, en concreto, sobre aquellas personas con movilidad reducida de forma que se vea una aplicación real al asiento adaptado, para posteriormente profundizar en datos de la demografía española que justifiquen este proyecto.

Cabe destacar un cambio en el formato de presentación de los datos del INE a partir de los últimos registros, los del año 2023, por lo que la continuidad en las categorías de discapacidad y demás distinciones que se hacen en los años 2021 y 2022 pueden no tener continuidad en la base de datos del año 2023. Esto puede suponer cierta fluctuación en los datos obtenidos ya que no existe la certeza acerca de qué se ha considerado para cada categoría. Por otra parte, a pesar de no estar publicados en el INE de forma pública, se cuenta también con algunos datos específicos de la cifra del año 2024 obtenidos a partir del Plan de Salud de la Consejería de Sanidad de Castilla-La Mancha

2.1 La discapacidad en España

Con una población cada vez más envejecida y que disminuye cada año, la cifra de discapacitados en España se ha mantenido en los últimos años en valores ciertamente similares. Este dato, si bien representa ahora mismo un porcentaje en torno a un 6-7% de la población total española, es muy probable que experimente un gran aumento en los próximos años debido a la llegada de la generación del fenómeno demográfico del “Baby Boom” a las etapas más avanzadas de su vida. Como se estudiará en profundidad más adelante, las personas de mayor edad son más propensas a sufrir cualquier tipo de discapacidad (en especial trastornos de la movilidad), lo que las convierte en uno de los principales grupos de estudio de este trabajo.

Si bien a efectos prácticos de este estudio todos los casos serán un conjunto más de estudio, a la hora de hacer referencia a los datos disponibles se debe hacer una clara distinción entre aquellas personas que presentan una limitación, aquellas personas que presentan cierto grado de discapacidad (ya sea por encima o por debajo del 33%) sin reconocer o sin valorar, y aquellas personas

que presentan una discapacidad y que sí que poseen una valoración acerca de su grado.

2.1.1 Estudios de personas con valoración de discapacidad según INE

Estos estudios hacen referencia a todas aquellas personas que, siendo poseedoras de cierto grado de discapacidad, han sido sujetos de una valoración.

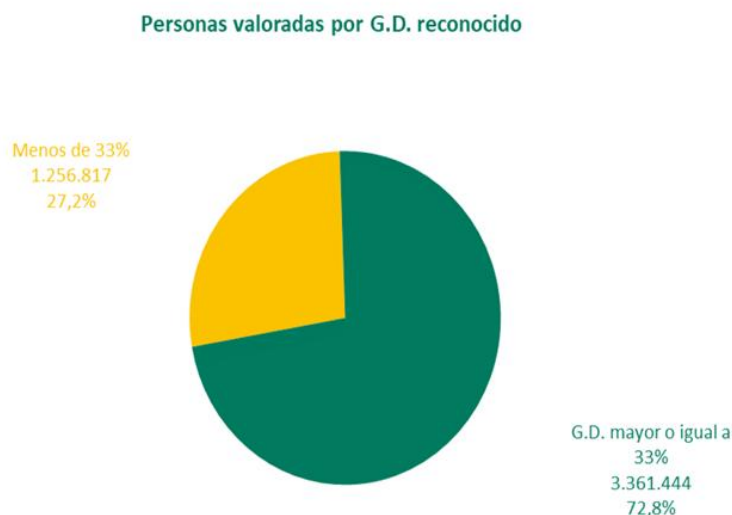


Ilustración 1 - Gráfico de personas valoradas según G.D.

En la valoración del año 2023 se dataron 4.618.261 personas, lo que supone un descenso de un 2,5% de personas encuestadas que sólo se ha acabado traduciendo en una disminución en torno al 1% de personas con G.D. mayor al 33%. Destaca también que, prácticamente en todos los boletines del INE que se han revisado, el reparto entre géneros de personas con un grado mayor al 33% es prácticamente un 50%-50%.

Es importante recalcar que el grupo de población hacia el que va encaminado este tipo de estudios es hacia las personas con un grado de discapacidad mayor a 33%, a partir del cual se empieza a considerar una discapacidad moderada.

En los últimos 3 años, la cifra se ha mantenido con variaciones en torno al $\pm 3\%$, lo que replica una ralentización en el aumento del número total de discapacitados valorados que se venía produciendo en los últimos años, hablando de un incremento de 500.000 personas entre 2008 y 2020. Esta deceleración puede achacarse al COVID-19, virus que entre 2020 y 2021 provocó una pandemia mundial y que fue letal, sobre todo, para adultos y personas de avanzada edad.

En una gráfica como la siguiente se puede apreciar la distribución de la discapacidad valorada en España entre 2021 y 2023

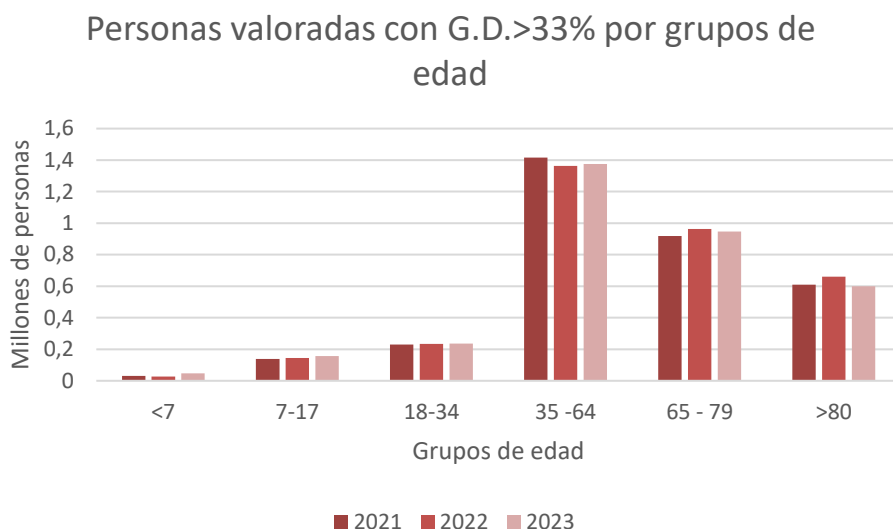


Ilustración 2 - Detalle de valorados con G.D.>33% por rangos de edad

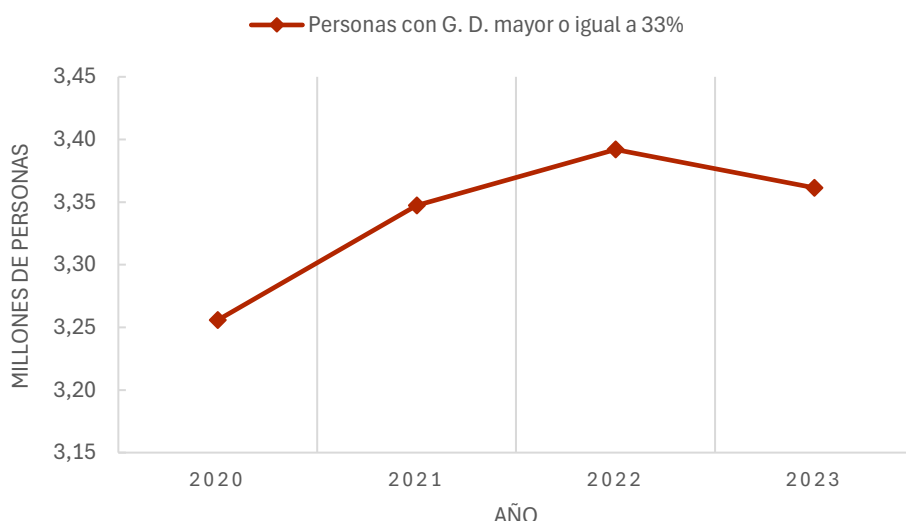


Ilustración 3 - Evolución en los últimos años de valorados con G.D.>33%

En ella se puede vislumbrar la evolución que deberían haber seguido los grupos de población mayores a 35 años de no ser por la pandemia. En los tres arcos de menor edad (<7, 7-17, 18-34) la cifra de personas valoradas sigue aumentando y debería ser ciertamente representativa de la evolución real que debería haber seguido la población.

De igual manera, se debe tener en consideración que estos datos no representan la cifra total de discapacitados residentes en España, sino de todos aquellos que presentan una valoración de su discapacidad, por lo que estos datos son representativos más sobre la evolución de la cifra de la discapacidad, que de la naturaleza de esta.

Personas con discapacidad por edad

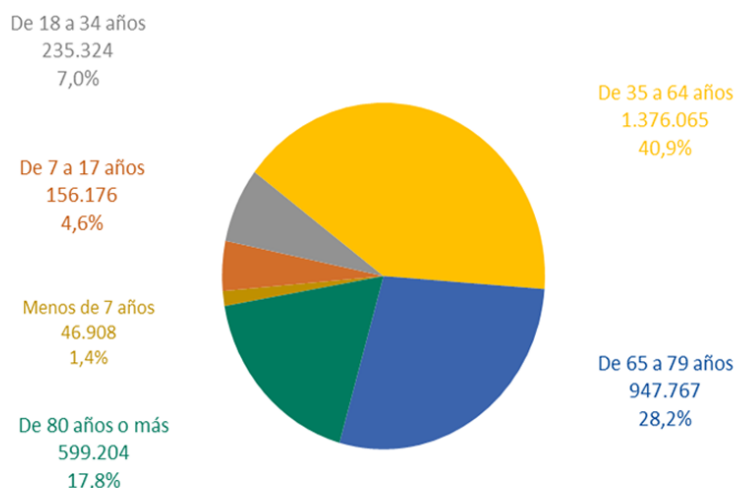


Ilustración 4 - Personas con discapacidad valorada por rango de edad

Aunque ya visto anteriormente en la ilustración número 1, el desglose del ciclo 2023 revela que cerca del 96% de las personas que sufren algún tipo de discapacidad ya podrían sentarse en el asiento de copiloto de un vehículo cualquiera (se resta un 1,4% de menores de 7 años y se considera que la mitad del grupo entre los 7 y 17 años ya dispondrán de la estatura necesaria para poder ocupar ese asiento dentro del vehículo).

Personas con G.D. entre 33% y 100% por tipo de deficiencia que más afecta

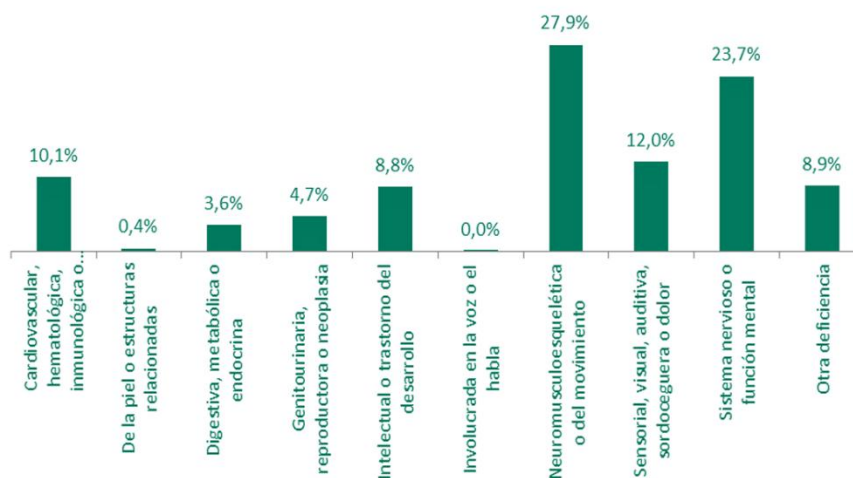


Ilustración 5 - Dsistribución porcentual de personas valoradas por tipo de deficiencia

Si se tienen en cuenta los dos gráficos inmediatamente superiores se puede llegar a conclusiones muy interesantes. Por definición del problema propuesto, se busca el porcentaje de personas afectadas por discapacidad neuromusculoesquelética o del movimiento, que ya de por sí representa el grupo más grande y que corresponde a alrededor de 940.000 personas, pero si se mira con una lente más amplia existen también muchas otras discapacidades que pueden agrandar el rango del estudio. Dentro del grupo “sistema nervioso y función mental” se pueden encontrar enfermedades cognitivas que resultan muy limitantes para el individuo a la hora de realizar movimientos. Este grupo constituye el segundo mayor conjunto con 795.015 personas, lo que puede otorgar una nueva dimensión al proyecto, viendo más allá de la simple limitación motora. Se encuentran ejemplos como el Parkinson, que puede ser un factor limitante para cualquier gesto o desplazamiento por el temblor que provoca, pero principalmente por la rigidez y las dificultades que genera al usuario. También se puede investigar dentro de la demencia, donde enfermedades como el Alzheimer en fases avanzadas y la demencia con cuerpos de Lewy pueden generar también rigidez en el individuo, lo que puede suponer todo un reto a la hora de poder sentarse en su vehículo (se presupone que su condición les inhabilita para la conducción, si bien se pueden estudiar vías de adaptabilidad del asiento para conductores).

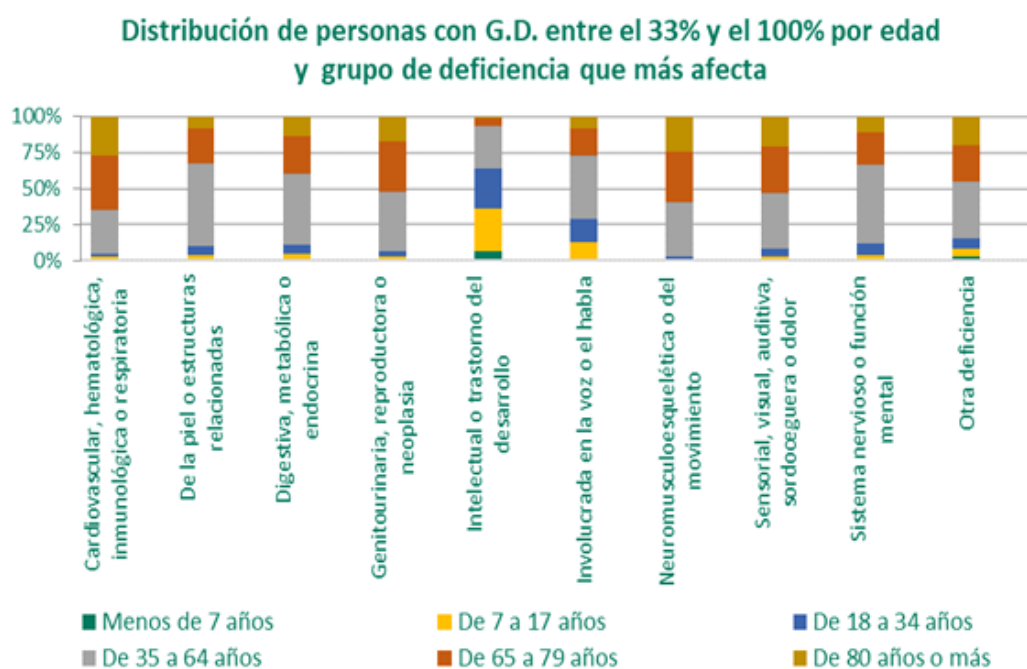


Ilustración 6 - Detalle de división por rangos de edad de cada tipo de deficiencia

Desglosados los datos por rangos de edad se podría concluir en que prácticamente la totalidad de las personas que sufren las condiciones anteriormente explicadas podrían verse beneficiados por este estudio, teniendo como objetivo las 938.091 personas que sufren de condiciones

neuromusculoesqueléticas, pero sin dejar atrás a todos aquellos individuos que sufren cualquiera de las otras condiciones y que pueden ver en este proyecto una mejora en su día a día.

2.1.2 Encuestas de discapacidad

Frente a un innegable aumento de las cifras de discapacitados en España, el INE junto con otras asociaciones como la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE) decidió empezar a realizar una encuesta para monitorizar la situación en los hogares del país. Esta encuesta es la conocida como Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD). Este estudio abarca más población que los anteriormente desglosados ya que incluye, además de las personas con una discapacidad valorada, aquellas que presentan una discapacidad sin valorar y aquellas que simplemente sufren una limitación.

Estas encuestas se realizan cada cierto tiempo y con distintas poblaciones. Las que se usarán, la de 2008 y la de 2020 se ha realizado en hogares mientras que existen versiones más recientes realizadas en residencias, centros de menores, y en general, cualquier tipo de centro asistencial al que tiene acceso el estado y cuyos resultados se han descartado al no ser considerados representativos para este estudio.

Los datos son más esclarecedores en este caso, ya que se puede ver con claridad cómo la cifra va creciendo con el paso del tiempo. Frente a las 3.847.900 personas que afirmaron tener algún tipo de discapacidad o limitación en el año 2008, la cifra aumentó para llegar a los 4.380.000. Expresados de otra manera, se ha aumentado la cifra en un 14% con respecto al año 2008 y a la fecha de publicación de la encuesta prácticamente 95 de cada mil habitantes sufrían algún tipo de discapacidad o limitación en España.

La brecha de género se hace notar en estas condiciones, donde 112 de cada mil mujeres sufren alguna limitación frente al dato de los hombres, con 81,2 de cada mil. Destaca también que en los hombres es hasta los 34 años donde las tasas de discapacidad son superiores, mientras que a partir de los 35 años es la tasa de las mujeres la que toma la delantera.

Personas con discapacidad de seis y más años

Tasas por mil habitantes

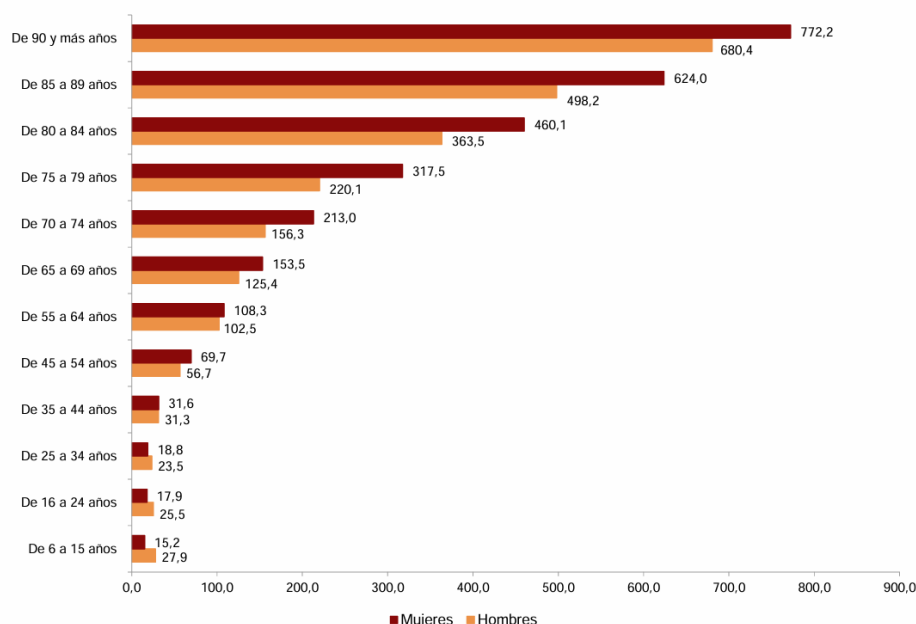


Ilustración 7 – Resultados de la encuesta sesgados por edad y género

2.1.2.1 La movilidad como principal reto

En ambas encuestas se sitúa la movilidad como el primer tipo de discapacidad, si bien se utilizarán los datos de la encuesta del año 2020 al ser los mas recientemente obtenidos. La tasa se sitúa en 54 de cada mil habitantes, lo que supone un 55,7% del total de personas con alguna condición.

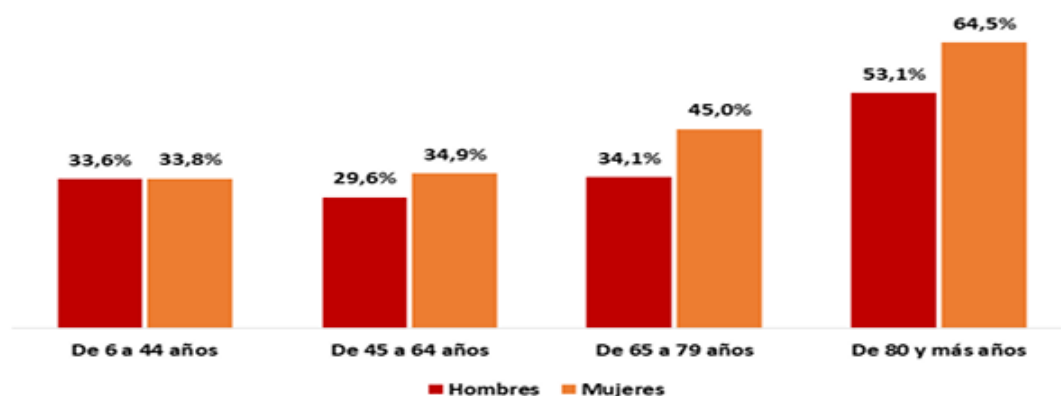


Ilustración 8 - Dificultades en acceso y desplazamientos en el transporte según grupo de edad y sexo

Se vislumbra en el gráfico superior el porcentaje de personas que presentan problemas en su día a día en lo que concierne al transporte, sobre todo haciendo hincapié en el acceso a los vehículos y al propio hecho del desplazamiento en sí. Si se habla de cifras, alrededor de 1,8 millones de personas indicó tener alguna dificultad a la hora de desplazarse en transporte, dato que lideran las personas mayores de 80 años con un 60,8% del total. En cuanto a naturaleza del medio de transporte, el 40% del total de las personas que participaron en la

encuesta encontraban dificultades para desenvolverse en el transporte público, mientras que fueron un 21,4% del total aquellas personas que encontraron dificultades con el vehículo particular. Se cuenta en este caso con cerca de 2 millones de afectados de una población de 47.4 millones de personas a fecha de realización del estudio mencionado, por lo que este problema afecta a un 4,2% de la población aproximadamente. Extrapolando este porcentaje a la UE (Unión Europea), región donde se homologaría y comercializaría el diseño, la cifra de afectados alcanzaría valores cercanos a los 22 millones de personas.

Capítulo 3. MARCO NORMATIVO

Si bien un trabajo de esta magnitud se puede realizar desde la imaginación y la total libertad creativa, para poder llevar a cabo un proyecto comercializable y aplicable al mundo real es necesario seguir los estándares tanto de calidad como normativos establecidos por los organismos correspondientes. Regulando aspectos técnicos, legales y operativos, se busca que las soluciones adoptadas para cada modificación realizada al vehículo sean seguras para sus ocupantes.

Al proceso que certifica que las normas correspondientes se cumplen se le denomina como "homologación". En Europa existe una directiva general que establece un sistema común para la homologación de vehículos adaptados para personas con movilidad reducida. Se trata de la Directiva 2007/46/CE, que, si bien establece una normativa común para los países del Espacio Económico Europeo, pero no eximiéndolos de tener sus propias normativas, como es, en el caso de España, el Real Decreto 2822/1998 (Reglamento General de Vehículos) o el Real Decreto 818/2009.

La actualización más reciente de la norma que aplica a este estudio entró en vigor en el año 2021 y se trata del Reglamento n.º 17 de las Naciones Unidas (2023/406) y abarca todo lo relacionado con la homologación de vehículos en lo que concierne a asientos, anclajes y apoyacabezas.

Los asientos giratorios y desplazables son una solución común para facilitar el acceso al vehículo de las personas con movilidad reducida, sin embargo, para poder circular legalmente con el vehículo modificado, es necesario tanto que la instalación cumpla con los estándares técnicos como con las inspecciones periódicas que se le realizan al vehículo para garantizar su seguridad y legalidad (en el caso de España, la "ITV" o "Inspección Técnica de Vehículos").

3.1 Consideraciones iniciales

Antes de profundizar en la norma y en los ensayos que debe pasar con éxito el prototipo, es necesario tener en cuenta las restricciones, límites y recomendaciones que dicta. En este contexto, se profundizará en las disposiciones más generales del reglamento, así como en todo lo que concierne a los requisitos principales que debe cumplir el mecanismo para su homologación. Este procedimiento se basa en verificar que el diseño, la estructura y la funcionalidad de este aseguran su correcto funcionamiento durante la circulación del vehículo y, sobre todo, en situaciones de emergencia. Las exigencias acerca del reposacabezas y del respaldo establecidas en el reglamento quedan fuera del alcance del proyecto y se enfocará, por tanto, a que

los mecanismos de movimiento y anclaje sean lo suficientemente resistentes para, tanto soportar las cargas correspondientes a accidentes, como para garantizar un buen funcionamiento, su comodidad, y, sobre todo, su accesibilidad.

3.1.1 Solicitud de homologación

Debe ser presentada por el fabricante del vehículo o por un representante acreditado, es decir, un profesional con potestad para actuar en este campo. Será también de necesaria obligación la entrega por triplicado de los siguientes documentos:

- Descripción detallada del tipo de vehículo en cuanto al diseño de sus asientos y anclajes, incluyendo sistemas de regulación, enclavamiento y desplazamiento.
- Dibujos a escala y detallados de los asientos y sus anclajes, incluyendo los sistemas mencionados anteriormente.

Al diseñar únicamente el sistema de movimiento y no el asiento en su totalidad hay ciertas partes de la solicitud que no hace falta cumplimentar. Será el futuro fabricante el que, anclando su asiento al sistema diseñado, deba revisar que las pruebas correspondientes a sus competencias se cumplan.

3.1.2 Requisitos generales

Este apartado de la norma indica las especificaciones principales que todos los asientos deben cumplir. Dada la gran esquematización de la norma, se desglosará la misma por apartados:

- Los sistemas de regulación y desplazamiento instalados deben incorporar un sistema de enclavamiento automático (en este caso será mediante palancas)
- El sistema de desbloqueo de cualquiera de las partes del asiento debe situarse en la parte exterior del asiento y cercano a la puerta.
- Las partes posteriores del asiento deberán superar los ensayos de disipación de energía expuestos en el siguiente punto. Se considerará que el mecanismo pasa exitosamente el ensayo si tras su realización no quedan o aparecen aristas peligrosas
- No deberá producirse ningún fallo en anclaje o estructura del asiento, en sistemas de regulación y desplazamiento, ni en sus respectivos dispositivos de enclavamiento durante o después de los ensayos 6.2 y 6.3 de la norma (expuestos en el siguiente punto). En este caso se admiten deformaciones plásticas incluyendo la ruptura, siempre y cuando el mecanismo pueda seguir soportando las cargas sin suponer esto un aumento para el riesgo de lesión.
- Tras la realización de los ensayos, cualquier sistema de desplazamiento destinado a permitir y/o facilitar el acceso de los ocupantes al vehículo

deberá seguir en perfecto funcionamiento. Con esto se refiere a poder desbloquearse al menos una vez con el fin de desbloquear al menos una vez el grado de libertad que restringe.

- El resto de los sistemas de desplazamiento no orientados a lo expuesto en el punto anterior no tienen la obligación de permanecer funcionales.
- Los asientos deben estar fijados al vehículo permitiendo enclavarse en todas las posiciones ofrecidas

3.2 Ensayos

Se trata de las pruebas que deben realizarse a los distintos ensamblajes, en este caso, del mecanismo del asiento, para asegurar su total legalidad y funcionalidad. Debido a que dependiendo de los resultados obtenidos en estos ensayos se podrá comercializar o no el proyecto, es de vital importancia asegurar las capacitaciones de este mediante varios ensayos de distinta índole.

3.2.1 Ensayo de resistencia del anclaje del asiento y los sistemas de regulación, enclavamiento y desplazamiento

Con el objetivo de simular un choque frontal se aplicarán una serie de cargas al global del vehículo, que en este caso será únicamente al mecanismo del asiento. De esta forma se comprobará de manera más eficiente los puntos débiles del ensamblaje y se podrá garantizar una mayor seguridad del conjunto.

3.2.1.1 Especificaciones

- Se verificará para todas las posiciones del asiento el cumplimiento de los requisitos del ensayo que sean necesarias
- Para considerar el ensayo como exitoso, el asiento debe superar la prueba quedando enclavado en una de las siguientes posiciones:
 - Longitudinalmente, un grado, o en su defecto, 10 mm hacia atrás de la posición normal de uso más avanzada.
 - Longitudinalmente, un grado, o en su defecto, 10 mm hacia delante de la posición normal de uso más retrasada.
- En el caso de existir una configuración longitudinal menos favorable para el sistema se deberá realizar el ensayo en esa misma posición.

3.2.1.2 Cargas

El ensayo consiste en aplicar una carga frontal o en su defecto, trasera, que constará de una fuerza aplicada de 20 g durante 30 milisegundos.

$$20g = 20 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 196,2 \text{ m/s}^2$$

Esta aceleración será aplicada a la masa final del diseño para obtener la fuerza aplicada en la realización de este ensayo

3.2.2 Ensayo de resistencia estructural frente a cargas estáticas

La finalidad de este ensayo será la de comprobar que el ensamblaje está capacitado para soportar el peso de un pasajero, así como de funcionar en sus distintas posiciones de forma correcta

3.2.2.1 Especificaciones

- Se verificará en la posición estándar del asiento, es decir, a mitad de carrera del recorrido total que ofrezcan los raíles del movimiento en el caso de los raíles inferiores, y en dos posiciones en caso de los raíles superiores: tanto en la posición de marcha del vehículo (enclavamiento en la primera posición que permite el diseño) como en la posición que deja al asiento totalmente extendido (última posición de enclavamiento de estos raíles)

3.2.2.2 Cargas

El ensayo consta de aplicar una carga axial de 1000 N, lo que equivaldría a una persona de 90 kg teniendo en cuenta unos 10 kg de peso del asiento proporcionado por el fabricante.

$$100 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 1000 \text{ N}$$

Capítulo 4. DISEÑO DEL ENSAMBLAJE

Una vez aplicado cierto contexto teórico y normativo llega el momento de comenzar con el diseño. Se trata de la parte más relevante del proceso de creación. Esta se trata de una fase bidireccional, que debe mirar hacia atrás para cumplir con los requisitos normativos, pero también debe estar en continua revisión para adaptarse a los resultados obtenidos en las simulaciones. El primer paso para poder diseñar el ensamblaje es exponer claramente las necesidades de este. Esto supone establecer qué se espera del ensamblaje una vez esté finalizado, así como algunos parámetros más para tener en cuenta.

4.1 Aspectos del diseño

4.1.1 Funciones

Para este trabajo se pretende la creación de un mecanismo que realice las siguientes funciones:

- Permitir el deslizamiento hacia delante y hacia detrás (de ahora en adelante “ajuste longitudinal”) del asiento de copiloto, con un rango hacia delante mayor del común. Esto último tendrá como fin situar el asiento en una posición óptima para poder realizar el resto de los giros y/o desplazamientos con holgura.



Ilustración 9 - Ajuste longitudinal

- Permitir el giro sobre el eje vertical (de ahora en adelante “rotación del asiento”), de tal modo que el asiento quede prácticamente paralelo a la puerta del vehículo.

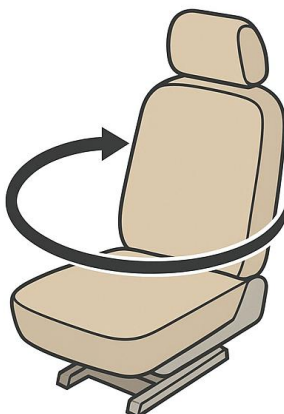


Ilustración 10 - Giro del asiento

- Permitir el deslizamiento sobre la base (de ahora en adelante “despliegue exterior”) para que, saliendo del marco de la carrocería del vehículo, el ocupante encuentre mayor facilidad para acceder al asiento.

4.1.2 Requerimientos y restricciones

Desarrollar un modelo homologable y funcional implica tener en cuenta múltiples factores. Además de los requisitos expuestos por la norma, existen ciertos parámetros que, si bien no se exigen, son más que recomendables. Tomando en cuenta ambas casuísticas, se cuentan con los siguientes requisitos y restricciones:

- Los tres movimientos deben contar con mecanismos de bloqueo:
 - En el caso del ajuste longitudinal, como en cualquier otro vehículo, se deben contar con varias posiciones bloqueables para garantizar así la comodidad del ocupante.
 - La rotación del asiento debería contar como mínimo con dos posiciones restringidas, de tal forma que pueda enclavarse tanto en la posición natural del asiento como en la posición rotada 90° (en dirección hacia la puerta) con respecto a esta.
 - El despliegue exterior, al igual que la rotación del asiento, deberá poderse enclavar en al menos dos posiciones, tanto la más atrasada, es decir, la posición natural del asiento, como la más avanzada, que permitirá al asiento salirse del cuadro de la carrocería del vehículo para facilitar su acceso.
- El modelo deberá superar con éxito el ensayo 3.2.1 conforme con la normativa europea, además de con el ensayo 3.2.2 propuesto para garantizar una mayor seguridad del conjunto
- Al realizar un ensamblaje universal, las medidas de la base no pueden establecerse al azar. Deberán pues haber sido justificadas basándose en un breve estudio, que bien puede ser la medición del espacio disponible en varios vehículos para obtener una serie de resultados.

4.2 Tipología del mecanismo

Para llevar a cabo un proyecto de cualquier índole se deben tener en cuenta varias posibilidades, se deben estudiar varias hipótesis, y se deben

investigar varias vías de resolver un mismo problema. Dada la complejidad y las especificaciones que requieren cada uno de los tipos de ensamblaje, se analizarán las distintas propuestas, su método o métodos más generales de aplicación, y se estudiarán las limitaciones que presenta cada uno de ellos. Para esta casuística se han propuesto las siguientes soluciones:

4.2.1 Ensamblaje mecánico-eléctrico:

Los distintos movimientos del asiento estarán controlados por una serie de motores eléctricos. Según el origen de la fuente de alimentación de los motores se pueden clasificar dentro de los siguientes tipos:

4.2.1.1 Vehicular

En este caso la batería que proporciona la energía necesaria a los motores del asiento será la propia batería del vehículo. Las limitaciones en este caso son varias: habría que realizar una nueva instalación eléctrica a lo largo de la carrocería, y, además, sería conveniente calcular el consumo energético del ensamblaje para poder redimensionar/ajustar la batería del vehículo a este nuevo gasto. Se necesitarán los siguientes documentos:

- Mediciones generales
- Planos del ensamblaje
- Plano del cableado general de cada vehículo
- Plano del cableado de la instalación
- Esquema del funcionamiento de cada motor

4.2.1.2 Externo

Será una batería independiente la que proporcione la energía necesaria a los motores. Para este modelo las limitaciones en cuanto al diseño se encontrarán a la hora de acoplar esta batería externa al conjunto, teniendo en cuenta que se cuenta con un espacio relativamente limitado. Serán necesarios los siguientes documentos:

- Mediciones generales
- Planos del ensamblaje
- Plano del cableado de la instalación
- Esquema del funcionamiento de cada motor

4.2.2 Ensamblaje mecánico

Los movimientos del asiento se producirán mediante diferentes métodos mecánicos. Podrán ser movimientos mediante palancas, ruedas, ejes, deslizaderas y otros elementos, pero no contarán con ningún tipo de apoyo eléctrico/electrónico. Es un modelo más restrictivo, pues la ausencia de motores lo hacen más complejo de diseñar. Esta complejidad se palia con la ausencia de cableado, que ahorra tiempo y costes. Se necesitarán los siguientes documentos:

- Mediciones generales
- Planos del ensamblaje
- Esquema del funcionamiento de cada mecanismo

4.3 Proceso de diseño 3D

Para este proyecto se va a utilizar la herramienta de SolidWorks, software de diseño en tres dimensiones que permite gran libertad a la hora de diseñar, así como una gran compatibilidad con otros softwares para realizar los ensayos de verificación.

Es necesario realizar ciertas mediciones previas para conocer de cuánto espacio se dispone. Analizando varios vehículos se obtiene la siguiente tabla de mediciones:

Modelo	Altura (cm)	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
Mercedes SLK	12	38	50
Volkswagen Polo	20	43	53
Lexus UX	18	43	48
Opel Corsa	21	38	50
Alfa Romeo Giulietta	18	38	50

Tabla 2 - Mediciones del espacio disponible

Siendo:

- Altura: distancia entre el suelo y el final del mecanismo del asiento
- Anchura: distancia entre los extremos interiores de los raíles del asiento
- Profundidad: Longitud de los raíles del asiento

Se llega así a la conclusión de que el mecanismo no deberá superar los 20 centímetros de altura mientras que la distancia entre los extremos interiores de los raíles será de 38 cm. En cuanto a la longitud de los raíles, al necesitar que el asiento avance más para que pueda sobresalir por la puerta del vehículo, se propone una longitud de 70 cm, que corresponden a un 140% de la longitud de un raíl normal.

Las primeras piezas por realizar serán los raíles para el desplazamiento longitudinal, con una longitud de 70 centímetros. Es importante tener en cuenta que los raíles constituyen el punto de anclaje del asiento con el resto del vehículo por lo que hay que tenerlo en cuenta a la hora de su diseño. Por norma general

se suelen unir raíles y vehículo mediante tornillos M10 de paso grueso con cabeza hexagonal, con un par de apriete entre los 50 y los 80 Nm. En cuanto a la longitud, esta suele estar entre los 20 y los 40 milímetros. Este dato tendrá en cuenta a la hora de diseñar la base que soportará el ensamblaje entero.

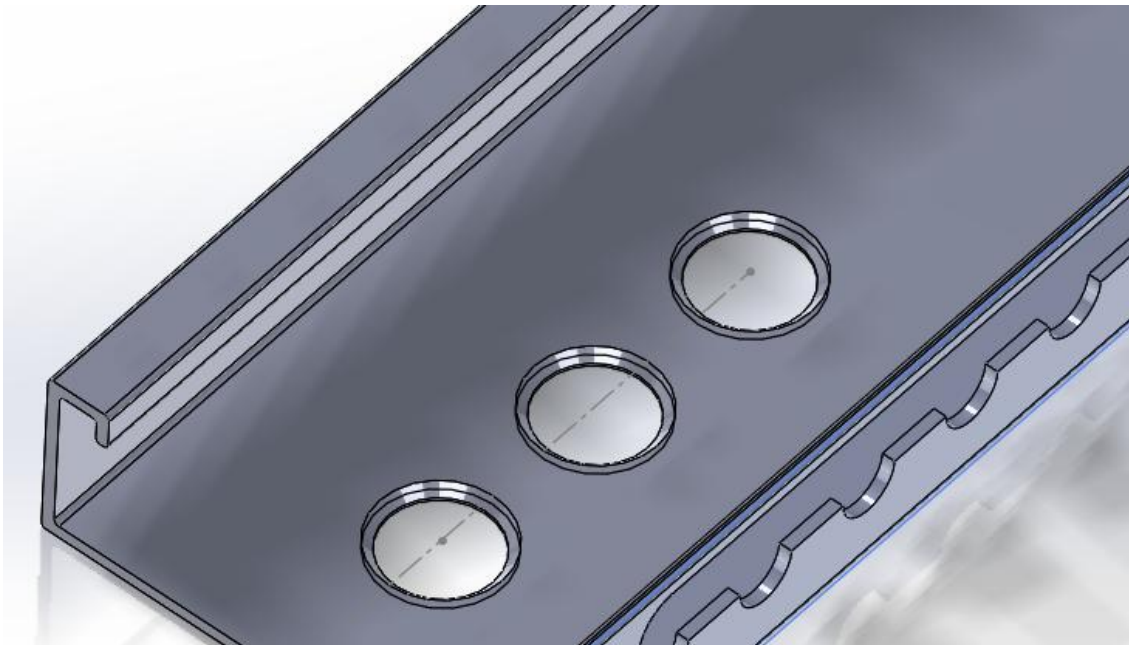


Ilustración 11 - Agujeros para sujeción por tornillos M10

El raíl inferior en sí consta de un lado cerrado mientras que en el lado opuesto se encuentra una superficie dentada sobre la que se podrá enclavar el asiento para ajustar la longitud. El lado abierto con los dientes será el lado inferior, de tal forma que se han creado dos raíles simétricos para realizar el ensamblaje. En la base del raíl y entre los tornillos se hará un vaciado en el que se encontrarán los rodamientos que permitirán un desplazamiento suave. Esto se hará mediante jaulas planas de aguja, un tipo de rodamientos basado en una serie de rodillos sobre los que deslizará, en este caso, el raíl superior. En lo que respecta al modelado 3D aplicable a los ensayos, se estaría hablando de una superficie plana más por lo que los rodamientos entrarán en el diseño a partir del proceso de fabricación de la pieza. Además, como se estudiará más tarde estos rodamientos tienen unas propiedades bastante superiores a las del acero utilizado en cuanto a soportar cargas tanto estáticas como dinámicas, por lo que se esperaba que la estructura en general obtuviese un mejor rendimiento en la vida real que en las simulaciones.

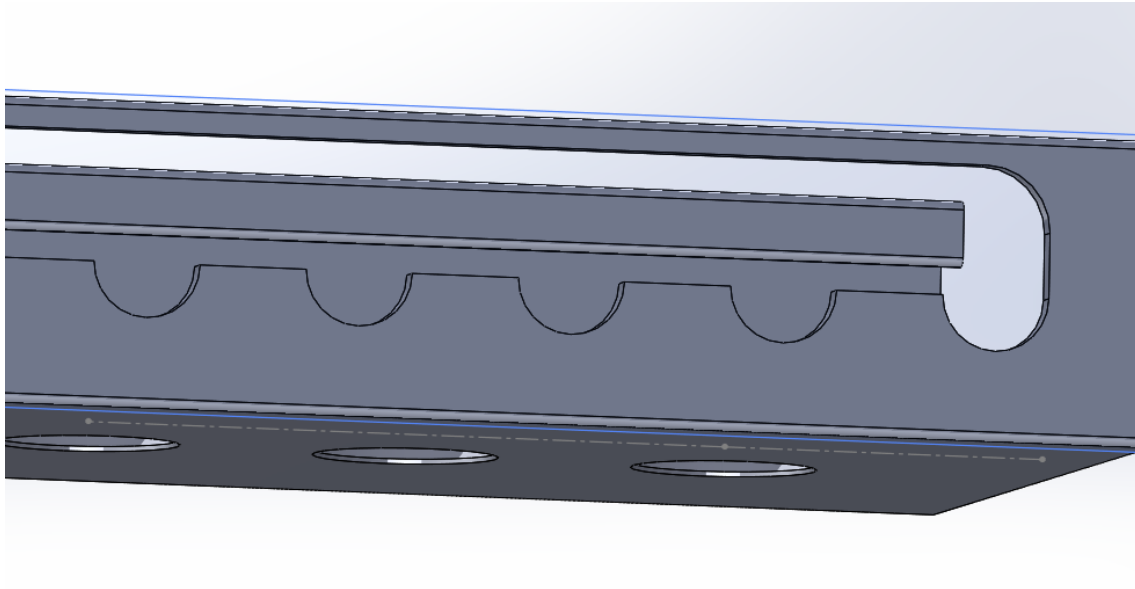


Ilustración 12 - Superficie dentada del raíl inferior

En cuanto al raíl superior se crea una forma que encaje con el raíl inferior y que permita cierto grado de movimiento para que el mecanismo de enclavamiento funcione a la perfección. También se debe tener en cuenta que este raíl debe ser considerablemente más corto que el inferior, pues sobre este se apoyará el asiento.

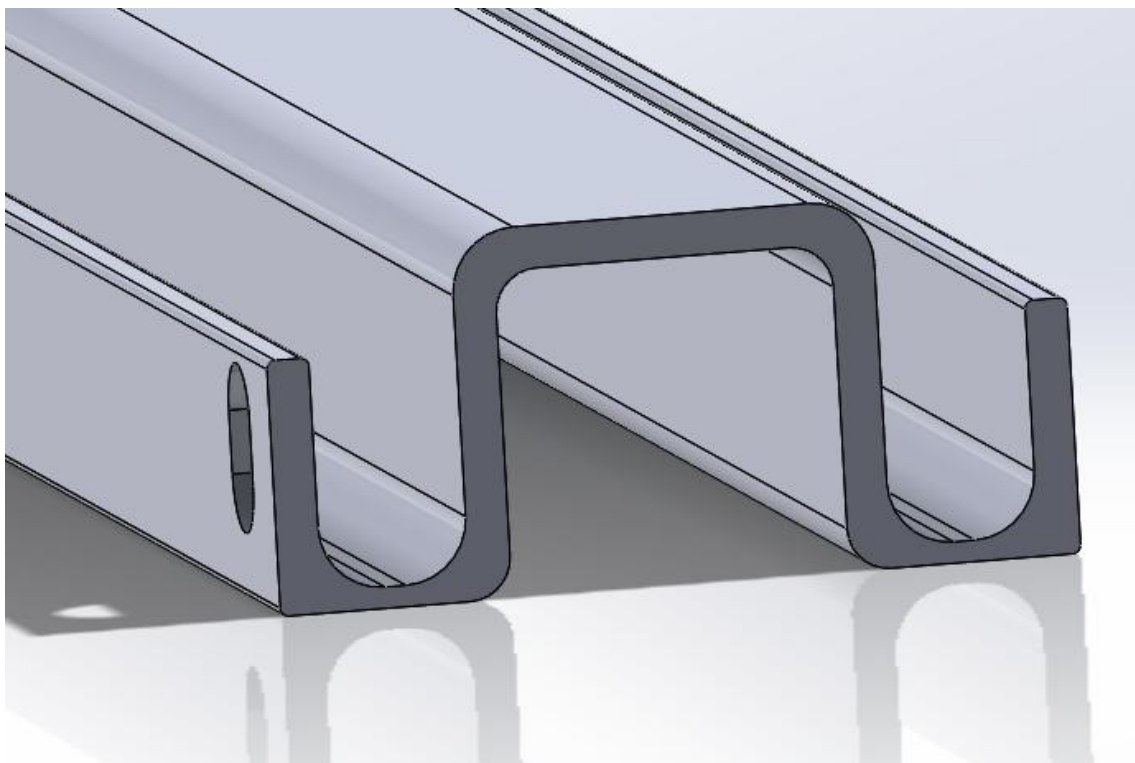


Ilustración 13 - Raíl superior del ajuste longitudinal

La siguiente pieza por realizar será el cerrojo que se utilizará para bloquear la posición del raíl. Se añadirá un agujero en la parte trasera de la misma para facilitar el montaje tanto en el software 3D como en la vida real. A él irá soldada una barra cilíndrica que unirá el mecanismo de cerrojo con su base superior. El cilindro más grueso será el encargado de cerrar la posición del raíl.

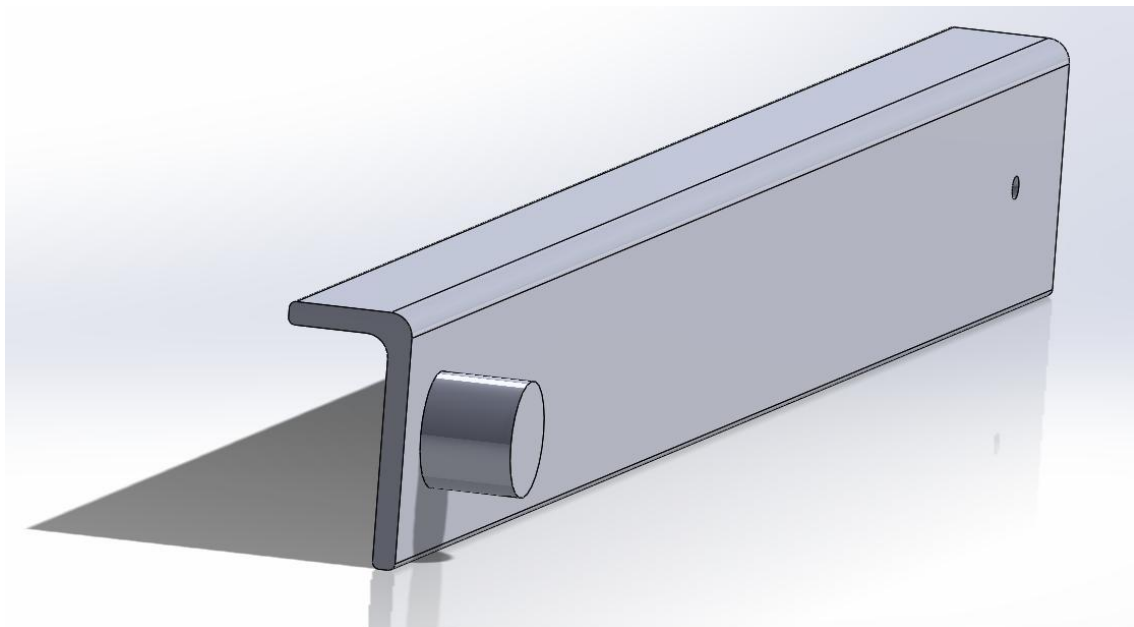


Ilustración 14 - Diseño preliminar del mecanismo de cerrojo

Partiendo del diseño inicial anterior, se añade un cilindro hueco cuya función será acoplar la varilla que actúa de palanca en el sistema de enclavamiento de este ajuste longitudinal. En la siguiente imagen se puede encontrar también el diseño de la varilla ensamblado junto con el resto del primer mecanismo.

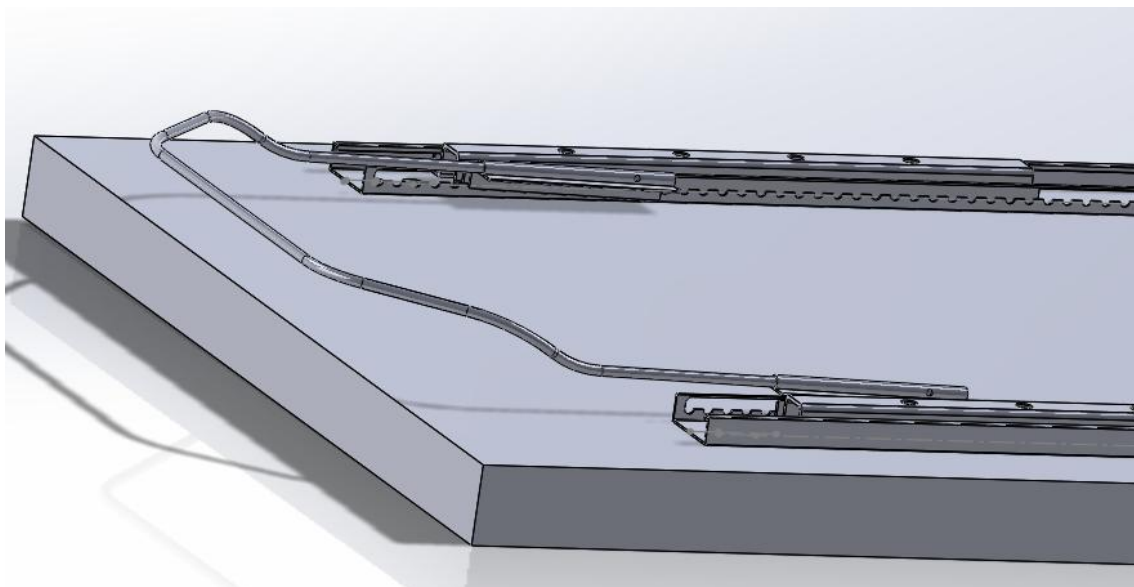


Ilustración 15 - Mecanismo del ajuste longitudinal

Se han añadido en esta etapa del diseño varias roscas para tornillos M8 para construir el siguiente mecanismo, que es la rotación del asiento, sobre los raíles. Para este diseño se comenzará creando una placa base acorde a las medidas marcadas por el anterior ajuste. A esta placa irán unidos tanto la barra cilíndrica que une base y mecanismo como dos muelles de compresión, uno a cada lado, que servirán para fijar los raíles. Los muelles, al no suponer cambios en la simulación de los ensayos, serán calculados analíticamente pero no incluidos en el modelo, ya que se buscará utilizar el menor número de recursos posibles en favor de poder realizar unas simulaciones con mayor precisión en el mallado y, por tanto, en los cálculos.

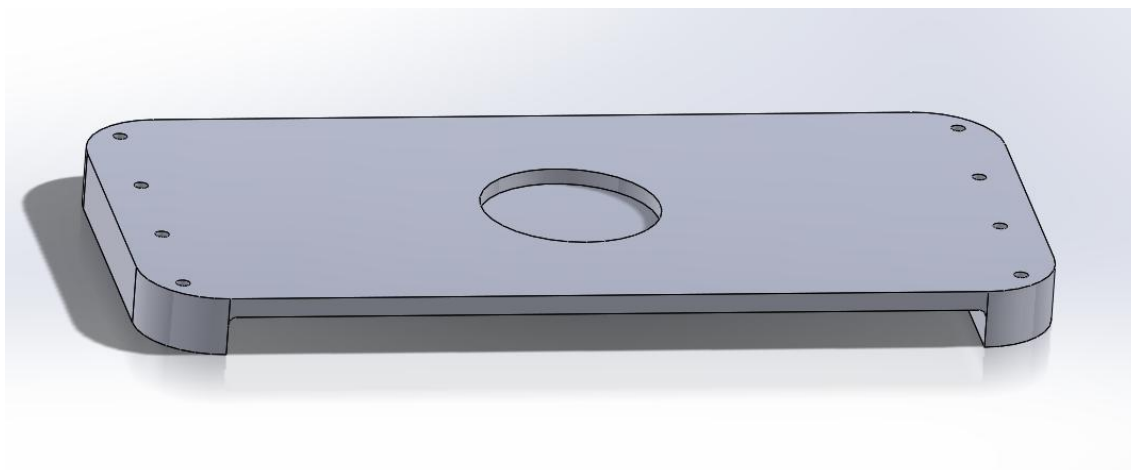


Ilustración 16 - Base para el giro

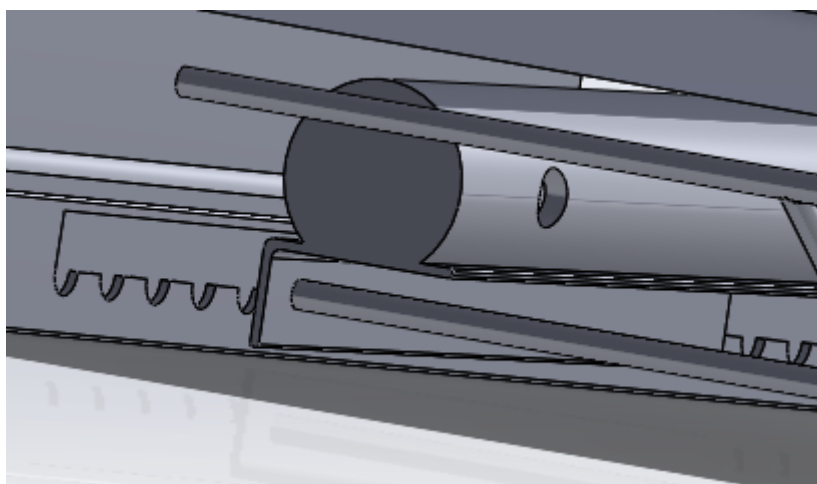


Ilustración 17 - Barra conectora entre mecanismos y base superior

Como se puede apreciar en la siguiente imagen, además de la rosca para los tornillos de M8 que conectan la base a los raíles, se ha realizado un corte cilíndrico para poder acoplar un rodamiento axial de bolas, un tipo de rodamiento idóneo para cargas axiales como la que soportará este ensamblaje.

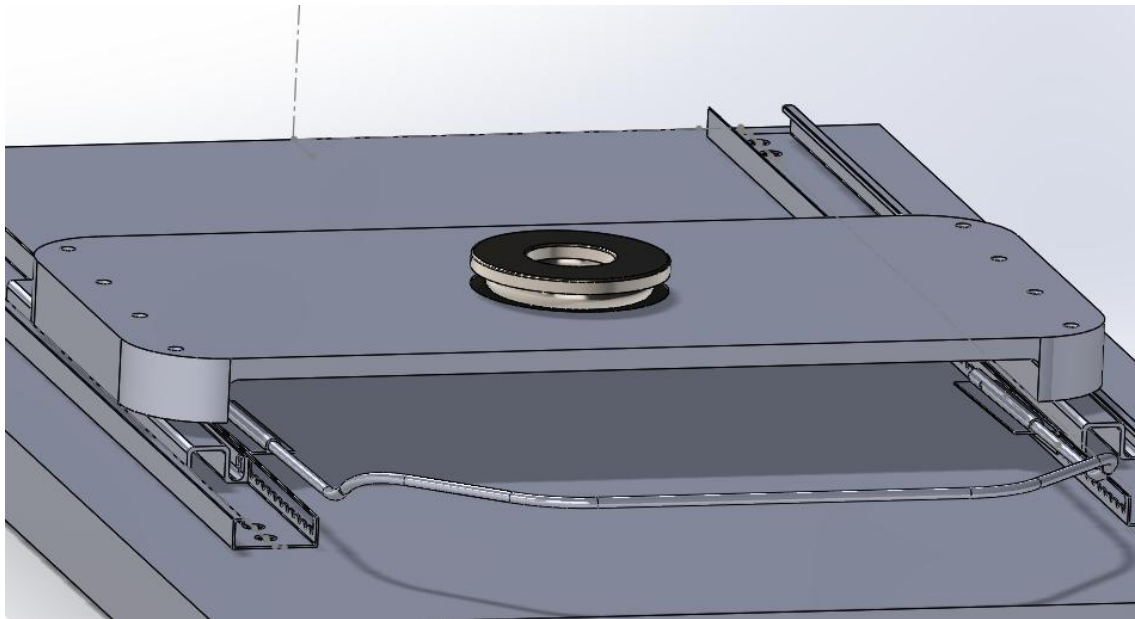


Ilustración 18 - Rodamiento acoplado a la base

El círculo inferior del rodamiento irá soldado a la base anclada a los raíles, mientras que la base que girará irá soldada al anillo superior y encajada con unas tolerancias mínimas con pegamento estructural.

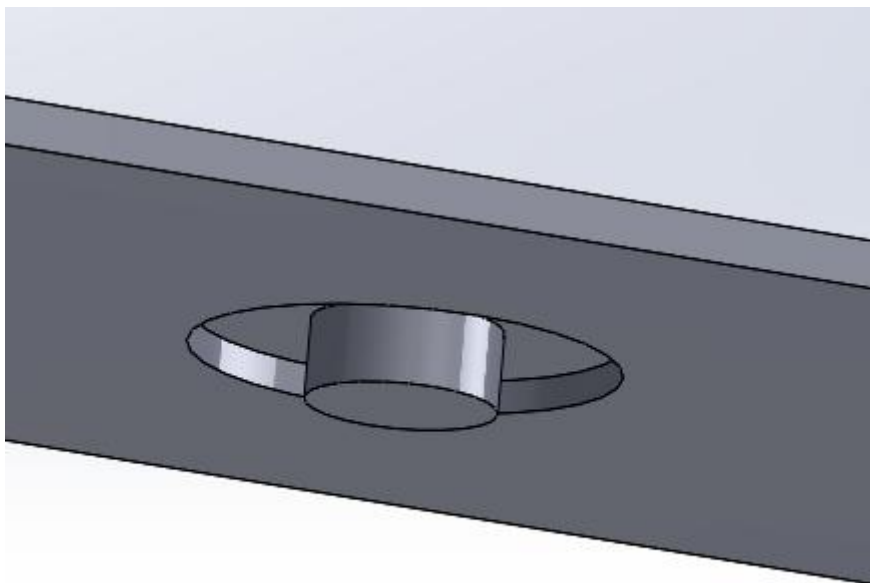


Ilustración 19 - Acople de la base giratoria al rodamiento

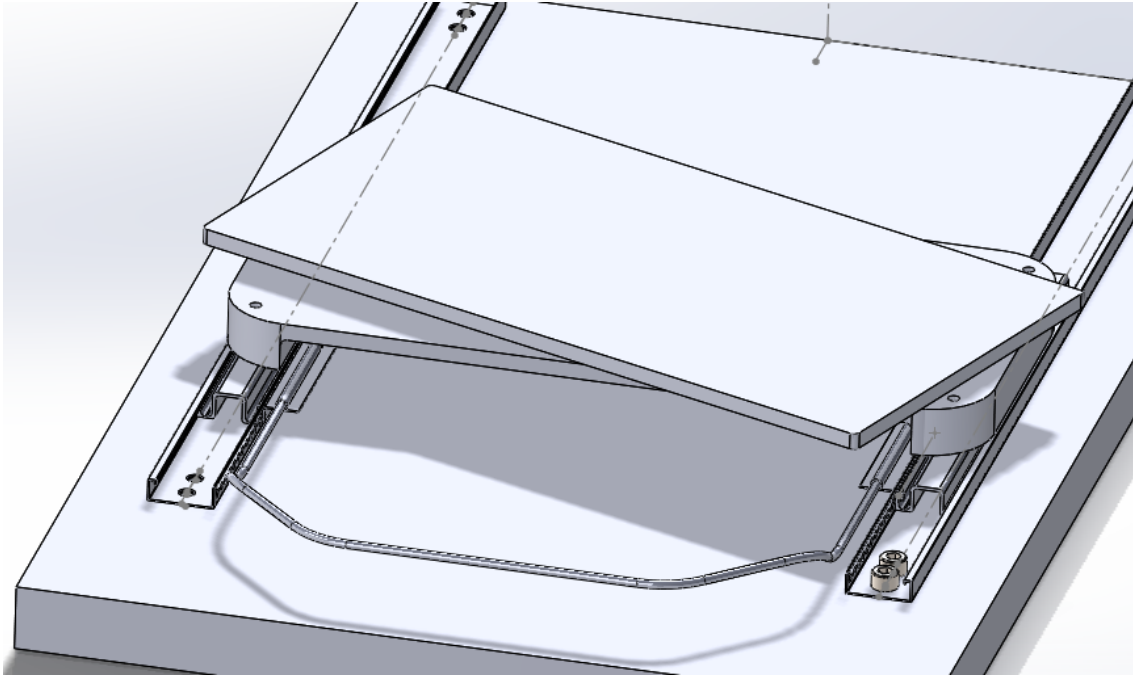


Ilustración 20 - Ensamblaje de la plataforma giratoria

El siguiente paso será crear un mecanismo de enclavamiento para este giro, ya que de no existir se tendría un asiento que giraría sin control cuando el coche esté puesto en marcha. Para crear este mecanismo se ha tomado como referencia los rifles de cerrojo, ya que, contrariamente del ajuste longitudinal del asiento que requiere varias posiciones por la comodidad del usuario, el giro requiere únicamente dos, una recta y otra a 90° que permitan que el asiento salga por la puerta.

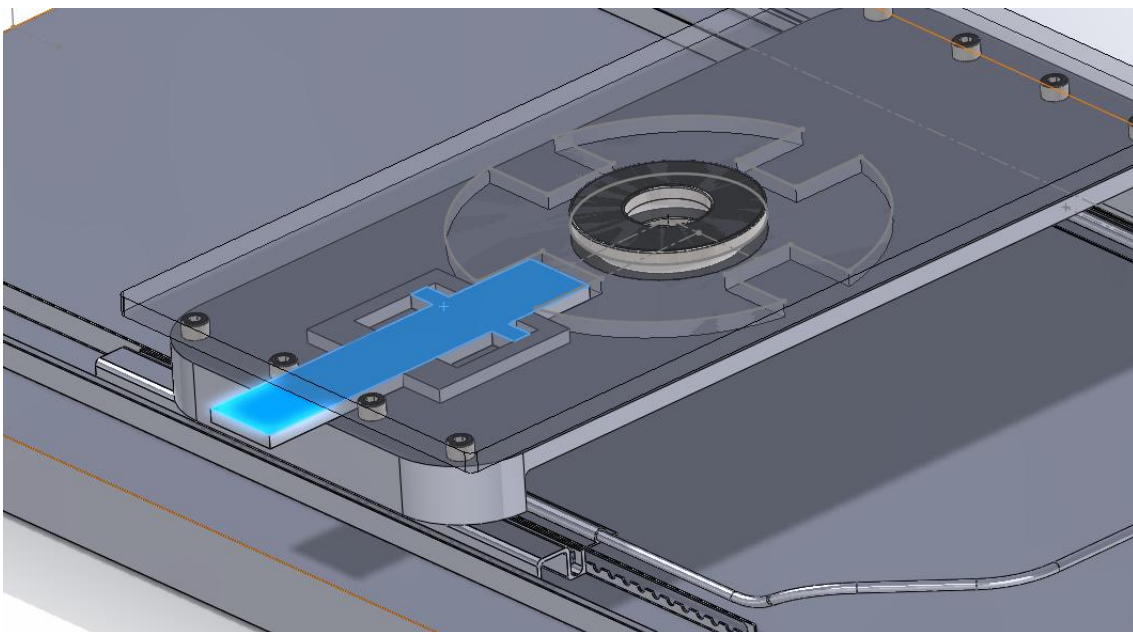


Ilustración 21 - Diseño del mecanismo de restricción al giro

Además, en vistas de un diseño más ergonómico y accesible, se ha creado una anilla en el mismo cerrojo para poder tirar de ella y facilitar el uso del mecanismo.

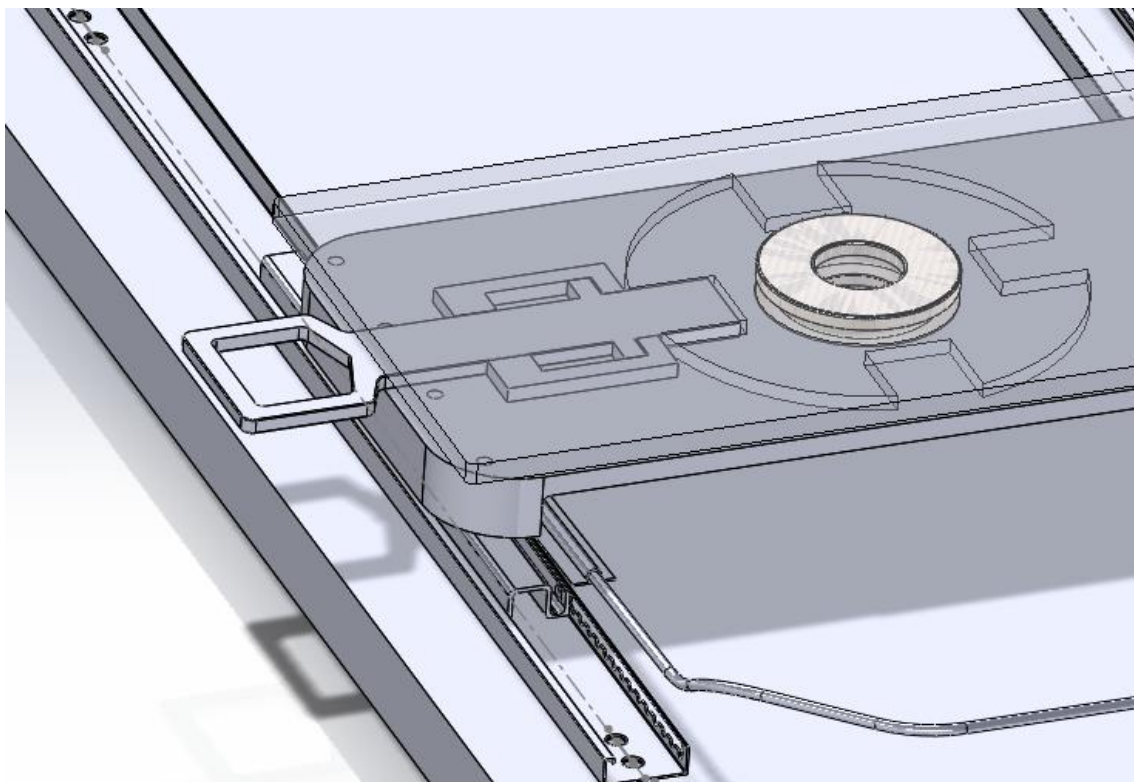


Ilustración 22 - Anilla del cerrojo

Si bien por tolerancias no debería ser necesario diseñar un mecanismo de fijación (la pieza encaja y no permite el movimiento salvo que se haga una fuerza específica en dirección y sentido), por normativa es obligatorio incluirlo. Lejos de disponer del espacio suficiente para incorporar un muelle, se ha optado por la utilización de una pieza roscada de M10. La función de esta pieza será la de hacer de tope para evitar el desplazamiento del cerrojo, y, por tanto, el giro del asiento. Por este motivo la pieza tampoco necesita un par de apriete excesivo, simplemente se necesita que atraviese las dos circunferencias. Se tiene en cuenta que el principal objetivo de esta solución es la accesibilidad y por ello, para facilitar el roscado de la pieza y evitar la necesidad de un destornillador, se ha curvado la pieza tomando forma de una pequeña llave Allen. El asiento está adaptado para personas con movilidad reducida que, en muchos casos, podrán operar con los mecanismos de forma autónoma, pero en la gran mayoría de las casuísticas será el acompañante el que tenga que operar con el asiento, eso sí, con todas las facilidades que ofrece este ensamblaje. Aunque en la siguiente imagen se ha exagerado la rosca para que sea más visual, la idea es que con media revolución la pieza entra y sale de su alojamiento permitiendo el movimiento con un giro de muñeca, similar a cómo funcionan algunas puertas de garaje

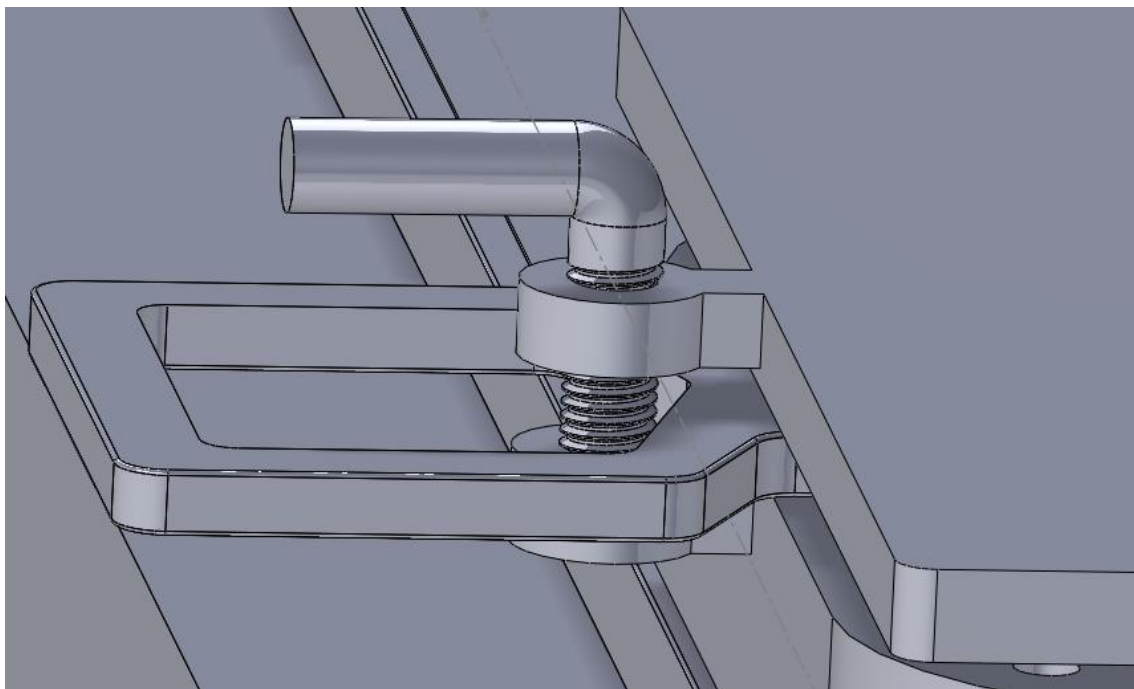


Ilustración 23 - Pieza de fijación

Finalmente habría que instalar los raíles superiores para que el ensamblaje pueda realizar el tercer y último movimiento requerido, el despliegue exterior. Al tener un pasador y una palanca, se plantea un mecanismo de enclavamiento por botón. Dado que los muelles no serán relevantes en la simulación, se ha creado un muelle para la vista previa del ensamblaje. En el siguiente apartado del diseño se estudiarán los parámetros que conciernen a dicho muelle. La función de este será devolver el botón a su estado inicial, evitando que los raíles desplacen sin presionar el pulsador.

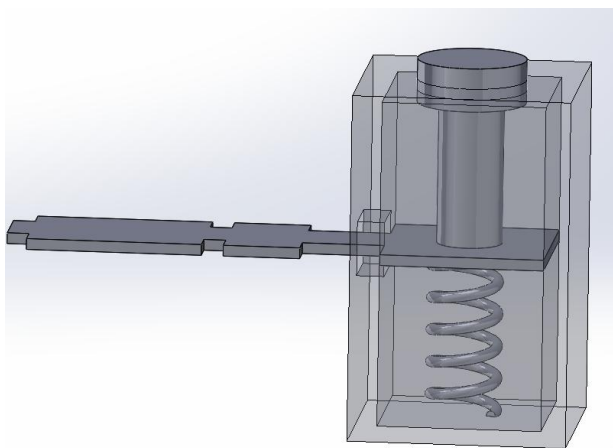


Ilustración 24 - Mecanismo del botón

Para los raíles y su sistema de fijación a la base giratoria se han implementado una serie de cambios con respecto a los raíles inferiores. Dado que el raíl interior avanzará únicamente hacia delante se ha creado en la parte trasera del mismo una muesca que permitirá la creación de un taladrado para tornillos de M6 que

ajustarán este sistema de raíles a la base giratoria. Uno de los principales problemas que puede sufrir este mecanismo es la gran fuerza de flexión a la que estará sometido el sistema en el momento del apoyo del pasajero, por lo que se debe estudiar la manera de ejecutar este ensamblaje de la forma más segura posible.

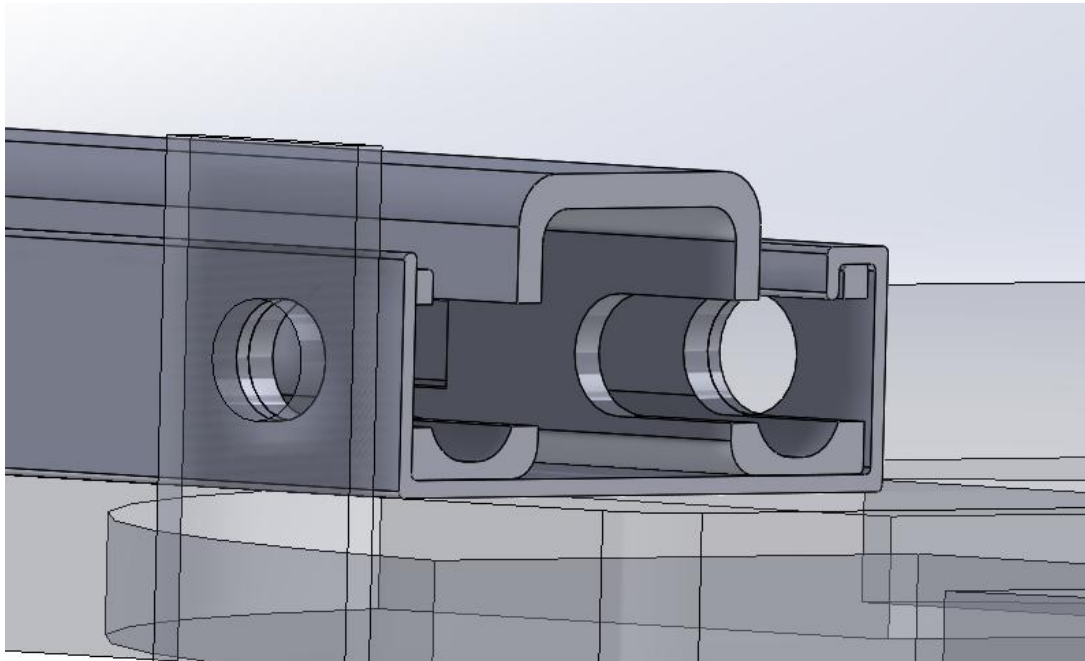


Ilustración 25 - Fijación del despliegue exterior a su base

La parte restante sería crear la plataforma donde se anclará el asiento de cada fabricante, quienes deberán extruir acorde a sus necesidades una plataforma que ya cuenta con los taladros necesarios para ir unida a sus respectivos raíles. Al añadir esta pieza al ensamblaje se da por finalizada la fase inicial del proceso de diseño y se comienzan a realizar los ensayos.

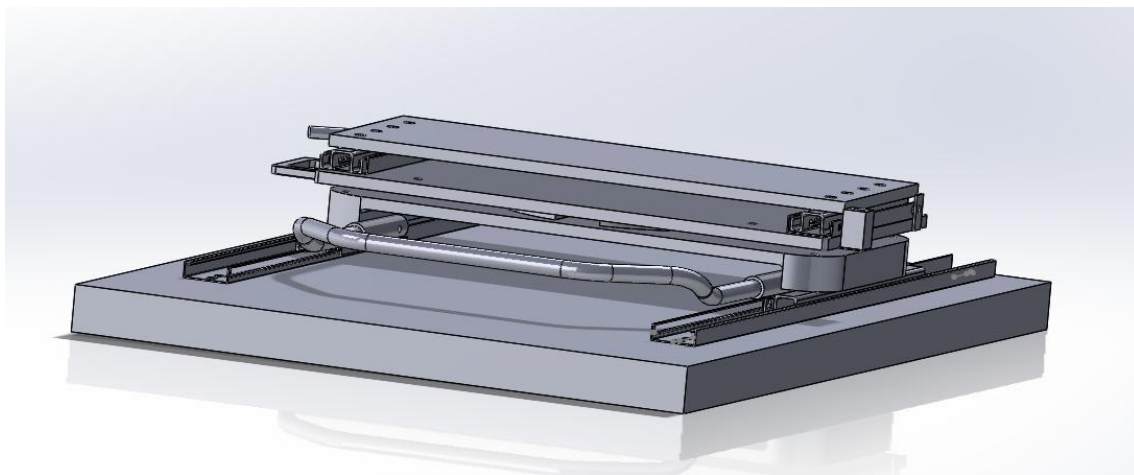


Ilustración 26 - Ensamblaje final

4.4 Materiales utilizados

Tras haber diseñado completamente el ensamblaje se deben definir los materiales de los que estará conformado. Se comentarán de manera general los materiales que formará parte del ensamblaje, concretando en qué variante específica del material se utilizará y las partes del mecanismo en las que se podrá encontrar cada material teniendo en cuenta sus propiedades. Es importante tener en cuenta que cada material puede aportar algo distinto al ensamblaje, ya sea en términos de resistencia, peso, o cualquier otro ámbito que pueda afectar al conjunto. Cabe destacar que, dependiendo de la literatura y de los procesos que se le puedan aplicar a cada material los valores de sus propiedades pueden cambiar, por lo que se han buscado datos lo más contrastados posibles y siempre dentro de los rangos establecidos por todos los documentos técnicos encontrados en la web.

4.4.1 Aceros

Se trata del componente más importante de la estructura. Aportará la rigidez necesaria al mecanismo para poder soportar las cargas dinámicas, pues es un material con una gran resistencia a tracción y a fatiga. Además de poseer buenas propiedades, es un material fácilmente procesable que puede ser manipulado en diversos procesos de fabricación. Presenta un coste relativamente bajo y es un componente de gran versatilidad, pues puede formar prácticamente todas las piezas del ensamblaje: raíles y guías, ejes, mecanismos de enclavamiento, pernos, tornillos, pasadores y muelles son sólo algunas de las piezas que se pueden formar a partir de este material.

4.4.1.1 Acero AISI 1045

El acero AISI 1045 es un acero al carbono medio con propiedades muy equilibradas y de un uso ampliamente extendido dada su gran versatilidad. Su contenido en carbono va desde el 0,43% hasta el 0,50%, proporcionando un buen equilibrio entre dureza, resistencia y peso.

Se trata de un material que, con respecto al resto de aceros, presenta un nivel medio de tenacidad y de resistencia mecánica, pero siendo bastante más barato que los aceros de baja aleación. Además de ello, es fácilmente soldable y permite su conformado en caliente a temperaturas entre los 980 y los 1230°C. En cuanto a tratamientos superficiales las posibilidades son varias: pueden aplicarse temple, revenidos, recocidos y normalizados entre otros. Con respecto a sus aplicaciones, como ya se ha comentado con anterioridad, son muchas debido a sus grandes características por lo que se podrá encontrar este material en diversas industrias. Desde ejes, engranajes o barras de torsión en la industria automotriz hasta partes de sistemas de propulsión en la industria naval pasando por componentes de maquinaria pesada en la construcción, las aplicaciones de este material también pasan por las industrias mineras, agrícolas y muchas otras.

Densidad	7,85 g/cm ³
Módulo de Young	206 GPa
Coeficiente de Poisson	0,29
Resistencia a la tracción (estirado en frío)	565 – 700 MPa (600 MPa)
Límite elástico	310 – 379 MPa

Tabla 3 - Propiedades Acero AISI 1045

Este será el material seleccionado para las siguientes piezas:

- Guías
- Raíles

4.4.1.2 Acero AISI 6150 (50CrV4)

En este acero al carbono se destaca la presencia del Vanadio y del Cromo con porcentajes de la composición química total del compuesto en torno al 0,18% con respecto al Vanadio y del 1,05% referido al Cromo. Estos compuestos aportan una mejora notable en la resistencia del acero a la tracción y al desgaste. Se trata de un material que presenta gran resistencia mecánica y tenacidad, permitiendo así a este tipo de acero disponer de una buena estabilidad ante esfuerzos prolongados en el tiempo o ante deformaciones bruscas.

Ofreciendo una menor facilidad frente a los procesos de soldadura que la ofrecida por el AISI 1045, se trata de un material que trabaja muy bien al mecanizarse tras un revenido. Es por ello por lo que las geometrías que se conformarán con este material serán más sencillas.

Por norma general este material se usa en muelles, ejes, o elementos de fijación que trabajan a fatiga, y es por este motivo por el que se usará en los muelles del mecanismo, así como en otros componentes en los que se busque una resistencia extra con respecto al acero anterior.

Densidad	7,8 g/cm ³
Módulo de Young	205 GPa
Coeficiente de Poisson	0,29
Resistencia a la tracción	1145 MPa
Límite elástico	1000 MPa

Tabla 4 - Propiedades Acero AISI 6150 (50CrV4)

4.4.2 Aluminio y aleaciones ligeras

Frente al acero, pesado y con grandes propiedades mecánicas, se encuentra el aluminio, que ofrece prestaciones más bajas, pero por un peso mucho menor. Reducir el peso del mecanismo del asiento es crucial para poder superar con éxito los ensayos establecidos por la norma, pues deben cumplirse en base al peso del propio mecanismo. Su coste es inferior al del acero y es mucho más manipulable, por lo que se buscará maximizar el número de piezas formadas a partir de aluminio sin afectar a la seguridad general del ensamblaje.

4.4.2.1 Aluminio 6061-T6

Conocida comúnmente como aluminio estructural, esta aleación de aluminio es de las más extendidas en el mundo de la ingeniería, sobre todo dentro de las industrias automotriz y aeronáutica. Se trata de un compuesto que ofrece un perfecto equilibrio entre prestaciones, precio y manejo.

Se diferencia de la aleación 6061-T4 en que en su proceso de conformado ha sido endurecida mediante un tratamiento térmico y envejecida artificialmente para obtener mejores propiedades mecánicas. Es una aleación compuesta por aluminio, silicio y magnesio, pero también se pueden encontrar de forma minoritaria en su composición química elementos como el magnesio, el zinc, el hierro, el cobre o el titanio entre otros.

Se presenta como un material importante dentro de la estructura del ensamblaje ya que posee una gran resistencia mecánica y una buena maquinabilidad. Además, este material presenta una buena conductividad térmica, es ligero y reciclable. Este hecho puede pasar desapercibido, pero es de gran importancia ya que se puede reutilizar el 100% del aluminio usado en el mecanismo sin que haya perdido sus propiedades. Gracias a todas estas propiedades se usa en la creación, por ejemplo, de mástiles y plataformas en la industria naval, en la fabricación de carrocerías o estructuras del chasis en la industria automotriz o incluso en la fabricación de barandillas y otros elementos exteriores por su capacidad de resistencia a la corrosión.

Densidad	2,7 g/cm ³
Módulo de Young	69 GPa
Coefficiente de Poisson	0,29
Resistencia a la tracción	310 MPa
Límite elástico	276 MPa

Tabla 5 - Propiedades Aluminio 6061-T6

4.4.3 Polímeros técnicos

Los polímeros técnicos son una categoría especial de plásticos que surge para cumplir con unas especificaciones muy concretas dentro del mundo de la ingeniería

En los últimos años los polímeros están viendo como su uso aumenta exponencialmente en aplicaciones ingenieriles, pues, a medida que se van desarrollando y se van consiguiendo unas mejores propiedades, se van erigiendo como una solución igual de válida que los materiales más tradicionales. Se caracterizan principalmente por tener una gran resistencia a altas temperaturas y frente a impactos, así como una gran rigidez y resistencia química entre otras muchas propiedades. Según las necesidades para las que sea creado el compuesto, estos se conforman con unos materiales u otros, con unas geometrías u otras, y mediante unos procesos ingenieriles u otros, todo para cumplir con los estándares establecidos por la norma y con las necesidades del producto.

4.4.3.1 Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Este material es un termoplástico opaco y amorfo ya extendido en la industria ingenieril. Está compuesto por un 50% de estireno y el otro 50% se reparte entre el butadieno y el acrilonitrilo, aportando cada uno de estos materiales algo distinto al conjunto. El estireno, producto de la deshidratación del etilbenceno, aporta gran rigidez al material, además de facilitar el procesado. Por su lado, el butadieno (derivado del etileno) le aporta tenacidad y resistencia al impacto, mientras que el acrilonitrilo (formado por amoníaco y propileno) genera la resistencia térmica y química necesaria.

Uno de los procesos de conformado es la polimerización por emulsión, en la que mase obtiene un líquido como resultado de la combinación de los tres componentes, mientras que el otro proceso es la polimerización en masa continua, donde se puede obtener ABS a partir de materiales reciclados. El ABS se caracteriza por su robustez y durabilidad, teniendo una gran capacidad para absorber impactos. Además, uno de los factores principales que han propiciado la selección de este material es su resistencia al calor debido a su alta temperatura de transición vítrea, pues otros polímeros no aguantarían la temperatura del habitáculo del coche en las temporadas calurosas. Las piezas de ABS se suelen fabricar por moldeo por inyección y extrusión, pero también se utilizan filamentos de este material para realizar impresiones en 3D.

Densidad	1,05 g/cm ³
Módulo de Young	2,1 – 2,4 GPa
Coeficiente de Poisson	0,37

Resistencia a la tracción	41 MPa
Límite elástico	32 MPa
Tª transición vítrea	104 °C

Tabla 6 - Propiedades Acrilonitrilo butadieno estireno

4.5 Descripción general del diseño preliminar

Peso	13,33 kg
Ancho (distancia entre guías)	46 cm (38 cm)
Alto	10,5 cm
Largo	70 cm

Tabla 7 - Especificaciones del mecanismo preliminar

Para saber de qué material está hecho cada componente se han pintado las piezas de un color distinto siguiendo la siguiente lógica:

Azul	Aluminio 6061-T6
Verde	Acero AISI 1045
Amarillo	Acero AISI 6150
Rojo	ABS

Tabla 8 - Guía de colores

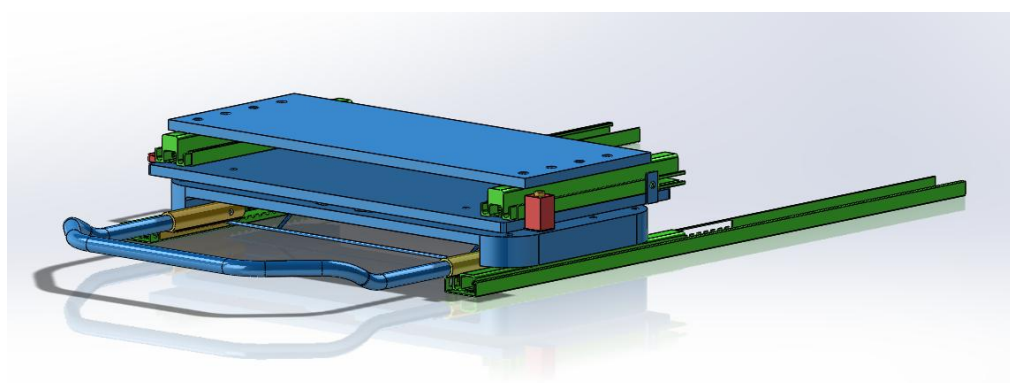


Tabla 9 - Esquema de colores I

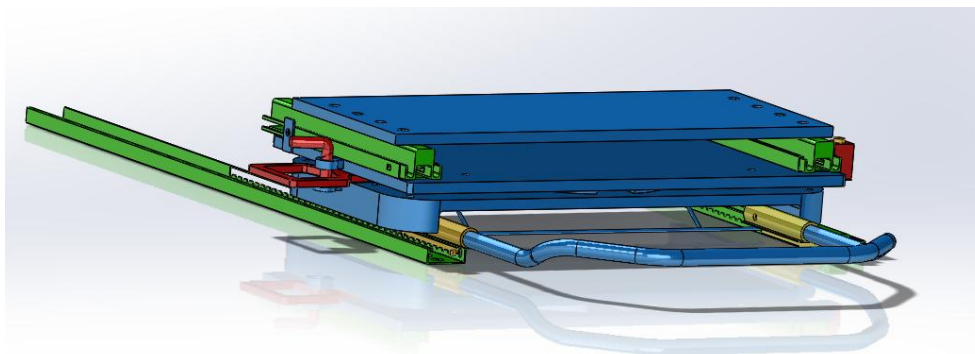


Tabla 10 - Esquema de colores II

4.6 Diseño de tornillería

4.6.1 Tornillos conectores suelo-raíl

Es importante antes de calcular los esfuerzos que sufren los tornillos y el material del que deben estar hechos conocer la masa del ensamblaje total, puesto que la carga que debe soportar el asiento vendrá determinada por el peso del conjunto.

Se calculará la cortadura en los tornillos de la base inferior, pues serán los que soporten el conjunto del ensamblaje.

Se suponen 20 kg del asiento en total, al que se le sumaran 100 kg de pasajero para realizar esta prueba. Como bien se explicaba en el ensayo frente a impactos frontales, la fuerza será de 20g

$$120 \text{ kg} \cdot 20 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 23.520 \text{ N}$$

Para disipar esta fuerza se dispone de 8 tornillos de M12

$$\frac{23.520 \text{ N}}{8 \text{ tornillos}} = 2.940 \text{ N}$$

Teniendo un espesor de placa de 3 mm y siendo un tornillo de M12, el área será de 36 mm²

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2.940}{36} = 81,6 \text{ MPa}$$

Disponiendo de la tensión a cortadura de cada tornillo en un caso de un impacto terminal, se define el material del que estarán hechos los tornillos. El material seleccionado será el acero templado y revenido 41Cr4 (clase 10.9) que con una resistencia a la tracción entre 1100 y 1200 MPa puede soportar perfectamente los 82 MPa de cortadura. (Se recuerda que la resistencia a cortadura suele ser el 60% de la resistencia a tracción del material, en torno a unos 660 – 720 MPa >>> 81,6 MPa)

4.6.2 Tornillos conectores raíl-base inferior

Se aplicará la misma lógica que con la tornillería anterior, pero eliminando el peso de los raíles pues estos sólo soportan la inercia de aquello que se encuentra por encima suya. De este modo, a los 20 kg propuestos de todo el asiento le restamos 1,6 kg de los raíles tanto inferiores como superiores del ajuste longitudinal.

$$118,4 \text{ kg} \cdot 20 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 23.206,4 \text{ N}$$

Para disipar esta fuerza se dispone de 8 tornillos de M8

$$\frac{23.206,4 \text{ N}}{8 \text{ tornillos}} = 2.900,8 \text{ N}$$

Teniendo un espesor de placa de 32 mm y siendo un tornillo de M10, el área será de 256 mm²

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2.900,8}{320} = 9,065 \text{ MPa}$$

En este caso, al tener una tensión de cortadura tan baja, se podría ahorrar y seleccionar tornillos con menores especificaciones, pero más baratos, sin embargo, la idea principal es realizar un diseño unificado para facilitar el montaje y el desmontaje en los talleres, y teniendo en cuenta que en la industria automovilística es prácticamente un estándar de calidad utilizar tornillos de clase 10.9, estos serán los seleccionados para el diseño.

4.6.3 Tornillos conectores raíl-base superior

De nuevo se procede a eliminar el peso que no corresponde a este ajuste. Al ser la base superior, se tomarán 9 kg como el peso a soportar por esta base (correspondientes al asiento y a la base)

$$109 \text{ kg} \cdot 20 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 21364 \text{ N}$$

Para disipar esta fuerza se dispone de 12 tornillos de M10

$$\frac{21364 \text{ N}}{12 \text{ tornillos}} = 1780,3 \text{ N}$$

Teniendo un espesor de placa de 25 mm y siendo un tornillo de M10, el área será de 250 mm²

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{1780,3}{250} = 7,12 \text{ MPa}$$

Para estos últimos tornillos superiores la tensión sigue siendo mínima, por lo que se podría seleccionar prácticamente cualquier clase de tornillo, sin embargo, al igual que en el caso anterior, se utilizarán tornillos clase 10.9

4.7 Diseño de muelles

4.7.1 Muelle de la base inferior

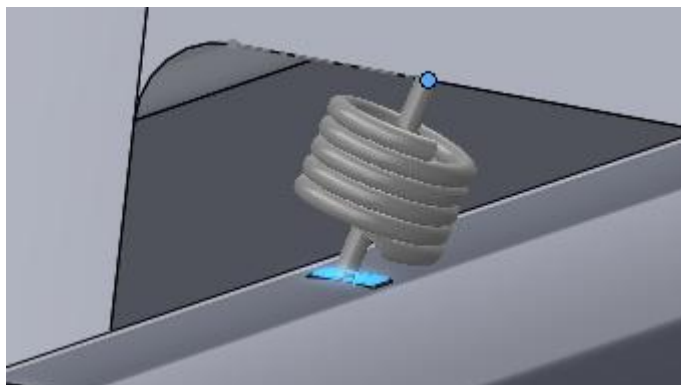


Ilustración 27 – Simulación de posición del muelle de los raíles inferiores

Se definirá que para completar el movimiento del mecanismo será necesario aplicar una fuerza de 20 N, el equivalente a 2 kg de peso. Por supuesto, existirán dos muelles uno en cada fijación del mecanismo para dotar al ensamblaje de mayor robustez, por lo que cada muelle recibirá la mitad de la carga, es decir, 10 N

$$\text{Longitud total} = 11 \text{ mm}$$

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$\text{Longitud en mecanismo} = 8 \text{ mm}$$

$$k = \frac{F}{\Delta x} \quad k = \frac{10 \text{ N}}{3 \text{ mm}}$$

$$\Delta x = 3 \text{ mm}$$

$$k = 3,33 \text{ N/mm}$$

Una vez definida la constante del muelle (k), Se definen cuatro de las cinco variables restantes. En este caso, se ha seleccionado material, que será el aluminio debido a su extendido uso en muelles, el número de espiras, el diámetro del alambre y por supuesto la constante elástica definida anteriormente. Al combinar estos datos con la ecuación adecuada se obtendrá el diámetro de la espira del muelle.

$$G = 26.000 \text{ N/mm}^2$$

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3n}$$

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{Gd^4}{8kn}} \quad D = \sqrt[3]{\frac{26000 \cdot 1^4}{8 \cdot 3,33 \cdot 4}}$$

$$k = 3,33 \text{ N/mm}$$

$$D = 6,25 \text{ mm}$$

$$n = 4$$

4.7.2 Muelle de ajuste del botón superior

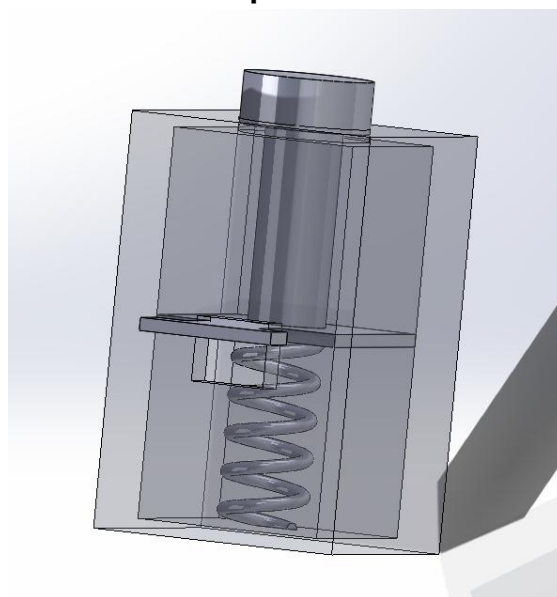


Ilustración 28 - Muelle en el mecanismo del botón

El recorrido del muelle será de 5 mm, mientras que la fuerza de pulsación será de 4 N, por lo que de estos datos se puede obtener la constante elástica

$$\text{Fuerza aplicada} = 4 \text{ N}$$

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = 5 \text{ mm}$$

$$k = \frac{F}{\Delta x} \quad k = \frac{4 \text{ N}}{5 \text{ mm}}$$

$$k = 0,8 \text{ N/mm}$$

En este caso se ha escogido como material el acero por su alta resistencia y uso generalizado en muelles, así como se han definido diámetro del muelle y número de espiras.

$$G = 80.000 \text{ N/mm}^2$$

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3n}$$

$$D = 12 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{8knD^3}{G}} \quad d = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 12^3}{3,33}}$$

$$k = 0,8 \text{ N/mm}$$

$$d \approx 1,07 \text{ mm}$$

$$n = 8$$

4.8 Diseño de rodamientos

A la hora de ofrecer este producto al gran público es de suma importancia la ergonomía del conjunto, y en este caso, asegurar unos movimientos suaves para mejorar la experiencia global del usuario.

Si bien se podrían realizar unos raíles que funcionasen exclusivamente por fricción realizando tratamientos superficiales a las partes móviles, tarde o

temprano acabarían perdiendo efectividad y el movimiento no sería todo lo fluido que se requiere.

Es por esto por lo que se ha optado por la inclusión de rodamientos en la parte inferior de los raíles fijos. Por otro lado, cabe destacar que los rodamientos usados en cada raíl tienen mayor capacidad de carga axial que los propios raíles por lo que, al no afectar en la simulación, se ha decidido omitirlos y añadirlos analíticamente. Sus características superan ampliamente las exigencias que se pueden pedir al conjunto, y, por tanto, su comportamiento no será un factor crítico para tener en cuenta durante la simulación estructural.

Los rodamientos elegidos son jaulas planas de rodillos. Estos rodamientos se caracterizan por tener una matriz en la que encontramos varios rodillos que están en contacto tanto con la cara móvil como con la cara fija.



Ilustración 29 - Jaula plana de rodillos utilizada

La velocidad del centro del rodillo deberá ser la mitad de la velocidad que lleve el raíl móvil, de tal forma que los rodillos siempre avanzarán la mitad de lo que avanza la parte en movimiento. Para que exista rodadura sin deslizamiento los puntos del rodillo deben igualar la velocidad de las partes con las que están en contacto. De este modo se plantean las siguientes ecuaciones.

Para el punto de contacto inferior (rodillos con raíl fijo):

$$v_{\text{rodillo}} - v_{\text{tangencial}} = 0$$

Para el punto de contacto superior (rodillos con raíl fijo):

$$v_{\text{rodillo}} + v_{\text{tangencial}} = v_{\text{raíl móvil}}$$

De esta forma, al despejar ambas ecuaciones se comprueba lo anteriormente mencionado, que la velocidad del rodillo es la mitad de la velocidad del raíl móvil y, por tanto, se deslazarán las jaulas la mitad que la parte en movimiento.

$$2 v_{rodillo} = v_{raíl\ móvil}$$

Debido a las restricciones de espacio libre que existen en mecanismos como unos raíles se ha seleccionado una jaula de rodillos con unas medidas muy concretas. Lo anteriormente simulado y diseñado como una parte inferior del raíl fijo fina (facilidad mallado y procesos de cálculos CFD), en la práctica tendrá un poco más de espesor, pues deberá alojar las filas de jaulas de rodamientos. Se crearán a ambos lados de cada raíl dos carriles con las medidas exactas para alojar los rodamientos.

4.8.1 Jaula de rodillos seleccionada

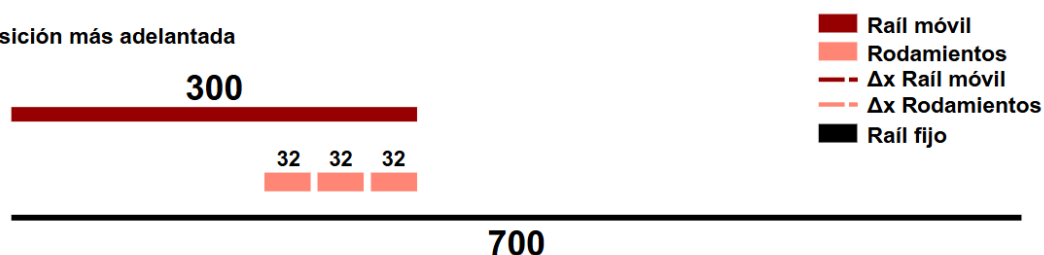
El rodamiento de jaula plana seleccionado será el FF2010-0-2 del fabricante INA. Esta jaula tiene un diámetro de rodillo de 2 mm y una longitud de 32 mm más 2 mm adicionales de encaje con piezas sucesivas. Tiene una anchura de 10 mm y presenta 9 rodillos que pueden soportar casi 62.000 N a carga estática y algo más de 21.000 N a carga dinámica. Para poner en contexto estos datos, cada jaula de rodamientos (habrá varias por cada lado de los raíles) puede soportar sobre 6000 kg. Este es el motivo de haber omitido los rodamientos para las simulaciones, pues los seleccionados poseen unas propiedades absurdas y lo único que se podría haber conseguido es desvirtuar el resto de los resultados. La ficha técnica de los rodillos utilizados se encuentra en el Anexo 6 para cualquier consulta.

4.8.2 Rodamientos de los raíles inferiores

En base a la máxima de que el desplazamiento de los rodillos será la mitad de lo que desplace el raíl móvil, el procedimiento para calcular dónde se sitúan los rodillos será el siguiente:

Dado que no se plantea soldar chapa sobre las jaulas para hacer de tope y evitar que se salgan con baches o imperfecciones de la carretera, los rodamientos deberán siempre estar bajo el raíl móvil.

A. Posición más adelantada



B. Posición más retrasada

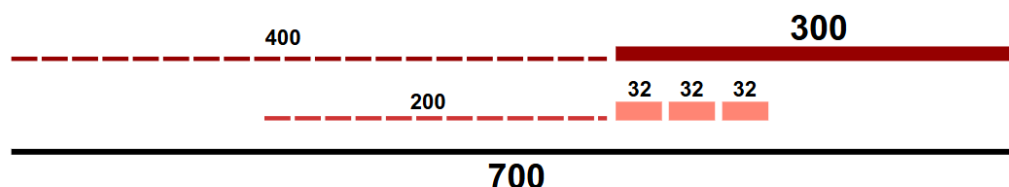


Ilustración 30 - Esquema de posición de rodamientos en raíles inferiores

De esta forma, sabiendo el recorrido que hace el raíl móvil podemos determinar la posición de los rodamientos para que siempre se encuentren bajo este. De esta forma, se extruirá un corte exacto de las dimensiones del recorrido que hacen los rodamientos entre las posiciones dadas.

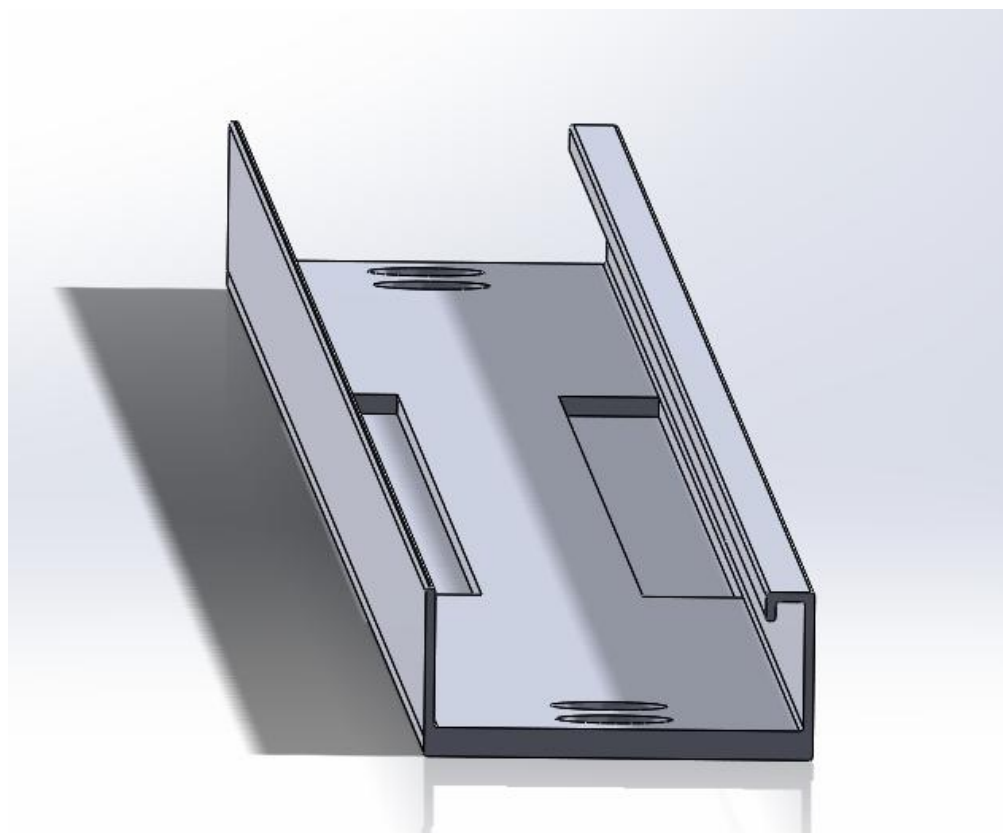


Ilustración 31 - Corte para el alojamiento de rodamientos

El corte se situará a 200 mm del inicio del raíl y se extenderá por 300 mm más. De estos 300 mm estarán 96 mm ocupados por 3 jaulas de rodamientos

consecutivas unidas entre sí usando la geometría de puzle que presentan en los extremos.

4.8.3 Rodamientos de los raíles superiores

La colocación de las jaulas de rodillos seguirá la misma lógica que los utilizados en los raíles inferiores. En este caso, al haber más margen de espacio porque el raíl superior es bastante más grande que el inferior, hay más libertad a la hora de colocar los rodamientos. El corte será homólogo al realizado en los raíles inferiores, con dos carriles y continuo para permitir el movimiento de las jaulas. Se situará a 25 mm del inicio del raíl inferior y tendrá una longitud de 150 mm.

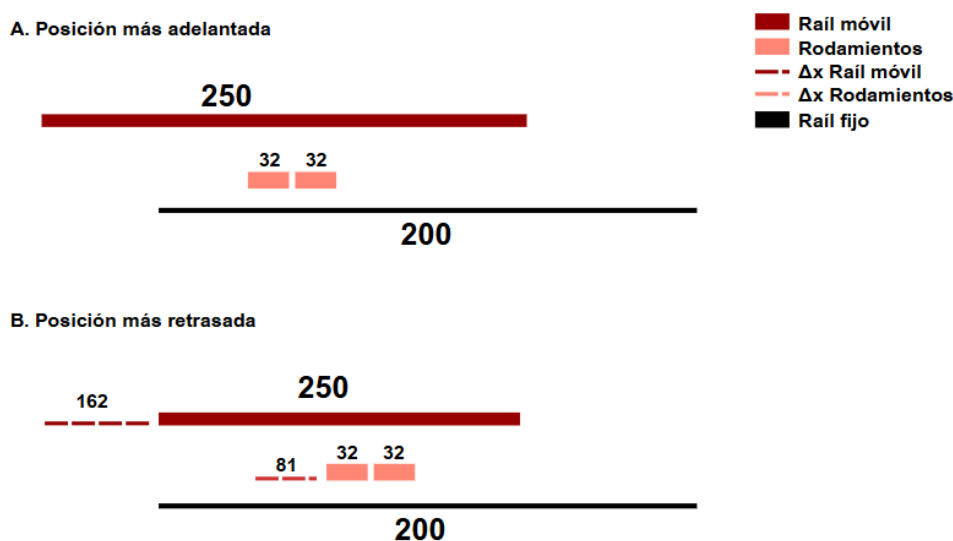


Ilustración 32 - Esquema de posición de rodamientos en raíles superiores

4.9 Simulación y ensayos

Para llevar a cabo esta parte del proyecto se introduce la geometría en el software de simulación ANSYS Student. Mediante sus métodos de cálculos por elementos finitos se realizarán distintos ensayos estructurales estáticos que demostrarán cómo se comporta el ensamblaje frente a diversas casuísticas. Estas casuísticas son las estipuladas en el apartado 3.2 de este mismo proyecto. Con respecto a la manera en la que se realiza el estudio, se han creado en la propia biblioteca del software de simulación los materiales descritos en el punto 4.4 para realizar los ensayos con la geometría y los materiales pertinentes.

4.9.1 Resultados del ensayo de resistencia del anclaje del asiento y los sistemas de regulación, enclavamiento y desplazamiento

En este ensayo se busca estudiar la respuesta del mecanismo frente a un posible impacto frontal. Es importante destacar que, en el momento del impacto, si bien hay figuras del asiento como el respaldo o el reposacabezas que absorben algo de la fuerza generada por el impacto, no es el caso del mecanismo de anclaje de este, que deberá simplemente soportar su propio peso y evitar que las inercias derivadas del impacto rompan algún elemento. Surge la pregunta

sobre qué o quién absorbe entonces la fuerza generada por el impacto. Como respuesta se obtiene, principalmente, la estructura el vehículo que debe estar diseñada para ello, y en lo que respecta a los pasajeros, son airbag y cinturón quienes deben soportar esas cargas. La función del asiento es la de mantener al pasajero en la posición adecuada para que los sistemas anteriores no pierdan eficacia, así como la de absorber algo de energía (función de reposacabezas y respaldo) como se comentaba anteriormente.

4.9.1.1 Cargas

Según la norma se debe aplicar una carga frontal o en su defecto, trasera, que constará de una fuerza aplicada de 20 g durante 30 milisegundos.

$$20g = 20 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 196,2 \text{ m/s}^2$$

Esta aceleración se debe aplicar a la masa del asiento, que al ser la de la solución 13,457 kg, se supone una masa final del asiento sobre los 20 kg al añadirle partes acolchadas y su estructura (respaldo, reposacabezas, asiento y anclajes).

$$20 \text{ kg} \cdot 196,2 \text{ m/s}^2 = 3924 \text{ N}$$

4.9.1.2 Caracterización del ensayo

Se carga el ensamblaje dentro del software de simulación y se establecerán las siguientes condiciones:

- Siguiendo la norma, el ensamblaje se situará un grado menos de la posición más avanzada de enclavamiento.
- Se fijan las caras inferiores de los raíles principales para restringir su movimiento simulando la acción de los tornillos anteriormente calculados.
- Se aplican 3924 N a repartir entre los dos mecanismos de enclavamiento, es decir, 1962 N por cada lado del mecanismo. Esta fuerza según la norma puede aplicarse en cualquier sentido si bien se mantenga en la dirección del impacto (frontal o trasero), y se deberá comprobar con el asiento en los extremos de los raíles, es decir, en su posición más y menos adelantada.

4.9.1.3 Resultados del ensayo

Dado que al exportar el modelo 3D la geometría experimenta ciertas modificaciones, se realizará el ensayo en el lado del ensamblaje que no se ha visto afectado por el cambio en el tipo de archivo con las cargas estipuladas. El resultado del ensayo es exitoso, pues se obtiene un coeficiente de seguridad muy cercano a 3. Esto significa que el asiento puede soportar casi 3 veces las cargas propuestas en el ensayo. En cuanto a deformaciones, estas son casi inexistentes, pues están en un orden de magnitud de milésimas de milímetro en su valor máximo. El punto de mayor concentración de tensiones se encuentra en

el contacto entre el enclavamiento y el raíl fijo, pues será donde se absorba el impacto en su mayoría. También se pueden observar tensiones en el raíl móvil, pues sería este quien estuviese transfiriendo la fuerza (inercia tras el impacto frontal).

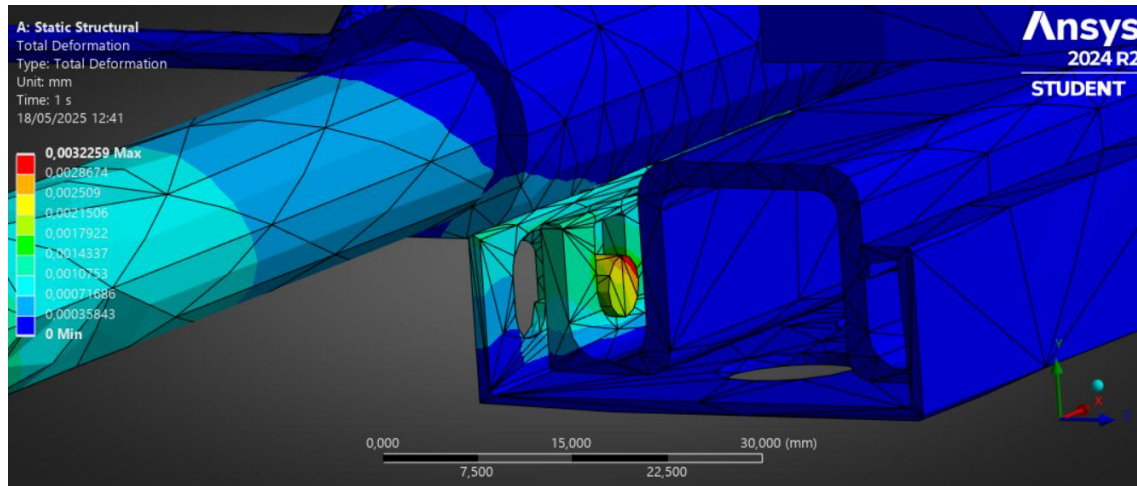


Ilustración 33 - Deformación total en ensayo de impacto frontal con asiento en posición un grado más atrasado de la máxima posible

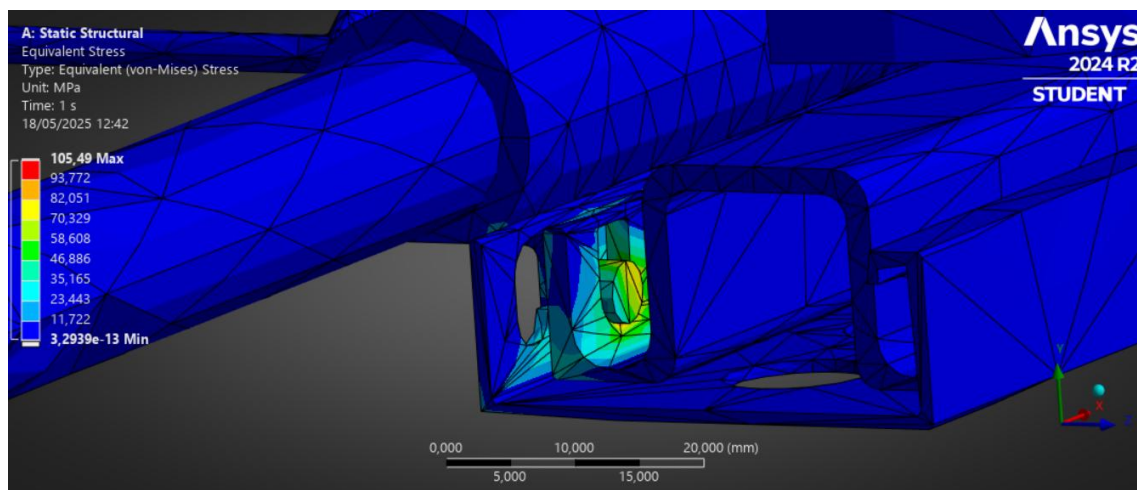


Ilustración 34 - Tensión en ensayo de impacto frontal con asiento en posición un grado más atrasado de la máxima posible

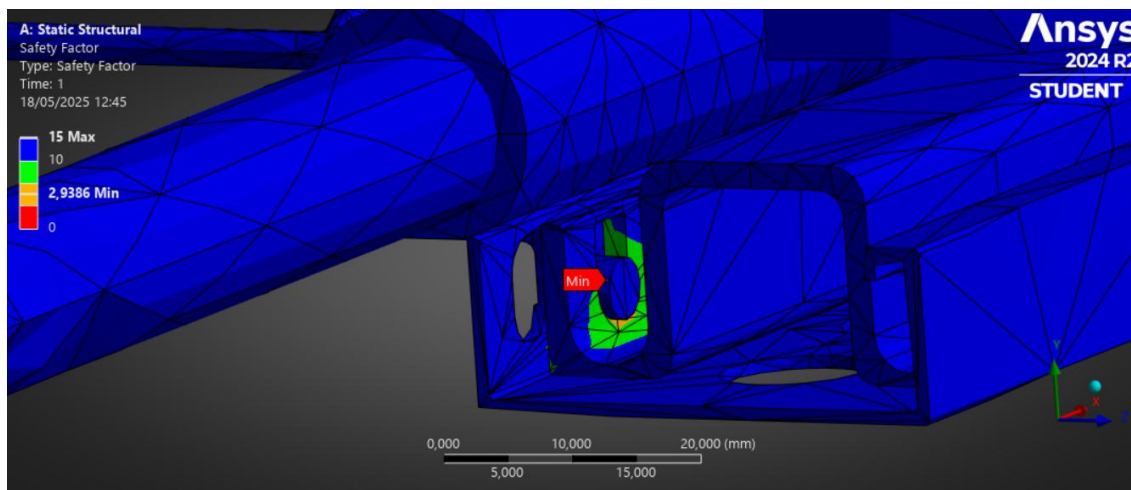


Ilustración 35 - Factor de seguridad en ensayo de impacto frontal con asiento en posición un grado más atrasado de la máxima posible

4.9.2 Resultados del ensayo de resistencia estructural frente a cargas estáticas

Con el objetivo de verificar que el diseño es capaz de soportar las cargas derivadas del peso de una persona se propone este ensayo de resistencia frente a una carga axial vertical. Si bien es cierto que las personas que necesitarían de un ensamblaje como el diseñado suelen estar por debajo de la media poblacional en cuanto a peso, se debe verificar para que en los casos más remotos siga funcionando correctamente.

4.9.2.1 Cargas

El ensayo consta de aplicar una carga axial de 1000 N, lo que equivaldría a una persona de 90 kg teniendo en cuenta unos 10 kg como máximo de peso del resto del asiento proporcionado por el fabricante (respaldo, reposacabezas, anclajes y tapicería en general).

$$100 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 1000 \text{ N}$$

4.9.2.2 Caracterización del ensayo

Para la realización de este ensayo se verificará en dos posiciones, una con el asiento extendido y otra con el asiento en su posición estándar.

- Se carga en archivos distintos el modelo del ensamblaje con la posición correspondiente a cada ensayo
- En vistas de facilitar el ensayo y por restricciones numéricas en el mallado del software de simulación, ambos estudios se han realizado, ya que, habiendo verificado que el resto de las piezas no intervenían ni sufrían tensiones significativas al aplicar las cargas, su mallado consumía recursos y superaba el límite establecido por la licencia de la que se dispone.

- Se fija la cara inferior de los raíles del ajuste longitudinal (raíles principales), y en el modelo simplificado, de los raíles del despliegue exterior (raíles superiores)
- Se aplica una fuerza de 1000 N sobre la base superior del ensamblaje, que es donde irá el asiento del fabricante anclado.

4.9.2.3 Asiento en posición de vehículo en marcha

La posición normal de marcha será con el despliegue exterior completamente recogido, es decir, con esos raíles enclavados en su posición más trasera. Cabe destacar que al realizar este ensayo por primera vez los resultados fueron negativos, es decir, tanto el raíl que soporta la base superior como la propia base sufrieron deformaciones plásticas (las deformaciones plásticas son aquellas deformaciones permanentes, es decir, que el cuerpo que las sufre no recupera su forma inicial).

Como consecuencia de esto el diseño de esta parte del ensamblaje ha cambiado radicalmente, aumentando tanto la altura del raíl como el espesor de la placa para mejorar su trabajo a flexión. Además, dado que el coeficiente de seguridad seguía siendo insuficiente para soportar las cargas estipuladas se ha añadido un tercer raíl central.

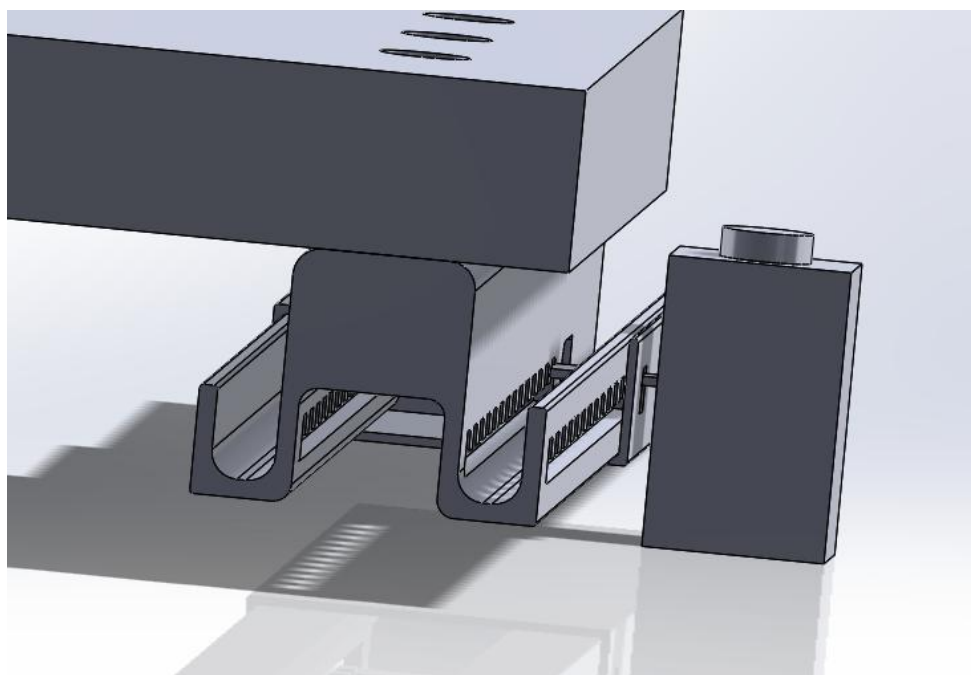


Ilustración 36 - Cambios aplicados en la parte superior del ensamblaje

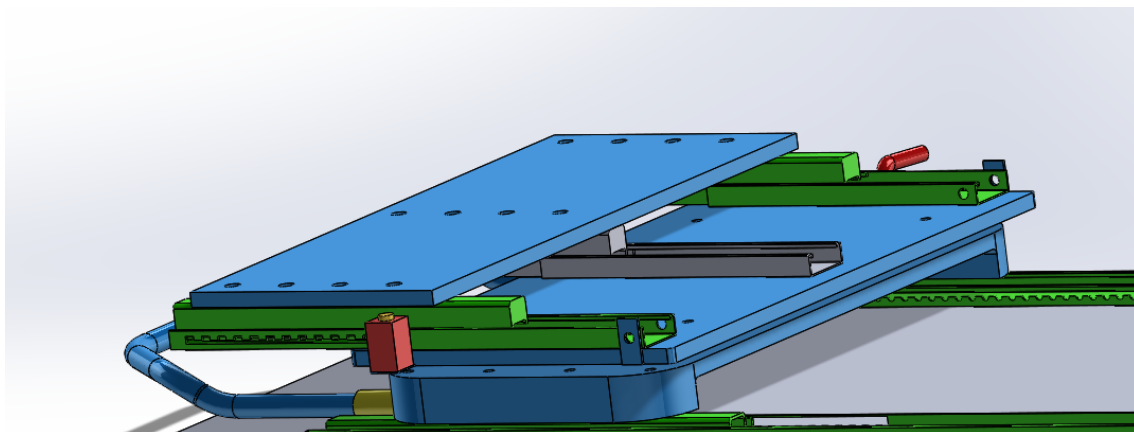


Ilustración 37 - Implementación del rail central

Ya con una nueva geometría para afrontar el ensayo, esta se carga en el software de simulación. En vistas de entender mejor cómo deforma la pieza, para este ensayo en concreto se ha aumentado la escala de las deformaciones 200 veces. Esta función del software es muy útil para entender lo que está ocurriendo en el ensamblaje cuando los resultados, en este caso, las deformaciones, no se ven a simple vista. Para este ensayo en concreto se ha visto a la pieza deformarse 0,08 mm, lo que es un valor bastante aceptable teniendo en cuenta que se alcanza un coeficiente de seguridad de 4,48 en su valor mínimo. La tensión máxima se alcanza en el centro de la pieza, aunque algo desplazado hacia el lado izquierdo ya que en el lado derecho se encuentran todas las estructuras internas del mecanismo de enclavamiento del giro, dotando al ensamblaje de mayor rigidez estructural.

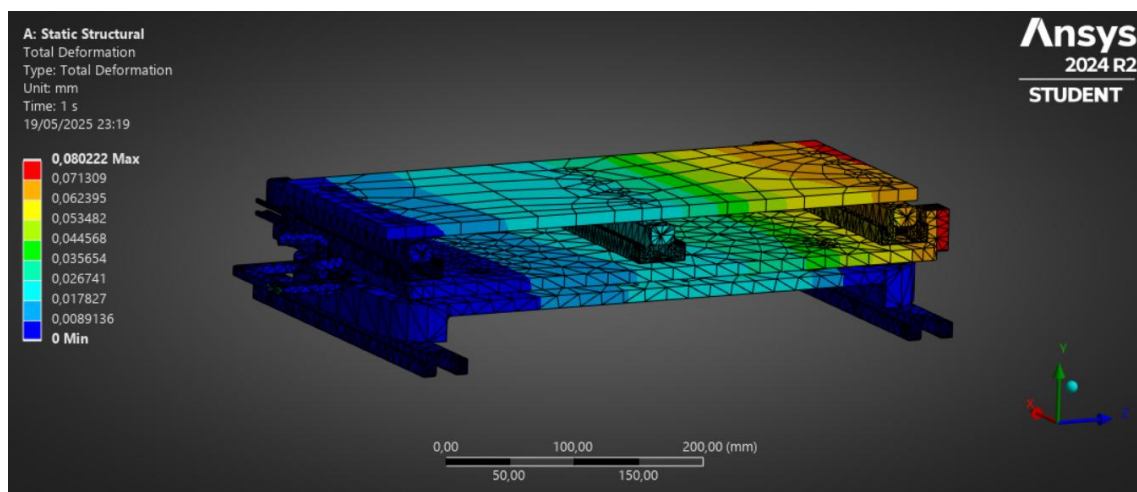


Ilustración 38 - Deformaciones en ensayo de carga axial con asiento recogido

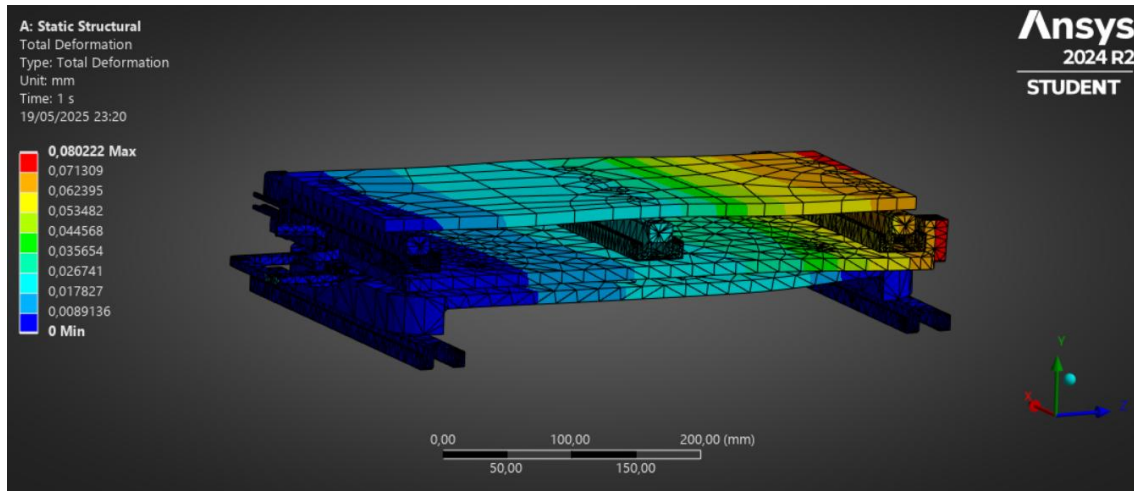


Ilustración 39 - Deformaciones 200x en ensayo de carga axial con asiento recogido

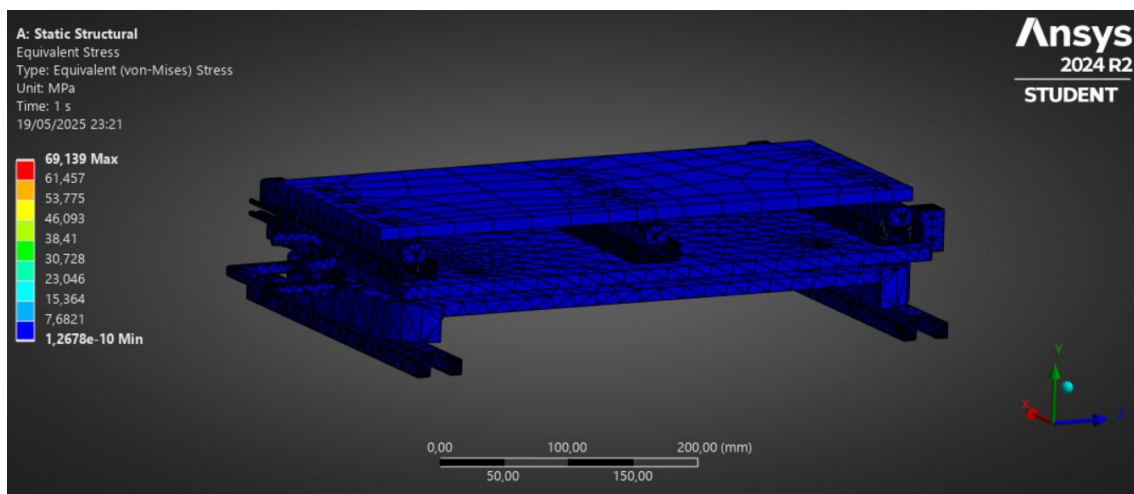


Ilustración 40 - Tensiones en ensayo de carga axial con asiento recogido

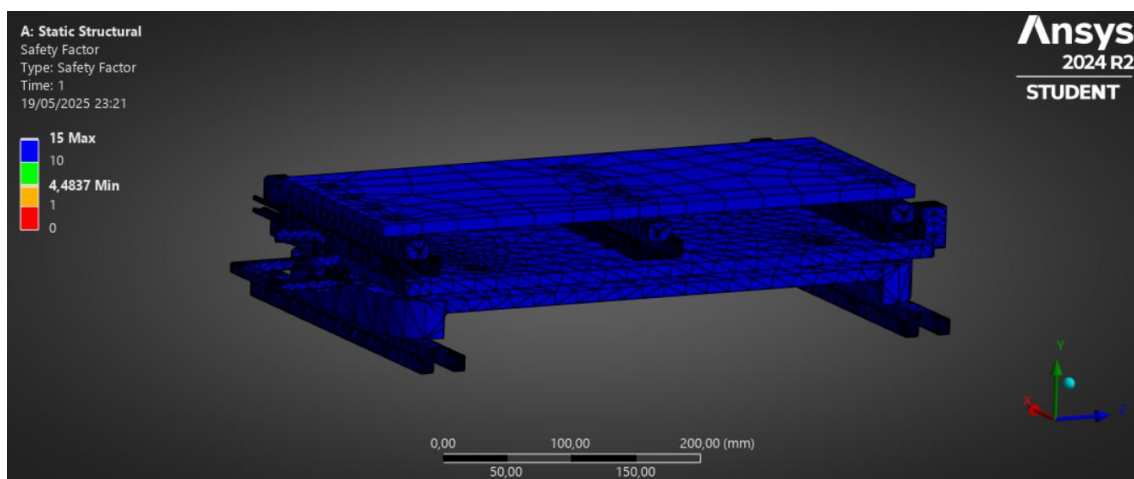


Ilustración 41 - Coeficiente de seguridad en ensayo de carga axial con asiento recogido

4.9.2.4 Asiento extendido por completo

En este caso se puede ver cómo la base trabaja a flexión, teniendo su máxima deformación en el lado derecho del ensamblaje (lado izquierdo en la ilustración 37). En cuanto a valores numéricos, con 100 kg la base deforma medio milímetro con un coeficiente de seguridad de 3,45 en su punto mínimo. Esto implica que

su rotura se alcanzaría al soportar masas de alrededor de los 345 kg. Como indican los resultados, se alcanza un valor máximo de tensiones de 89 MPa que, comparado con el límite elástico del Acero AISI 1045 del que está hecho el raíl, no supone un problema al ser bastante superior este último. Los puntos débiles del ensamblaje se encuentran en los raíles inferiores a la altura a la que empiezan a flectar los raíles superiores. Esto es debido a que en ese punto está fija la geometría y es el lugar en el que comienza la flexión de los raíles móviles, pues en el lado contrario está el mecanismo de enclavamiento. Esto se podría paliar haciendo dos mecanismos de ajuste para este movimiento, pero se ha considerado como algo innecesario ya que restaría aún más espacio al ajuste del giro, aumentaría el peso, y todo ello sin ser necesario ya que los resultados son buenos. En este caso es normal que existan deformaciones, y, por norma general, resultados peores que en el anterior estudio, pues hay parte de la estructura que está trabajando como si de un voladizo se tratase, a diferencia del anterior caso donde las partes superiores tenían más superficies de apoyo directo.

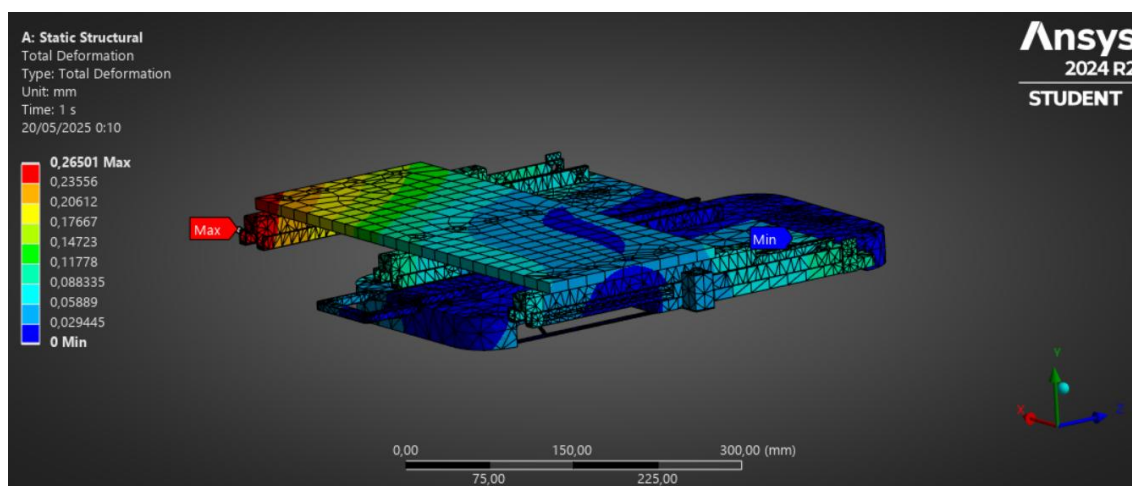


Ilustración 42 - Deformaciones en ensayo de carga axial con asiento extendido

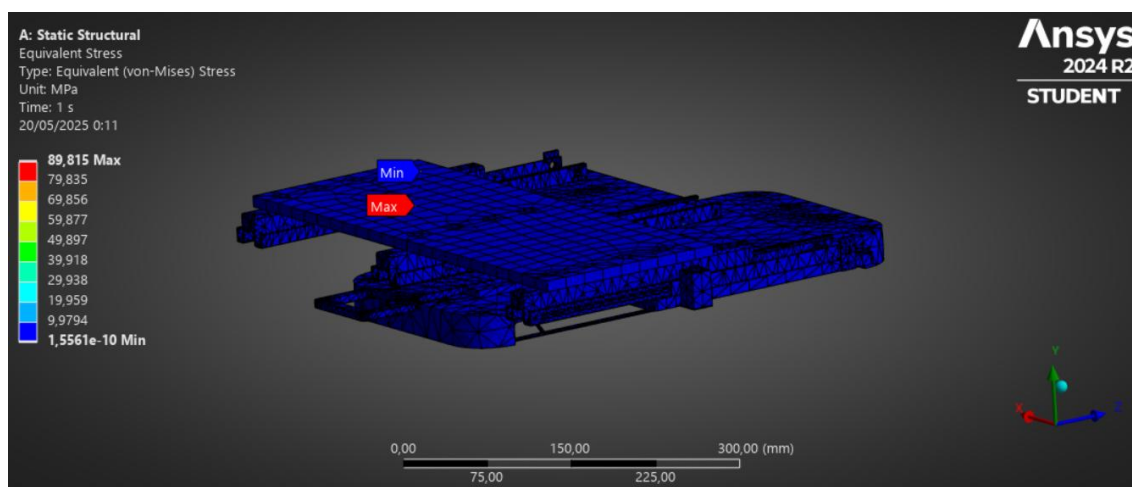


Ilustración 43 - Tensión en ensayo de carga axial con asiento extendido

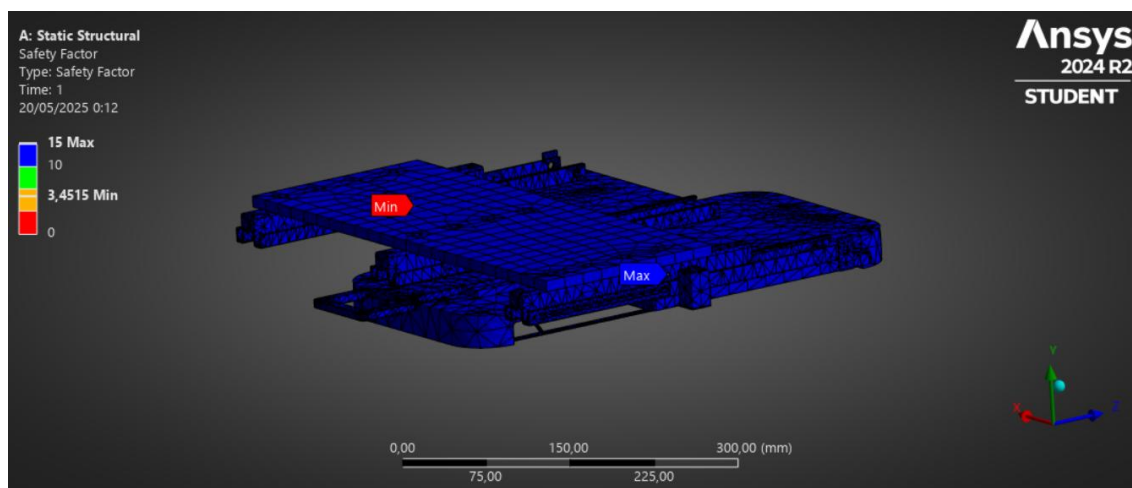


Ilustración 44 - Coeficiente de seguridad en ensayo de carga axial con asiento extendido

4.10 Descripción general del diseño final

Peso	13,514 kg
Ancho (distancia entre guías)	46 cm (38 cm)
Alto	10,5 cm
Largo	70 cm

Tabla 11 - Especificaciones del mecanismo final

Para saber de qué material está hecho cada componente se han pintado las piezas de un color distinto siguiendo la siguiente lógica:

Azul	Aluminio 6061-T6
Verde	Acero AISI 1045
Amarillo	Acero AISI 6150
Rojo	ABS

Tabla 12 - Guía de colores

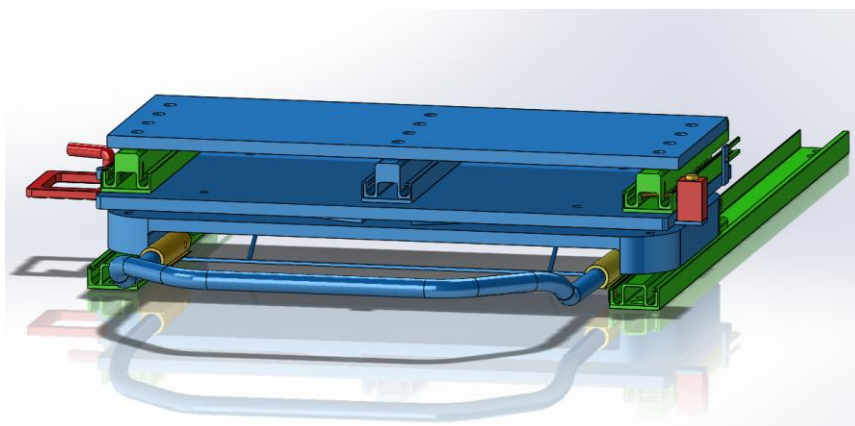


Ilustración 45 - Esquema de colores final

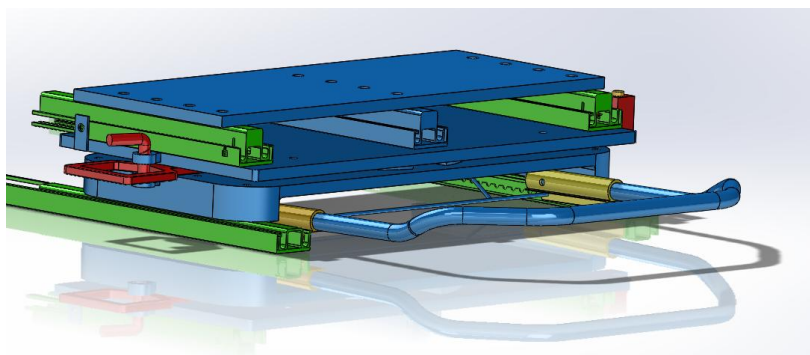


Ilustración 46 - Esquema de colores final II

Capítulo 5. PROCESO DE FABRICACIÓN

Este tipo de ensamblajes, al tener unas especificaciones muy concretas y estar obligados a soportar unas cargas muy específicas, deben estar hechos con precisión y calidad. Para asegurar que la solución creada cumpla con los tan elevados estándares que requiere el mundo de la automoción, se va a desarrollar la forma en la que se confeccionará cada pieza determinando material, método, y cualquier otra información que sea relevante en el proceso de conformado.

Además, no basta con crear cada pieza por separado, si no que se deberá llevar a cabo un proceso de ensamblaje que asegure que el comportamiento de este en la realidad sea lo más próximo posible al que se ha estudiado en los ensayos.

Por último, en vistas de que el producto final sea un éxito y pudiese introducirse al mercado automovilístico como una solución recurrente, sería necesaria una fábrica para cubrir la demanda, por lo que se planteará una hipotética distribución en planta para su producción.

5.1 Desglose pieza por pieza

Se hará un despiece ascendente del ensamblaje, es decir, se estudiará cada pieza por separado desde las piezas inferiores hasta las que ocupan las partes más altas del diseño.

5.1.1 Guías y raíles

Estas piezas están hechas de Acero AISI 1045, un acero con una maquinabilidad muy alta y al que se le pueden aplicar diversos tratamientos térmicos para potenciar sus propiedades. No tendría sentido abarcar cada uno de los raíles y guías por separado sabiendo que sus procesos, aunque con diferentes operaciones, se mecanizarán de forma muy similar en las máquinas. Estas serán fresadoras CNC de Haas de 6 ejes, que permiten un control total sobre la geometría de la pieza. En cuanto a la pura fabricación, se partirá de un bruto de acero que irá siendo fresado hasta obtener las piezas finales.

Una vez terminada la geometría, las piezas recibirán un tratamiento de pintura y barniz en polvo para mejorar apariencia y resistencia de cara al consumidor final.

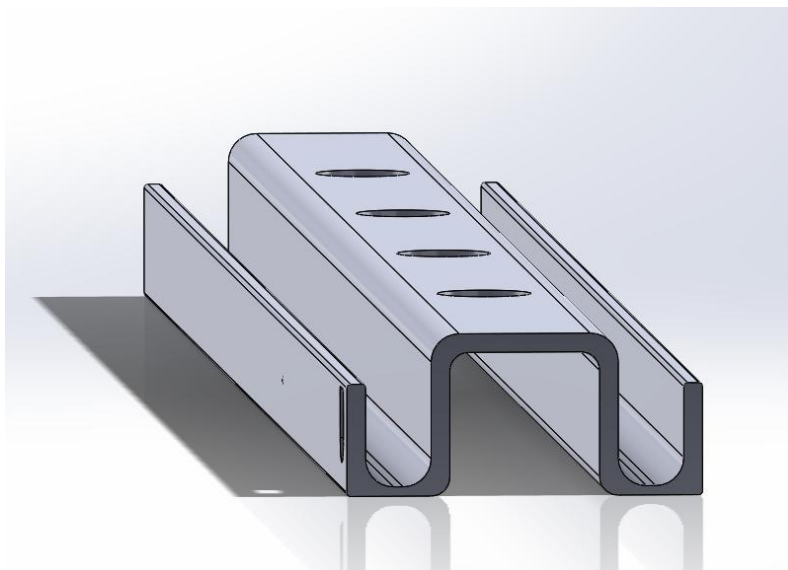


Ilustración 47 – Ejemplo de rail superior

5.1.2 Enclavamientos inferiores

Mecanizados en Acero 6150, también serán conformados en la fresadora CNC. Una de las opciones planteadas era crear la pieza en forma de “L” y soldar a ella el tubo superior, pero por motivos de tiempo de fabricación y de facilitar el proceso de ensamblaje se optó por el diseño de la pieza como conjunto. Esta pieza, al igual que la mayoría de las que forman el ensamblaje, también recibirá los tratamientos de pintura y barniz en polvo.

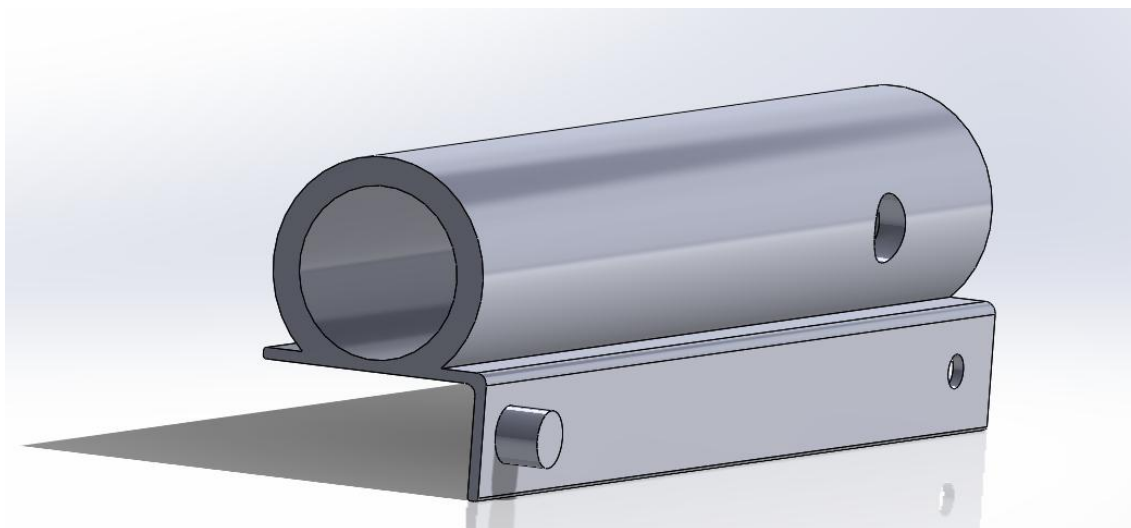


Ilustración 48 – Ajuste inferior del lado derecho

5.1.3 Enclavamiento superior

También se encuentra mecanizado en acero 6150 y supone un reto a la hora de la fabricación por su reducido tamaño, pero la fresadora CNC de 6 ejes puede hacer esta pieza con facilidad.

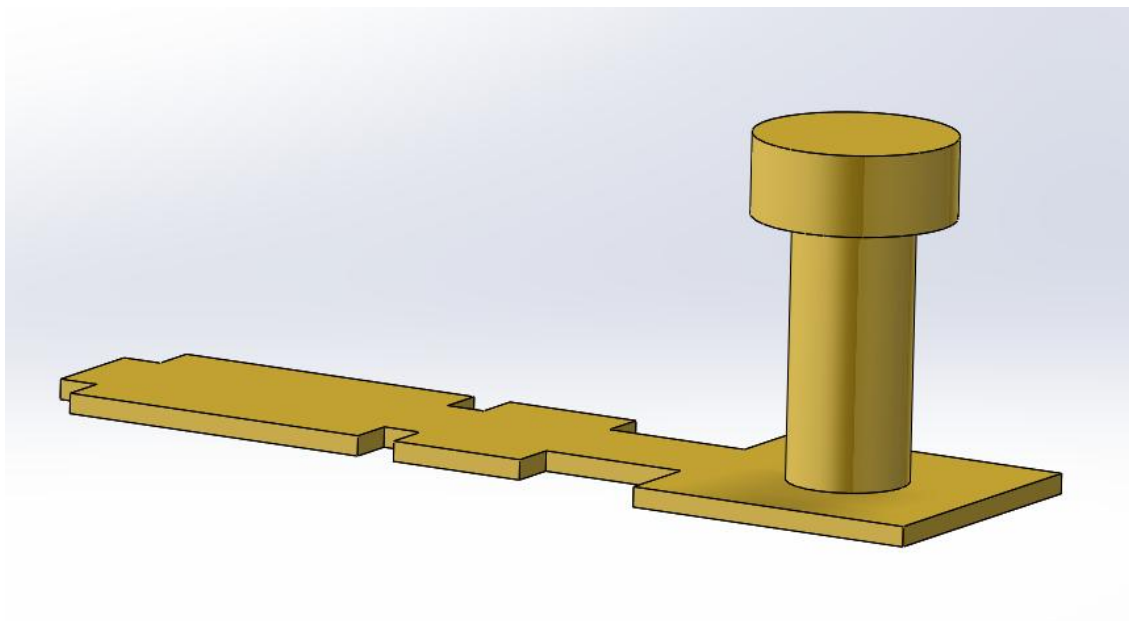


Ilustración 49 - Botón con el mecanismo de ajuste

5.1.4 Barra de ajuste y barra de unión

Hechas de aluminio 6061-T6, la idea principal con estas piezas sería la subcontratación de un tercero para que las fabricase y únicamente tener que ensamblarlas con el conjunto. De no ser así, se partiría de un tubo del material seleccionado y se modelaría siguiendo la geometría mediante una dobladora de tubos en el caso de la barra de ajuste, y se partiría de 4 tubos que se soldarían en el caso de la barra de unión. Es mediante este método, el de fabricación propia, como se ha simulado en el estudio de costes, pues no se ha podido obtener un presupuesto por parte de empresas del sector.

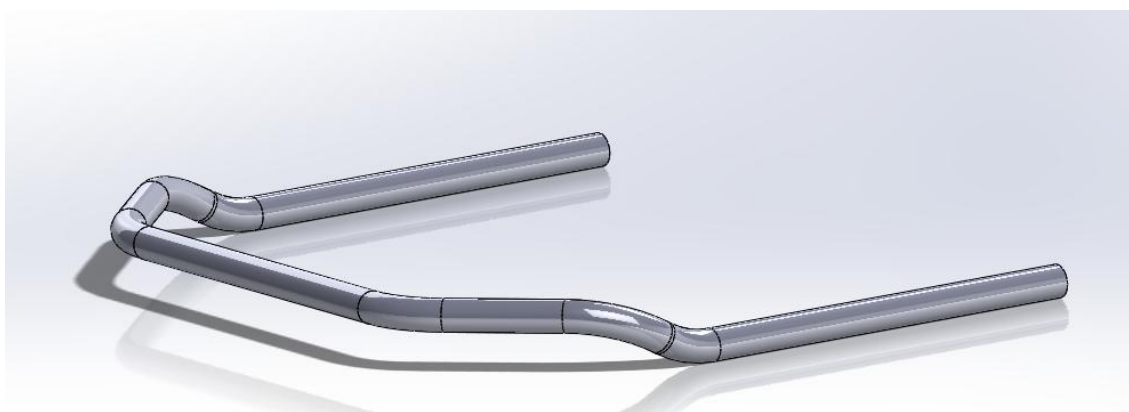


Ilustración 50 - Barra de ajuste longitudinal

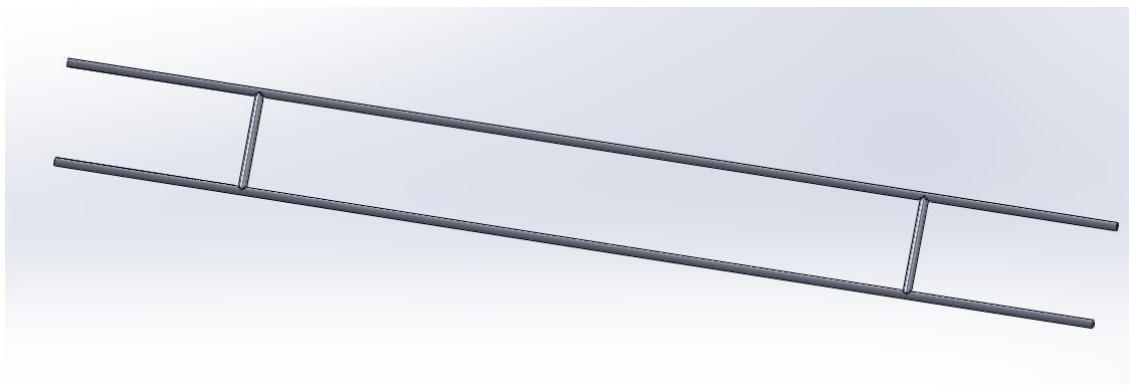


Ilustración 51 – Barra conectora entre mecanismos y base

5.1.5 Bases o plataformas

Se trata de las piezas más voluminosas del conjunto y, como no puede ser de otra forma, serán mecanizadas a través de una fresadora CNC. También pasarán por los procesos de pintura y barnizado en polvo, teniendo que recibir un tratamiento térmico para la correcta aplicación de los dos tratamientos anteriores. Si en todas las piezas anteriores las tolerancias eran un ámbito de suma importancia, en este conjunto se trata de algo vital, pues el correcto funcionamiento del ensamblaje depende directamente de ellas. En principio sobre la base superior cada fabricante podrá extruir o taladrar los cortes que crea necesarios para poder ajustar el asiento.

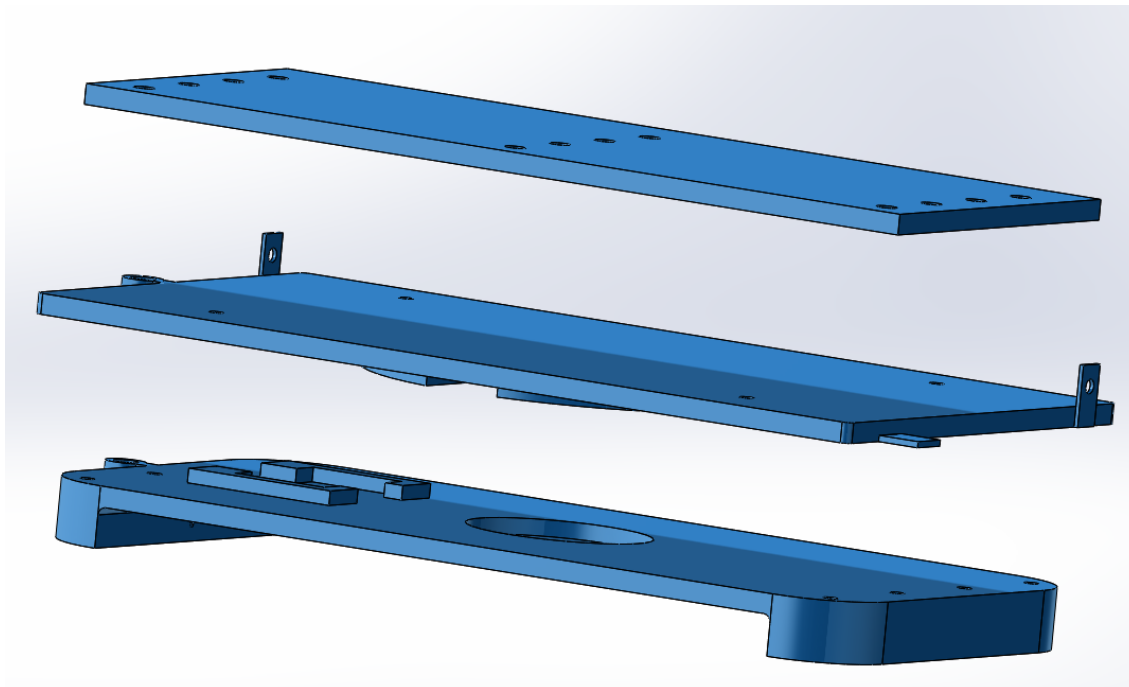


Ilustración 52 - Bases principales del ensamblaje

5.1.6 Piezas 3D

El ensamblaje también dispone de piezas que no están tan exigidas como las conformadas en acero, por lo que se ha decidido crear estas piezas con ABS,

un termoplástico muy utilizado en la ingeniería por sus buenas propiedades. Estas piezas se harán mediante impresoras 3D industriales con tecnología de modelado por deposición fundida (FDM o Fused Deposition Modeling) en las máquinas Raise3D Pro3 Plus, que ofrecen unas condiciones de temperatura de boquilla y de tolerancias más que adecuadas para lo requerido en este ensamblaje.

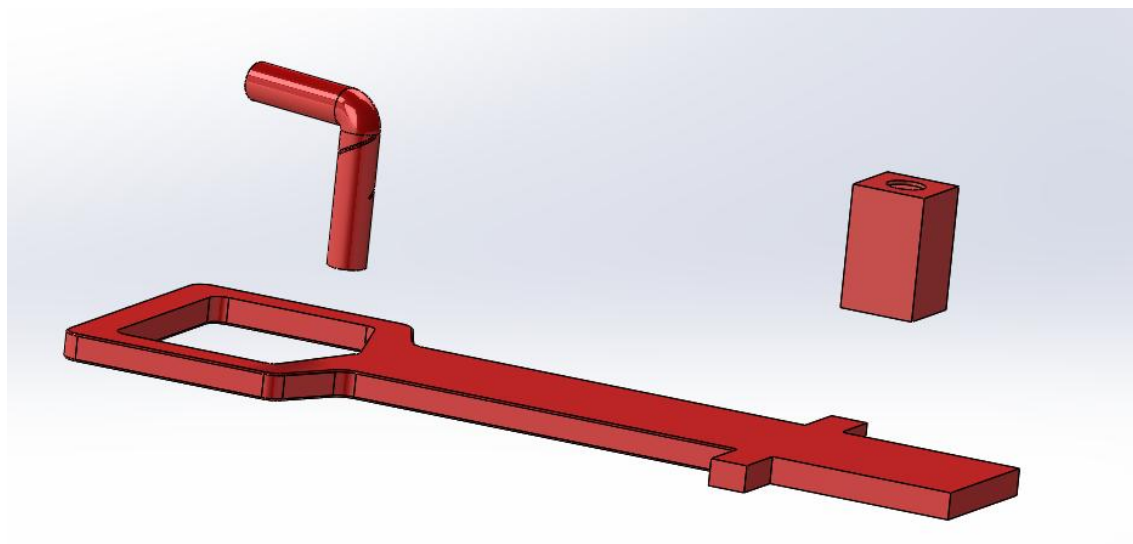


Ilustración 53 - Cilindro, pasador y carcasa de ABS

5.2 Método de ensamblaje

Ya con las piezas fabricadas, un especialista de la planta será el encargado de montar el mecanismo final. Las piezas ya han recibido los tratamientos de pintura en polvo y de barnizado en polvo y están listas para en proceso de ensamblaje, que comenzará por los raíles inferiores:

1. Sobre estos y en cada uno de los lados, colocar los rodamientos en las posiciones calculadas previamente
2. Colocar el raíl superior derecho y comprobar que los rodamientos quedan bajo el raíl en todo su recorrido para ambos raíles

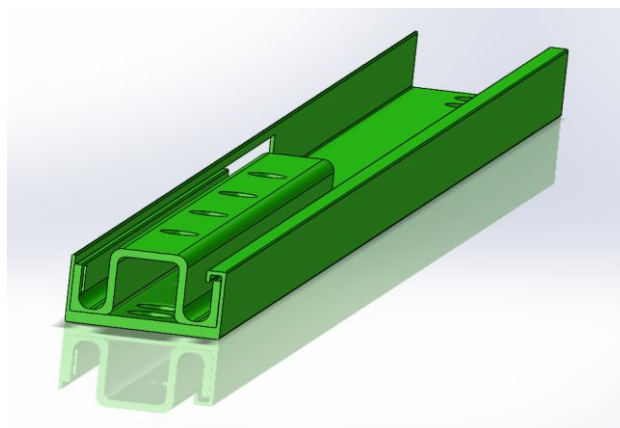


Ilustración 54 - Pasos 1 y 2 del ensamblaje

Se aparta uno de los raíles inferiores montados y se comienza con el ensamblado de la primera base superior:

3. Con el raíl derecho en la posición más adelantada se coloca el mecanismo de enclavamiento

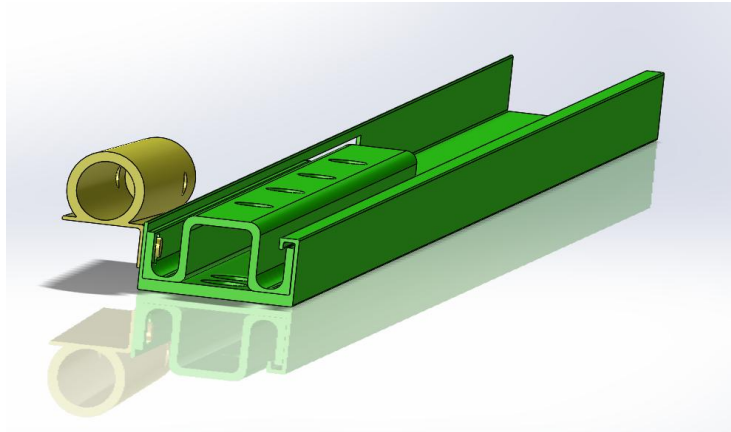


Ilustración 55 - Paso 3 del ensamblaje

4. Se atornilla el lado correspondiente de la base al raíl superior

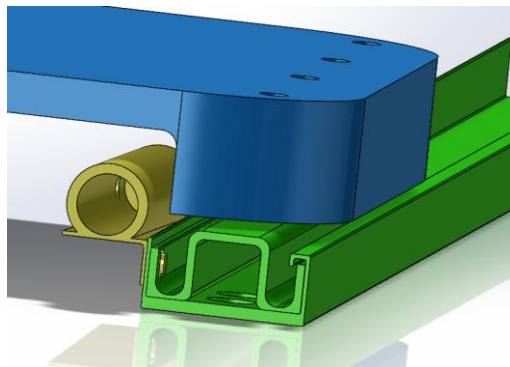


Ilustración 56 - Paso 4 del ensamblaje

5. Se suelda la barra conectora entre mecanismos y base a ambos del mismo lado

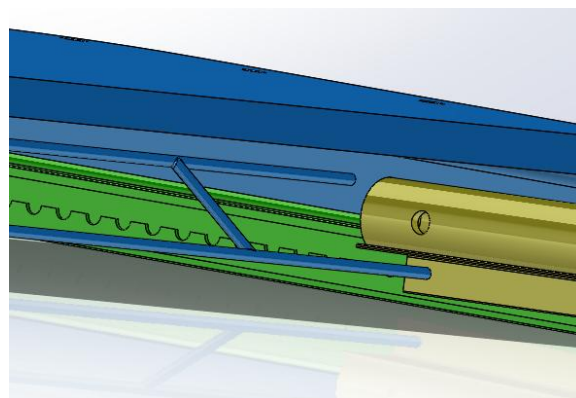


Ilustración 57 - Paso 5 del ensamblaje

6. Se deja el mecanismo del lado izquierdo enganchado, pero todavía sin soldar

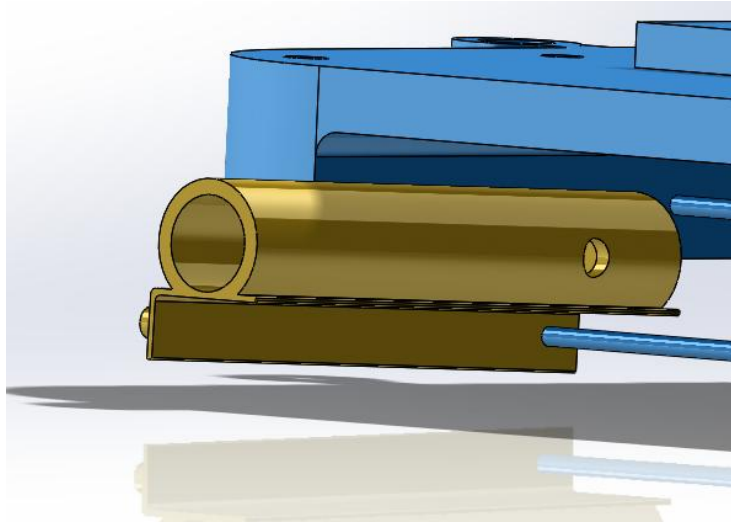


Ilustración 58 - Paso 6 del ensamblaje

7. Se coloca el raíl izquierdo paralelo al ya perteneciente al ensamblaje, con una distancia entre sí de 38 cm. El raíl debe estar, al igual que en el caso anterior, en su posición más adelantada, y enclavarse con el mecanismo de su lado

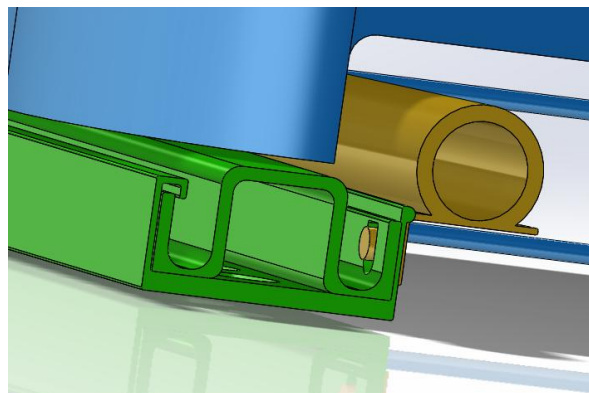


Ilustración 59 - Paso 7 del ensamblaje

8. Se suelda finalmente la barra conectora al mecanismo del lado izquierdo
9. Ya se debería poder atornillar la base al raíl del lado izquierdo
10. El último paso para dejar ensamblado el ajuste longitudinal sería soldar la barra de la que tirará el usuario para poder mover el asiento y soldar los muelles en las posiciones estipuladas en el diseño de

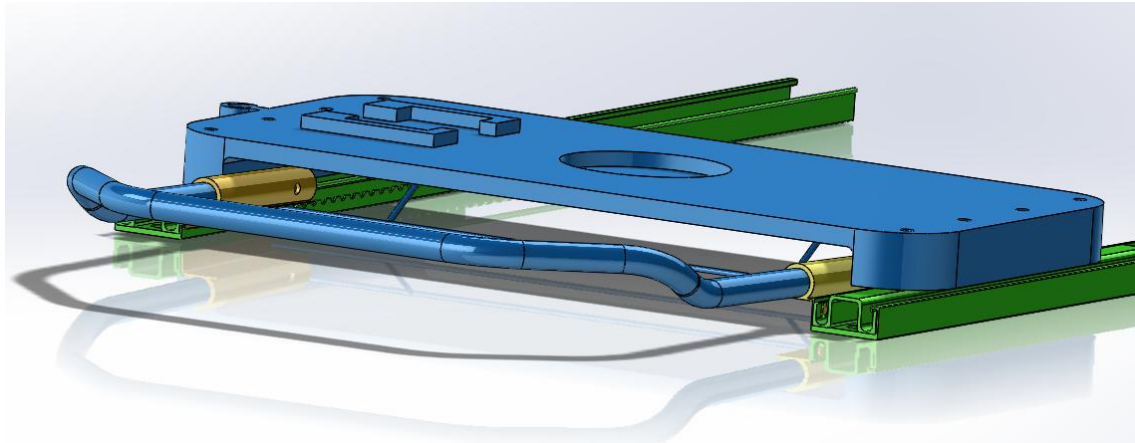


Ilustración 60 - Pasos 8, 9 y 10 del ensamblaje

Sobre esta base se comienza el montaje del mecanismo de giro del asiento.

11. En el hueco creado para su alojamiento, se suelda el rodamiento axial de bolas a su base y queda liberado el movimiento.

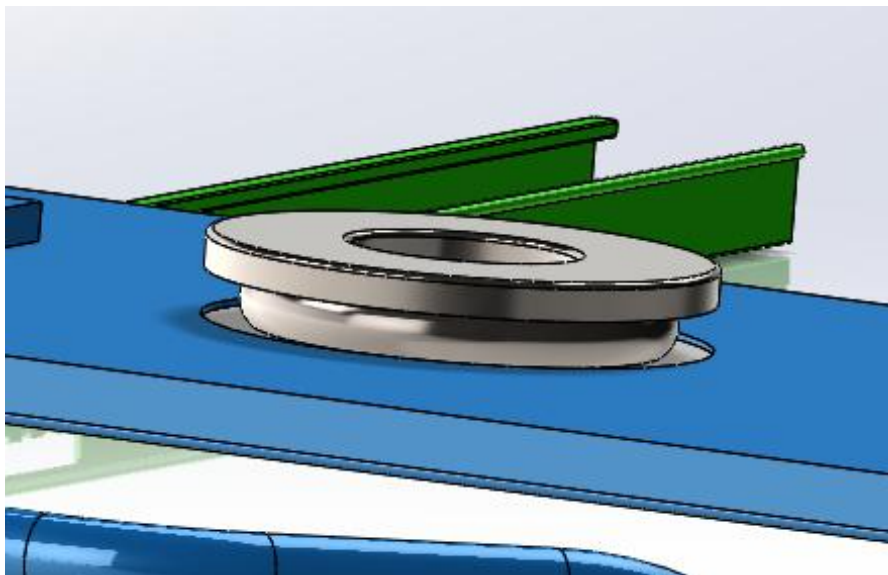


Ilustración 61 - Paso 11 del ensamblaje

12. La pieza grande de ABS se coloca en su posición, con el pasador llegando hasta el final de su recorrido

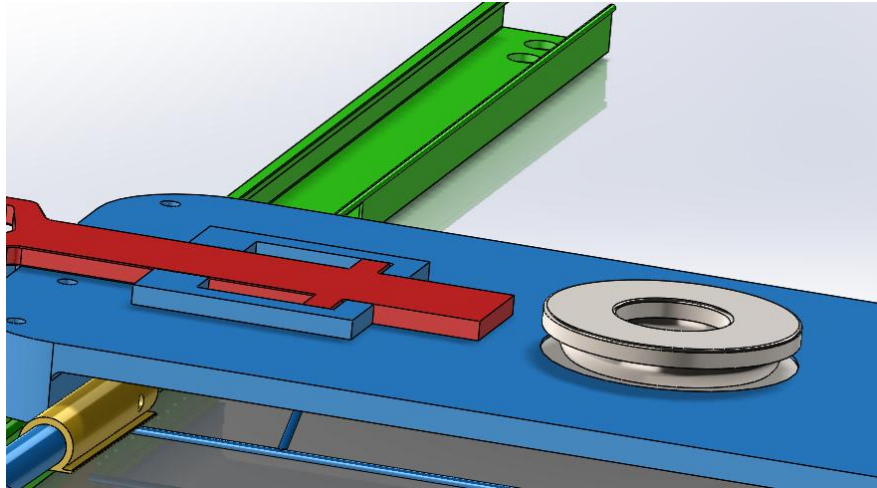


Ilustración 62 - Paso 12 del ensamblaje

13. La base del giro se unirá al rodamiento axial por adhesivos. Se utilizará un adhesivo anaeróbico como el Loctite 638 o el 648 que soporta bien las cargas para las que está diseñado el ensamblaje y trabaja muy bien con componentes como el aluminio y el acero

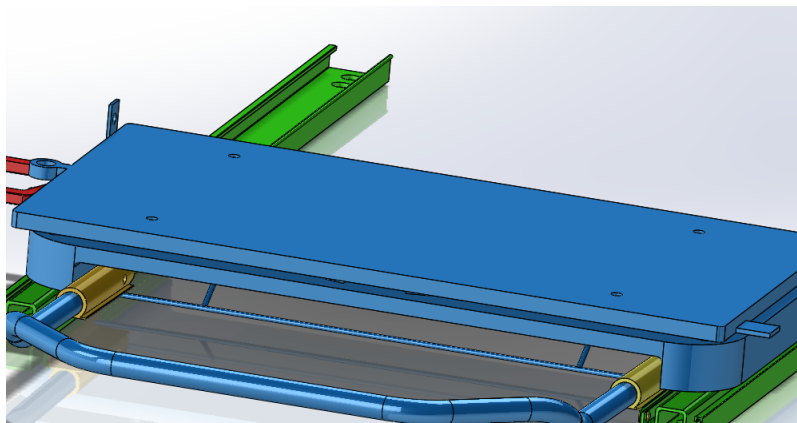


Ilustración 63 - Paso 13 del ensamblaje

14. Una vez haya secado el pegamento (en torno a 5 minutos), se colocará el cilindro que actúa de cerrojo (esta pieza puede quitarse y ponerse según necesite el usuario)

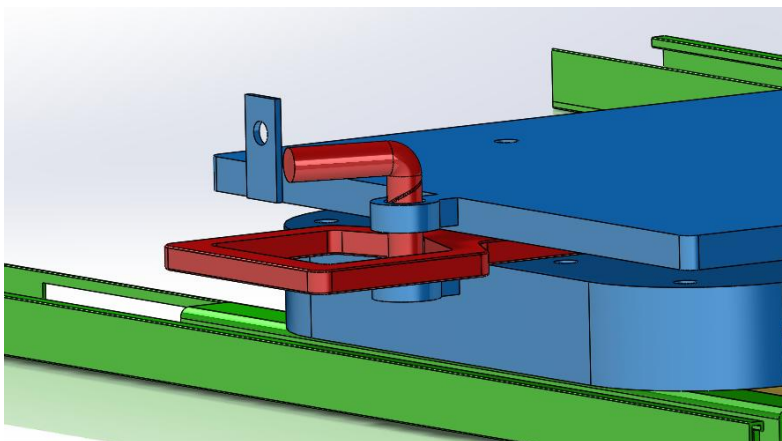


Ilustración 64 - Paso 14 del ensamblaje

En este punto ya estaría ensamblado por completo el segundo de los movimientos, la rotación del asiento, dando pie al comienzo del montaje del despliegue exterior.

15. Se ajustarán los raíles inferiores. En este caso existen uno a cada lado y uno en el centro de la base. El raíl del centro irá unido a la base mediante puntos de soldadura al igual que los de los lados, si bien estos dos últimos tendrán una fijación extra a la base inferior a través de un tornillo.

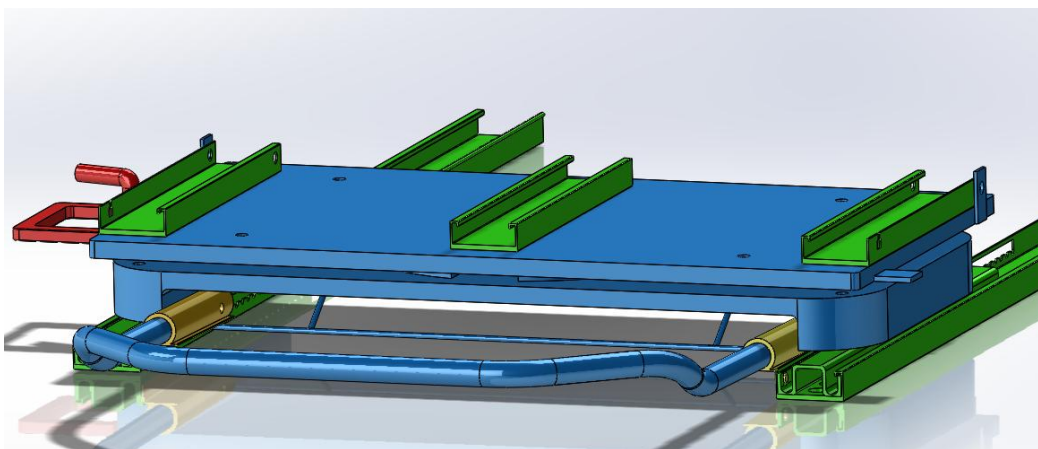


Ilustración 65 - Paso 15 del ensamblaje

16. Se inserta el raíl móvil del mismo modo que se realizó en los raíles de la parte inferior del ensamblaje, colocando los rodamientos en las posiciones calculadas y comprobando que se mueven acorde a lo establecido

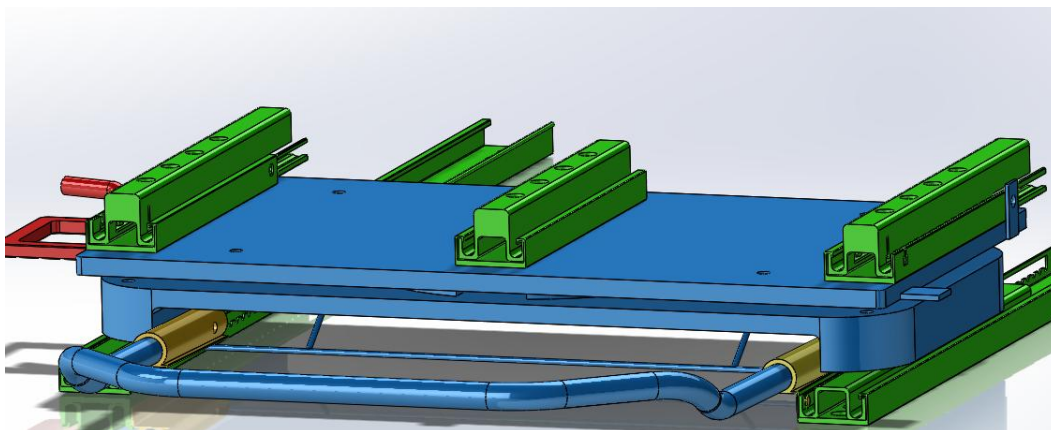


Ilustración 66 - Paso 16 del ensamblaje

17. Se monta el subensamblaje del botón. Un corte a la mitad en el eje vertical de la carcasa permite la introducción tanto del mecanismo del botón como del muelle, cerrando de nuevo el mecanismo con la otra mitad de la carcasa. El proceso de unión de ambas carcasas se plantea inicialmente mediante ABS Cement, un líquido o gel que produce un efecto similar a una soldadura, pero en ABS.
18. Una vez montado este sistema, se utilizan las ranuras de los raíles derechos para introducir el mecanismo y dejarlo perfectamente funcional, pues una vez que entra ya no puede salir.
19. Con el mecanismo de enclavamiento en su sitio, se pegará la carcasa del botón a su base mediante epoxi bicomponente (resina epoxi + endurecedor), concretamente el Loctite Epoxy Metal/Plastic.

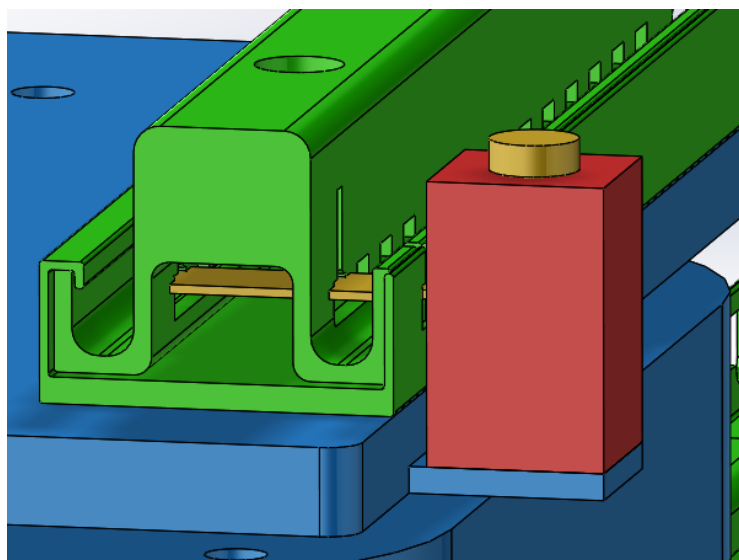


Ilustración 67 - Pasos 17, 18 y 19 del ensamblaje

20. Con los raíles montados, el último paso será atornillar la base superior a los raíles móviles. Esta base superior podrá ser desmontada y manipulada

por cada fabricante/instalador con el objetivo de unir la solución de este proyecto con el propio asiento del consumidor.

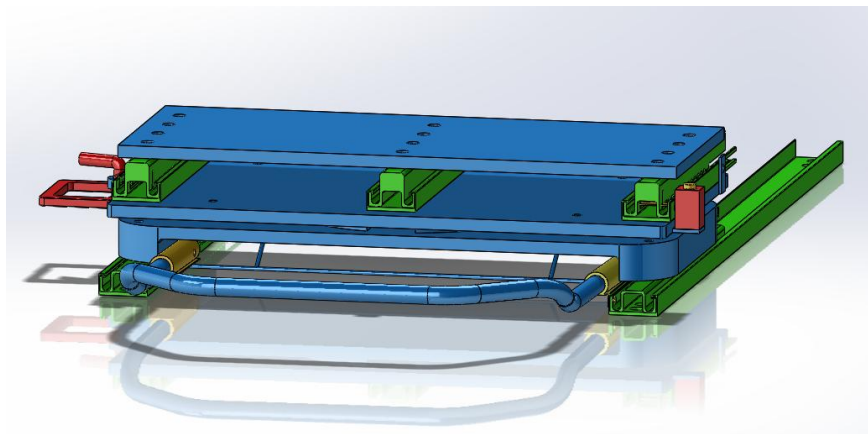


Ilustración 68 - Paso 20 del ensamblaje

Capítulo 6. ESTUDIO DE MERCADO

En vistas de la creciente tendencia universal en hacer el mundo más accesible para todos, queda necesario entender el mercado en el que se moverá el producto diseñado. Si bien el objetivo principal de este proyecto no es el comercial, un análisis de mercado podría aportar una perspectiva ciertamente necesaria para evaluar la visibilidad, el impacto, y el potencial del diseño en el mundo actual.

Para realizar este estudio de mercado se delimitará este al ámbito nacional y se estimará un volumen de ventas basado en los datos analizados. Se analizará la competencia en el sector español, se volverá a hacer hincapié en la demanda (derivada del marco teórico donde se ofrece una visión muy concreta de la misma) y se evaluará el producto diseñado a través de análisis como el de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (análisis DAFO).

Este estudio se hace con el objetivo de dar una visión general sobre el contexto en el que tendría que comercializarse el mecanismo, de tal forma que, de llevarse a la realidad, se pudiesen tomar decisiones estratégicas fundamentadas para maximizar los rendimientos del producto.

6.1 Análisis de competencia

Este apartado resulta muy útil para entender dónde se encuentra el ensamblaje diseñado en comparación con las alternativas que ya existen. A diferencia de otros mercados como puede, por ejemplo, la ropa o los accesorios, este se trata de un mercado muy reducido en el que hay unas barreras de entrada económicas, tecnológicas y legales para tener en cuenta.

Para asegurar que se cumplen los estándares que solicitan tanto fabricantes como la norma, es preciso trabajar con maquinaria de alta finura y con materiales con unas propiedades muy específicas. Este alto grado tanto de precisión de maquinaria como de materiales significará, aunque no necesariamente, un producto de alta calidad y con buenas especificaciones, encareciendo de forma notable los costes.

6.1.1 Fabricantes del sector

El número de fabricantes en el mercado español que ofrecen asientos de copilotos adaptados es bastante reducido. Estas empresas se dedican por norma general a la adaptación en global de vehículos para personas con discapacidad, pero sus precios las hacen poco asequibles para el público general. Los precios de los mecanismos se encuentran por norma general entre los 4.000 y los 10.000 €, y requieren una instalación bastante costosa lo que los convierte en un producto prácticamente VIP.

Empresa	Producto/Servicio	Precio estimado	Observaciones
Rehatrans	Asientos giratorios, kits de adaptación	4.000–7.000 €	Requiere homologación, instalación permanente
Pimas	Adaptación integral de vehículos	Desde 6.000 €	Enfocado en vehículos grandes o furgonetas
BraunAbility (EE.UU./UE)	Turny Evo – asiento giratorio motorizado	7.000–10.000 €	Elevado coste, importación y montaje complejo

Ilustración 69 - Benchmark de la competencia

Tras analizar los precios entre los que se mueve el mercado, se define el producto ofrecido como un producto low-cost y más accesible, al menos, que la adaptación ofrecida por el resto de la competencia. Recientemente una marca de coches asiática ha presentado su nuevo SUV en el que los asientos traseros poseen este rango de movimientos mediante motorización eléctrica. Este prototipo no tiene fecha de lanzamiento todavía, pero se espera que llegue al mercado para antes de 2030. A pesar del buen funcionamiento del sistema que han diseñado, sigue estando aplicado únicamente a los asientos traseros como una adaptación para padres que se hacen cargo de sus hijos, y no como una solución para la accesibilidad de personas que, en este caso, siguen sin tener una solución a sus problemas de inclusión.

6.2 Análisis DAFO

A la hora de hacer un estudio de mercado es importante siempre conocer el producto que se está ofreciendo. Para ello, uno de los mejores análisis que se puede hacer es un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades. Esta tabla permite tomar decisiones estratégicas acordes a las características del producto, ya sean para mejorar el posicionamiento del producto en el mercado, detectar posibles amenazas para preparar el modelo de negocio para mitigarlas y, en general, para tomar cualquier tipo de decisión relacionada con el producto. Del análisis DAFO del ensamblaje y derivado del análisis de la competencia se obtiene la conclusión de que es más que importante situarse en un precio más bajo en el mercado. Acercar este mercado tan poco accesible a los potenciales usuarios puede tener unas consecuencias positivas que no se pueden llegar a medir, pues es una solución cómoda y que muchos particulares y empresas no dudarían en adoptar. Además, el contexto demográfico invita a pensar en un aumento de la población potencialmente compradora, por lo que se trata sin duda del momento exacto para entrar en el mercado. La competencia es poco accesible y la demanda de una solución

asequible, sencilla y funcional crece, y ahí debe ser donde se situé el producto diseñado.

DEBILIDADES	AMENAZAS
Producto pendiente de homologación técnica Difícil promoción por el segmento poblacional al que afecta	Entrada futura de competidores con mayor capacidad industrial Barreras legales en la adaptación Producto preconcebido como exclusivo
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Utilidad y funcionamiento claro Segmento creciente Instalación sencilla Enfocado a la autonomía del usuario y sobre todo a la comodidad del cuidador	Envejecimiento de la población española Apoyo institucional a iniciativas para mejorar la inclusividad Muy baja competencia en precios más asequibles Fuerte inversión institucional en proyectos y PYMES

Ilustración 70 - Análisis DAFO

6.3 Delimitación del mercado y análisis de la demanda

El ensamblaje diseñado está creado para servir como una solución intermedia entre los vehículos adaptados para personas con discapacidad y los más estándar del mercado. El público al que está destinado este ensamblaje será el siguiente:

- Personas mayores con dificultades motrices
- Personas con discapacidades físicas temporales/permanentes
- Personas con discapacidades mentales que afecten a la habilidad motora
- Personas con lesiones físicas temporales/permanentes (cirugías, accidentes...)
- Familiares y cuidadores responsables
- Centros de día, clínicas y otros centros que utilicen vehículos particulares

Según datos del INE, en España hay más de 4 millones de personas con discapacidad de las cuáles hasta un 60% presentaba problemas en la movilidad. Fuera de estos 4 millones de personas, también se pueden encontrar otros muchos más que encuentran dificultades en su día a día para moverse con normalidad.

Basándose en datos del Instituto Nacional de Estadística y del Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad (CERMI), se consiguen estos porcentajes acerca de cómo se distribuye la población española con movilidad reducida entre los anteriores grupos.

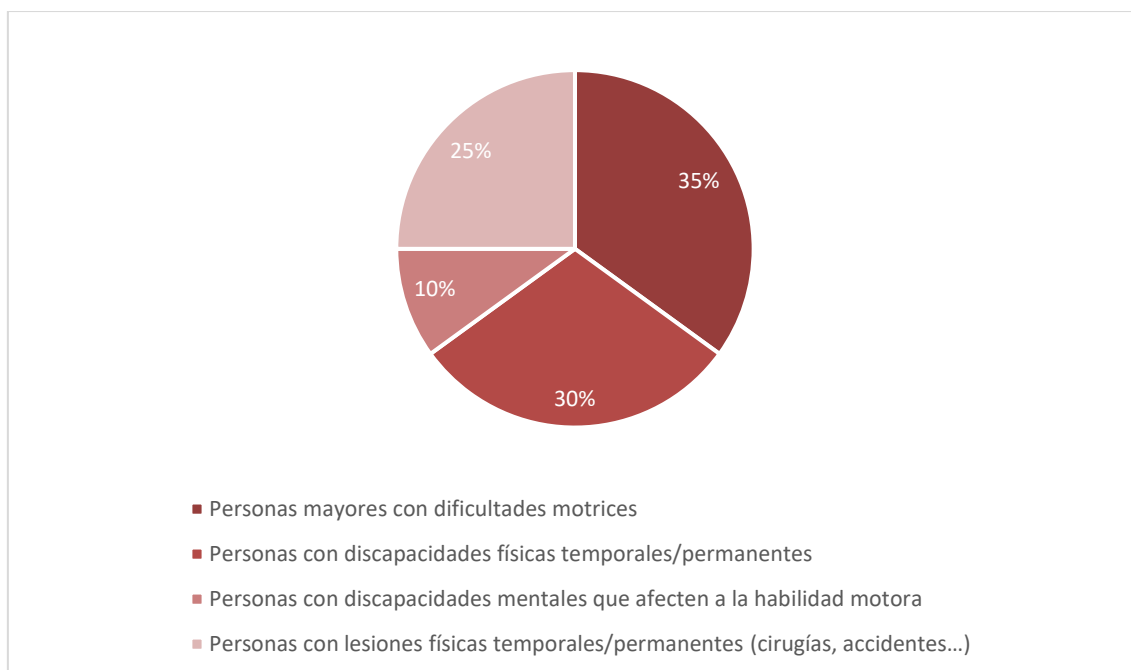


Ilustración 71 - Distribución por grupos de la población española con movilidad reducida

Cabe destacar que las personas con condiciones temporales serán mucho menos propensas a buscar una solución a esta falta de accesibilidad. Es por ello por lo que se debería enfocar el proceso de mejora del ensamblaje y, por tanto, la búsqueda de clientes hacia los sectores de población que presenten condiciones de larga duración.

De los grupos anteriores, las personas mayores son el grupo que más crece en España, y, por tanto, el número de ellos con dificultades motrices aumenta proporcionalmente.

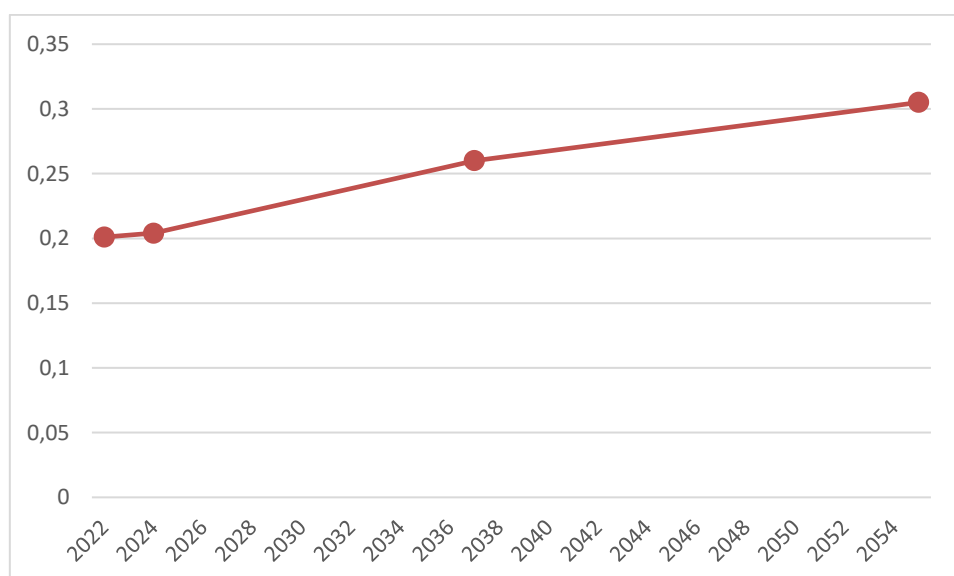


Ilustración 72 - Porcentaje de personas mayores de 65 años en España basado en las Proyecciones de Población del INE

Las “Proyecciones de Población” del INE de los años 2022 y 2024 predicen un aumento bastante significativo en este segmento de la demografía española, que teniendo en cuenta que son el grupo más propenso a sufrir cualquier tipo de discapacidad, la solución propuesta podrá dar respuesta a la demanda de un número cada vez mayor de personas. Una gráfica muy significativa es la obtenida de la Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y Situaciones de Dependencia (EDAD) en su última edición, publicada en 2020. En ella se ve qué problemas de accesibilidad presentan las personas con alguna condición según su tipología. Según la encuesta realizada hace 5 años, eran cerca de 2 millones de personas las que, teniendo alguna condición especial, experimentaban problemas de accesibilidad en el transporte en su día a día.

Porcentajes

	Nº Personas (miles de personas)	Dificultad vivienda (%)	Dificultad en edificios públicos (%)	Dificultad transporte (%)	Dificultad nuevas tecnologías (%)
	4.318,1	34,0%	36,2%	43,8%	39,4%
Visión	1.051,3	36,4%	42,2%	48,0%	51,9%
Audición	1.230,0	28,3%	30,9%	36,7%	40,0%
Comunicación	947,5	42,9%	51,0%	60,1%	68,0%
Aprendizaje	705,4	43,6%	52,8%	62,4%	70,0%
Movilidad	2.403,7	47,7%	47,0%	58,6%	43,7%
Autocuidado	1.363,5	55,2%	55,8%	68,3%	58,9%
Vida doméstica	2.007,4	50,2%	52,6%	63,7%	53,1%
Interacciones y relaciones personales	607,7	42,0%	49,1%	57,1%	61,6%

Nota: Una misma persona puede estar en más de una categoría de discapacidad

Ilustración 73 - Problemas de accesibilidad debidos a la discapacidad por tipo de discapacidad (EDAD 2020)

Muchos de los pertenecientes a este grupo encontrarán en el ensamblaje diseñado la solución para sus diversos inconvenientes con el transporte, pero como es entendible, la demanda no será uniforme a lo largo del territorio. Una vez definidos los sectores a los que estará dirigido el ensamblaje se definen los lugares sobre los que se prestará una especial atención a la hora de la comercialización del producto. En este caso serán provincias con alta densidad de personas de avanzada edad, así como los núcleos urbanos más poblados donde tanto por normativas ecológicas como por cuestiones de movilidad los vehículos adaptados no son una alternativa real. Las provincias más afectadas por la longevidad de la población se encuentran principalmente en el norte peninsular, con valores bastante elevados en comunidades como la de Castilla y León, Asturias o Galicia entre otros. Estos datos casan parcialmente con el porcentaje de discapacitados por comunidad en el que repiten con valores bastante por encima de la media las comunidades de Asturias y Cantabria, destacando también un elevado porcentaje en la Región de Murcia y en las ciudades autónomas. Por otro lado, los núcleos urbanos más poblados del país como Madrid, Barcelona, Bilbao, Sevilla y demás capitales de provincia masificadas seguirán siendo puntos de concentración de la demanda gracias a la tendencia ascendente de la edad media en el país.

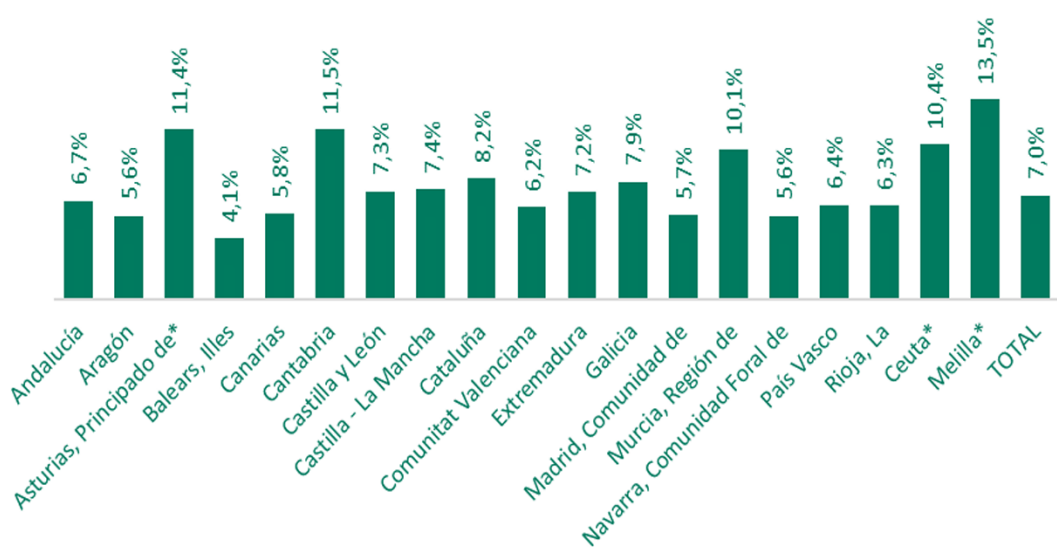


Ilustración 74 - Porcentaje de personas con G:D. entre el 33% y el 100% sobre la población

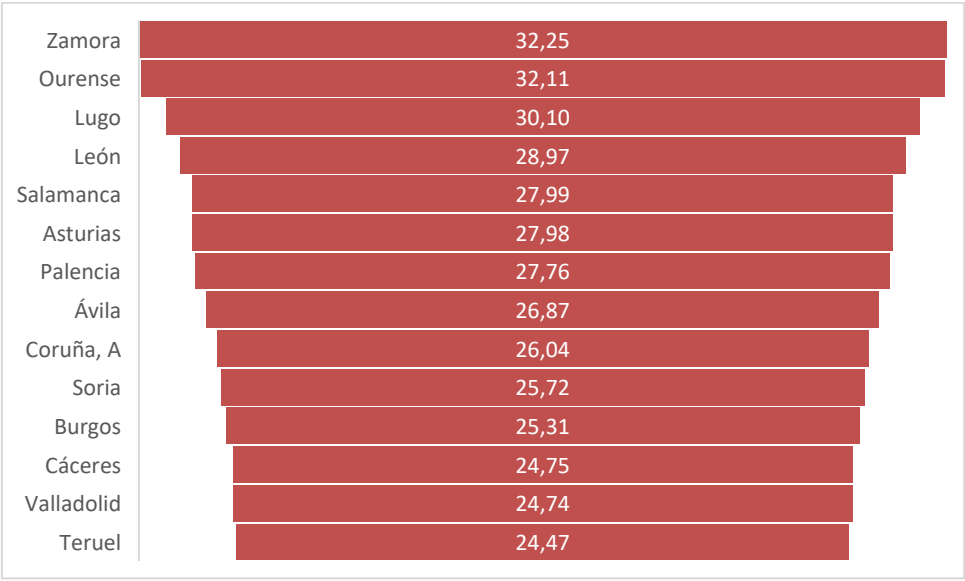


Ilustración 75 - Gráfico de % de personas mayores de 65 años por provincia en España (2024)

6.3.1 Estimaciones de venta

Partiendo de los datos anteriores se estima que en España existen entre 2 y 4 millones de personas susceptibles de ser usuarios de la solución adoptada. Al ser un producto que todavía no está muy extendido se estima una entrada en el mercado bastante baja, pero que irá creciendo con el paso de los años. Se plantean entonces dos escenarios, uno conservador y otro más optimista con respecto a las cuotas de mercado.

6.3.1.1 Escenario base

En este escenario se parte de una cuota de mercado del 0,007%, proyectando la venta de 200 unidades en el primer año de vida de la empresa. Se presenta como un escenario moderado-realista sobre el que basar la operativa en un hipotético funcionamiento normal del mercado. Empresas competidoras como “Rehatrans” se dedican a la adaptación de vehículos en general, por lo que se espera que la especialización en los asientos de copiloto y la visibilidad que se espera de una solución tan transversal sean suficientes para obtener un número mínimo de ventas.

Año	Ventas (unidades)	Crecimiento (%)
2026	200	—
2027	300	50,00%
2028	420	40,00%
2029	525	25,00%
2030	630	20,00%
2031	725	15,00%
2032	833	15,00%
2033	916	10,00%
2034	1008	10,00%
2035	1109	10,00%

Tabla 13 - Escenario base

Este modelo proyecta que los primeros años de vida del proyecto serán cruciales para la viabilidad de este. Apoyado en el marketing local, las múltiples ayudas institucionales ofrecidas para el emprendimiento y el boca a boca, se espera un rápido crecimiento del proyecto en los primeros años, que vendrá seguido de una fase de expansión a medida que se vayan optimizando los procesos dentro de la empresa. En los inicios de esta fase de expansión serán esenciales la firma de contratos con entidades públicas y/o privadas como centros de día, centros de salud o talleres mecánicos que expandirán aún más el producto. A partir de ahí, el crecimiento caerá a niveles más estables en torno al 10% anual, siguiendo la tendencia demográfica y la propia expansión del mercado.

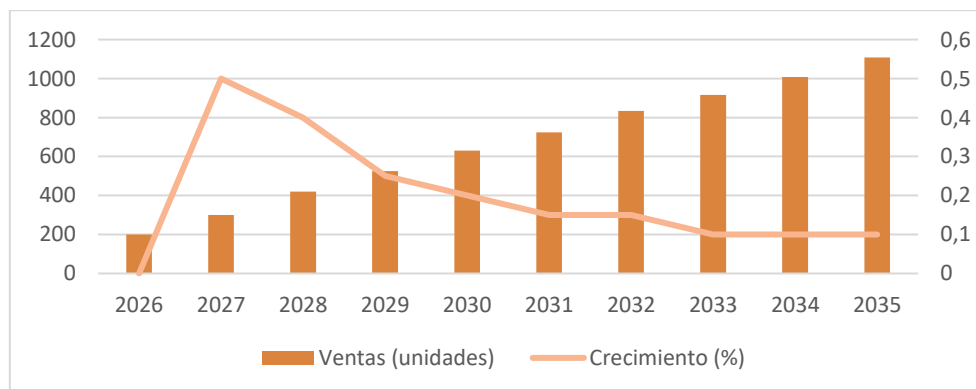


Ilustración 76 - Proyección de la demanda anual de asientos fundamentada en el Escenario base

6.3.1.2 Escenario de alto rendimiento

Partiendo de una cuota del 0,017%, este escenario se presenta como una posibilidad mucho más optimista que la anterior. Se basa en la hipótesis de que el producto obtenga un buen recibimiento en el mercado y que el elemento diferencial de orientarlo también a las personas de la tercera edad sea un factor que desbalancee el mercado a favor del producto creado.

Año	Ventas (unidades)	Crecimiento (%)
2026	500	—
2027	1000	100,00%
2028	1600	60,00%
2029	2400	50,00%
2030	3600	50,00%
2031	4800	33,30%
2032	6000	25,00%
2033	7200	20,00%
2034	8640	20,00%
2035	10368	20,00%

Tabla 14 - Escenario de alto rendimiento

Esta proyección contempla la irrupción del ensamblaje como un proyecto importante en las ferias de innovación realizadas a lo largo del territorio nacional, con un marketing adaptado a las nuevas tecnologías, y que cuente con el apoyo de las múltiples subvenciones nacionales/autonómicas a las que este puede optar. Por supuesto, los convenios con centros de día, talleres especializados o asociaciones por la inclusión serán esenciales en la expansión del proyecto. También implicará una mejora continua en el desarrollo del ensamblaje, manteniendo el interés del mercado.

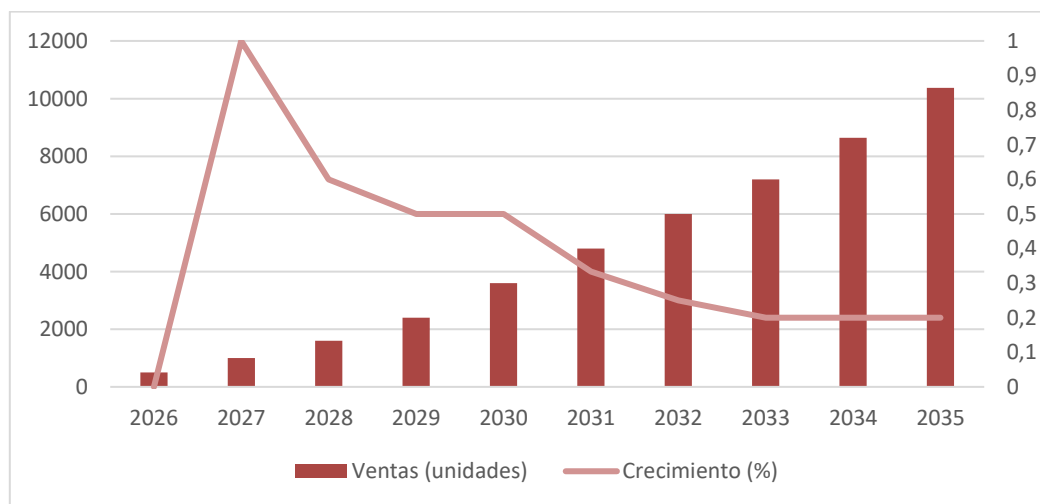


Ilustración 77 - Proyección de la demanda anual de asientos fundamentada en el Escenario de alto rendimiento

6.4 Costes del proyecto

Definir los costes a los que se verá forzado el proyecto supone una parte vital para la comercialización de cualquier producto. Se diferenciará entre los costes iniciales, los costes fijos y los costes variables.

6.4.1 Costes iniciales

Al igual que ocurre en muchos de los sectores que abarca la ingeniería, este mercado tiene grandes barreras de entrada por el elevado coste de la maquinaria y de las licencias, por lo que la inversión inicial deberá ser significativa.

<i>Concepto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precio</i>	<i>Inversión total</i>
Fresadoras CNC	3	60.000,00 €	180.000,00 €
Impresoras 3D	3	6.000,00 €	18.000,00 €
Herramientas básicas		3.000,00 €	3.000,00 €
Equipo de soldadura TIG/MIG	2	4.000,00 €	8.000,00 €
Kit recubrimiento en polvo	2	2.300,00 €	4.600,00 €
Horno de curado	2	3.999,00 €	7.998,00 €
Cabina de pintura	1	7.750,00 €	7.750,00 €
Registro y licencias		3.000,00 €	3.000,00 €
Gastos generales		4.000,00 €	4.000,00 €
Inversión total			236.348,00 €

Tabla 15 - Costes iniciales

6.4.2 Costes estructurales

Se trata de los costes recurrentes necesarios para que la actividad siga su marcha. No dependen del número de unidades producidas, si no que se mantienen fijos. Entre otros, se encuentran el alquiler de la nave o la amortización de las máquinas.

<i>Concepto</i>	<i>Nº</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Cantidad total</i>
Salarios	4	€ 30.000,00	€ 120.000,00
Alquiler de la nave		€ 30.000,00	€ 20.000,00
Electricidad		€ 6.000,00	€ 6.000,00
Mantenimientos		€ 3.500,00	€ 3.500,00
Seguros		€ 1.500,00	€ 1.500,00
Servicios, softwares y extras		€ 5.000,00	€ 5.000,00
Cantidad total			€ 156.000,00

Tabla 16 - Costes estructurales

6.4.3 Costes variables

En esta cuenta se mostrarán los costes que aumentan proporcionalmente a las unidades producidas. Para realizar este análisis hay que analizar el coste en materiales, en consumibles y gasto en electricidad entre otros.

<i>Concepto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Precio/Ud.</i>	<i>Precio/Ensamblaje</i>
Pintura en polvo	1	15,00 €	15,00 €
Barniz en polvo	1	20,00 €	20,00 €
Rodamientos	24	1,76 €	42,24 €
Rodamiento central	1	15,00 €	15,00 €
Muelles Aluminio	2	0,28 €	0,56 €
Muelles Acero	1	1,85 €	1,85 €
Tornillos M10 (Clase 10.9)	8	0,45 €	3,60 €
Tornillos M8 (Clase 10.9)	10	0,51 €	5,10 €
Total Ensamblaje			103,35 €

Tabla 17 - Coste en consumibles por ensamblaje

<i>Material</i>	<i>kg</i>	<i>Precio/kg</i>	<i>Precio/Ensamblaje</i>
Acero 6150	0,247	3,20 €	0,79 €
Acero AISI 1045	3,31	2,80 €	9,27 €
Aluminio 6061-T6	9,876	5,50 €	54,32 €
ABS	0,081	25,00 €	2,03 €
Total ensamblaje	13,514		66,40 €

Tabla 18 - Coste de materiales por ensamblaje

<i>Comercialización</i>	<i>Precio</i>	<i>Precio/Ensamblaje</i>
Embalaje	20,00 €	20,00 €
Relleno	5,00 €	5,00 €
Total ensamblaje		25,00 €

Tabla 19 - Costes de comercialización por ensamblaje

A todos estos gastos se incluirá una estimación de los gastos derivados del desgaste de herramientas usadas en la creación del ensamblaje. A pesar de que puedan parecer conceptos parecidos, esto no son gastos de amortización, sino que en la fabricación de cada pieza hay un desgaste de varios componentes que tienen que ser reemplazados. De esta forma, la tabla final sobre el coste variable sería la siguiente:

<i>Concepto</i>	<i>Descripción</i>	<i>Precio/Ensamblaje</i>
Materiales	Acero 6150, AISI 1045, Al 6061-T6, ABS	66,40 €
Consumibles	Tornillería, rodamientos, muelles	103,35 €
Comercialización	Embalaje, relleno...	25,00 €
Envío	Paquetería	4,99 €
Otros	Brocas, ejes de CNC, discos	3,50 €
Total ensamblaje		203,24 €

Tabla 20 - Coste variable total

Tras analizar los costes esperados por ensamblaje y teniendo el contexto sobre el precio que está poniendo la competencia a soluciones similares se llega a la conclusión de que el precio final del producto serán 1000 € pero es una cifra que eventualmente podría aumentar hasta los 2000 € al tener la competencia unos precios ciertamente desorbitados. Esto se debe a la fuerte inversión que se hace en maquinaria y materiales.

6.4.4 Amortizaciones

Al utilizar maquinaria se deben tener en cuenta la pérdida de su valor con el paso de los años. El concepto de la amortización surge para poder distribuir el coste de compra de un activo entre su vida útil.

<i>Concepto</i>	<i>Nº</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Cantidad total</i>	<i>Vida útil</i>	<i>Amortización anual</i>
Fresadora CNC	3	€ 60.000,00	€ 180.000,00	10	€ 18.000,00
Impresora 3D	3	€ 6.000,00	€ 18.000,00	5	€ 3.600,00
Soldadura TIG/MIG	2	€ 4.000,00	€ 8.000,00	7	€ 1.142,86
Compresor	2	€ 1.300,00	€ 2.600,00	7	€ 371,43
Pistola de polvo	2	€ 1.000,00	€ 2.000,00	5	€ 400,00
Horno de curado	2	€ 3.999,00	€ 7.998,00	7	€ 1.142,57
Cabina de pintura	1	€ 7.750,00	€ 7.750,00	10	€ 775,00
Cantidad total			€ 226.348,00		€ 25.431,86

Tabla 21 - Gastos de amortizaciones

6.4.5 Flujos de caja e indicadores VAN y TIR

Se reúnen todas las tablas anteriores en una sola tabla conocida como “flujo de caja”, de la que se obtendrán el TIR y el VAN. Estos dos indicadores son esenciales para comprobar la viabilidad de un proyecto. Por un lado, el Valor Actual Neto (VAN) refleja cuánto valen actualmente los beneficios futuros del proyecto, mientras que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que iguala el VAN a cero.

En este caso se analizará por separado los distintos escenarios de venta y se analizarán los resultados obtenidos. Para ambos escenarios se han ajustado los costes a valores nominales, asumiendo un IPC del 3% anual y una tasa real del 5% para obtener un valor de tasa de descuento del 8% al cálculo del VAN

6.4.5.1 Resultados en escenario estándar

Año	2026	2027	2028	2029	2030
Ud.	200	300	420	525	639
Total Ingresos	200.000,00 €	300.000,00 €	420.000,00 €	525.000,00 €	639.000,00 €
Total Costes	- 40.648,00 €	- 62.801,16 €	- 90.559,27 €	- 116.595,06 €	- 146.170,23 €
Margen	159.352,00 €	237.198,84 €	329.440,73 €	408.404,94 €	492.829,77 €
Gastos Estructurales	- 156.000,00 €	- 160.680,00 €	- 165.500,40 €	- 170.465,41 €	- 175.579,37 €
EBITDA	3.352,00 €	76.518,84 €	163.940,33 €	237.939,52 €	317.250,39 €
Amortizaciones	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €
EBIT	- 22.079,86 €	51.086,98 €	138.508,47 €	212.507,67 €	291.818,53 €
Gastos financieros	- €	- €	- €	- €	- €
BAI	- 22.079,86 €	51.086,98 €	138.508,47 €	212.507,67 €	291.818,53 €
Impuestos (30%)	6.623,96 €	- 15.326,09 €	- 41.552,54 €	- 63.752,30 €	- 87.545,56 €
BDI	- 15.455,90 €	35.760,89 €	96.955,93 €	148.755,37 €	204.272,97 €
Amortizaciones	25.431,86 €	25.431,86 €	25.431,86 €	25.431,86 €	25.431,86 €
CFL	9.975,96 €	61.192,75 €	122.387,79 €	174.187,22 €	229.704,83 €
Inversión	- 236.348,00 €				
CF	- 226.372,04 €	61.192,75 €	122.387,79 €	174.187,22 €	229.704,83 €
CFA	- 226.372,04 €	- 165.179,30 €	- 42.791,51 €	131.395,71 €	361.100,54 €
Año	2031	2032	2033	2034	2035
Ud.	725	833	916	1008	1109
Total Ingresos	725.000,00 €	833.000,00 €	916.000,00 €	1.008.000,00 €	1.109.000,00 €
Total Costes	- 170.817,88 €	- 202.151,76 €	- 228.962,96 €	- 259.518,02 €	- 294.086,95 €
Margen	554.182,12 €	630.848,24 €	687.037,04 €	748.481,98 €	814.913,05 €
Gastos Estructurales	- 180.846,76 €	- 186.272,16 €	- 191.860,32 €	- 197.616,13 €	- 203.544,62 €
EBITDA	373.335,37 €	444.576,08 €	495.176,72 €	550.865,85 €	611.368,43 €
Amortizaciones	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €
EBIT	347.903,51 €	419.144,22 €	469.744,86 €	525.433,99 €	585.936,58 €
Gastos financieros	- €	- €	- €	- €	- €
BAI	347.903,51 €	419.144,22 €	469.744,86 €	525.433,99 €	585.936,58 €
Impuestos (30%)	- 104.371,05 €	- 125.743,27 €	- 140.923,46 €	- 157.630,20 €	- 175.780,97 €
BDI	243.532,46 €	293.400,95 €	328.821,40 €	367.803,79 €	410.155,60 €
Amortizaciones	25.431,86 €	25.431,86 €	25.431,86 €	25.431,86 €	25.431,86 €
CFL	268.964,32 €	318.832,81 €	354.253,26 €	393.235,65 €	435.587,46 €
Inversión	- 20.000,00 €		- 18.598,00 €		
CF	248.964,32 €	318.832,81 €	335.655,26 €	393.235,65 €	435.587,46 €
CFA	610.064,86 €	928.897,67 €	1.264.552,93 €	1.657.788,58 €	2.093.376,04 €

Tabla 22 - Flujo de caja en escenario estándar

En el escenario estándar o realista se aprecia un proyecto bastante sólido con unos indicadores financieros bastante positivos. Cabe destacar que no se valorará la financiación a través de créditos bancarios ya que se tratará de una empresa familiar fundada con los ahorros de los integrantes.

En cuanto al Valor Actual Neto (VAN) se obtiene un dato de 1.383.475,33 € que demuestra que el proyecto genera beneficios y, por tanto, es rentable. A pesar de que la suma total del flujo de caja sea superior a este dato, el resultado no es el mismo debido a que se tiene en cuenta un indicador conocido como tasa de descuento. Este valor se usa para extrapolar los flujos de caja futuros al presente. En el caso de proyectos de ingeniería en economías desarrolladas, este valor debe ser algo conservador ya que la incertidumbre por el devenir del proyecto no es exageradamente alta. Es por esto por lo que en este caso se ha tomado un valor de tasa real del 5%, que sumado al IPC del 3% da un total de un 8% de tasa de descuento.

Por su parte, la Tasa Interna de Retorno o TIR medirá la rentabilidad de la inversión inicial realizada expresada en porcentaje. El resultado obtenido es de 29% que, si bien se presenta como un valor exageradamente alto para lo que se suele considerar como proyectos susceptibles de inversión bancaria (entre el 8 y el 17%), tiene sentido ya que la inversión inicial es poca comparándola con un precio tan alto de producto (1000 € por ensamblaje). Por último, el tiempo de recuperación de la inversión inicial será de 5 años (pay-back time), lo que quiere decir que en el año 2030 se habrá recuperado por completo la inversión realizada.

6.4.5.2 Resultados en escenario de alto rendimiento

Año	2026	2027	2028	2029	2030
Ud.	200	1000	1600	2400	3600
Total Ingresos	200.000,00 €	1.000.000,00 €	1.600.000,00 €	2.400.000,00 €	3.600.000,00 €
Total Costes	- 40.648,00 €	- 209.337,20 €	- 344.987,71 €	- 533.006,01 €	- 823.494,28 €
Margen	159.352,00 €	790.662,80 €	1.255.012,29 €	1.866.993,99 €	2.776.505,72 €
Gastos Estructurales	- 156.000,00 €	- 160.680,00 €	- 264.164,10 €	- 272.089,02 €	- 384.924,01 €
EBITDA	3.352,00 €	629.982,80 €	990.848,19 €	1.594.904,97 €	2.391.581,71 €
Amortizaciones	- 25.431,86 €	- 25.431,86 €	- 50.863,71 €	- 50.863,71 €	- 76.295,57 €
EBIT	- 22.079,86 €	604.550,94 €	939.984,48 €	1.544.041,26 €	2.315.286,14 €
Gastos financieros	- €	- €	- €	- €	- €
BAI	- 22.079,86 €	604.550,94 €	939.984,48 €	1.544.041,26 €	2.315.286,14 €
Impuestos (30%)	6.623,96 €	- 181.365,28 €	- 281.995,34 €	- 463.212,38 €	- 694.585,84 €
BDI	- 15.455,90 €	423.185,66 €	657.989,14 €	1.080.828,88 €	1.620.700,30 €
Amortizaciones	25.431,86 €	25.431,86 €	50.863,71 €	50.863,71 €	76.295,57 €
CFL	9.975,96 €	448.617,52 €	708.852,85 €	1.131.692,59 €	1.696.995,87 €
Inversión	- 236.348,00 €		- 236.348,00 €		- 236.348,00 €
CF	- 226.372,04 €	448.617,52 €	472.504,85 €	1.131.692,59 €	1.460.647,87 €
CFA	- 226.372,04 €	222.245,47 €	694.750,32 €	1.826.442,92 €	3.287.090,79 €
Año	2031	2032	2033	2034	2035
Ud.	4800	6000	7200	8640	10368
Total Ingresos	4.800.000,00 €	6.000.000,00 €	7.200.000,00 €	8.640.000,00 €	10.368.000,00 €
Total Costes	- 1.130.932,14 €	- 1.456.075,13 €	- 1.799.708,86 €	- 2.224.440,16 €	- 2.749.408,03 €
Margen	3.669.067,86 €	4.543.924,87 €	5.400.291,14 €	6.415.559,84 €	7.618.591,97 €
Gastos Estructurales	- 396.471,73 €	- 519.412,75 €	- 534.995,13 €	- 668.854,60 €	- 688.920,24 €
EBITDA	3.272.596,12 €	4.024.512,12 €	4.865.296,00 €	5.746.705,24 €	6.929.671,73 €
Amortizaciones	- 76.295,57 €	- 101.727,43 €	- 101.727,43 €	- 127.159,29 €	- 127.159,29 €
EBIT	3.196.300,55 €	3.922.784,69 €	4.763.568,58 €	5.619.545,96 €	6.802.512,44 €
Gastos financieros	- €	- €	- €	- €	- €
BAI	3.196.300,55 €	3.922.784,69 €	4.763.568,58 €	5.619.545,96 €	6.802.512,44 €
Impuestos (30%)	- 958.890,17 €	- 1.176.835,41 €	- 1.429.070,57 €	- 1.685.863,79 €	- 2.040.753,73 €
BDI	2.237.410,39 €	2.745.949,28 €	3.334.498,00 €	3.933.682,17 €	4.761.758,71 €
Amortizaciones	76.295,57 €	101.727,43 €	101.727,43 €	127.159,29 €	127.159,29 €
CFL	2.313.705,96 €	2.847.676,71 €	3.436.225,43 €	4.060.841,45 €	4.888.917,99 €
Inversión	- 20.000,00 €	- 236.348,00 €	- 18.598,00 €	- 236.348,00 €	
CF	2.293.705,96 €	2.611.328,71 €	3.417.627,43 €	3.824.493,45 €	4.888.917,99 €
CFA	5.580.796,75 €	8.192.125,46 €	11.609.752,89 €	15.434.246,34 €	20.323.164,34 €

Tabla 23 - Flujo de caja en escenario de alto rendimiento

Al igual que en el anterior caso no se plantea un crédito bancario. En otras generalidades, se podría plantear bajar el precio del ensamblaje ya que al vender más unidades los márgenes son bastante más amplios. Este incremento en el volumen de ventas provoca obtener unos resultados económicos que son ciertamente desorbitados. Para paliar el aumento de las ventas también aumentan en relación las inversiones en maquinaria, sueldos, alquiler, etcétera, así como se ajustan las amortizaciones y demás valores para obtener una cuenta precisa.

En cuanto a indicadores económicos los datos son inmejorables, con un VAN de 12.451.738,81 € ajustado al igual que en el caso anterior a una tasa de descuento del 8%. En cuanto al TIR, el dato es de un 87%, recuperando la inversión inicial en el segundo año (pay-back time). Como se comentaba antes,

estos datos son ciertamente exagerados y en caso de ser reales se estaría hablando de una oportunidad financiera muy sólida.

ANEXOS

ANEXO 1. Planos de piezas en SolidWorks

ANEXO 2. Simulación ANSYS – Impacto Frontal | Ensayo 4.9.1

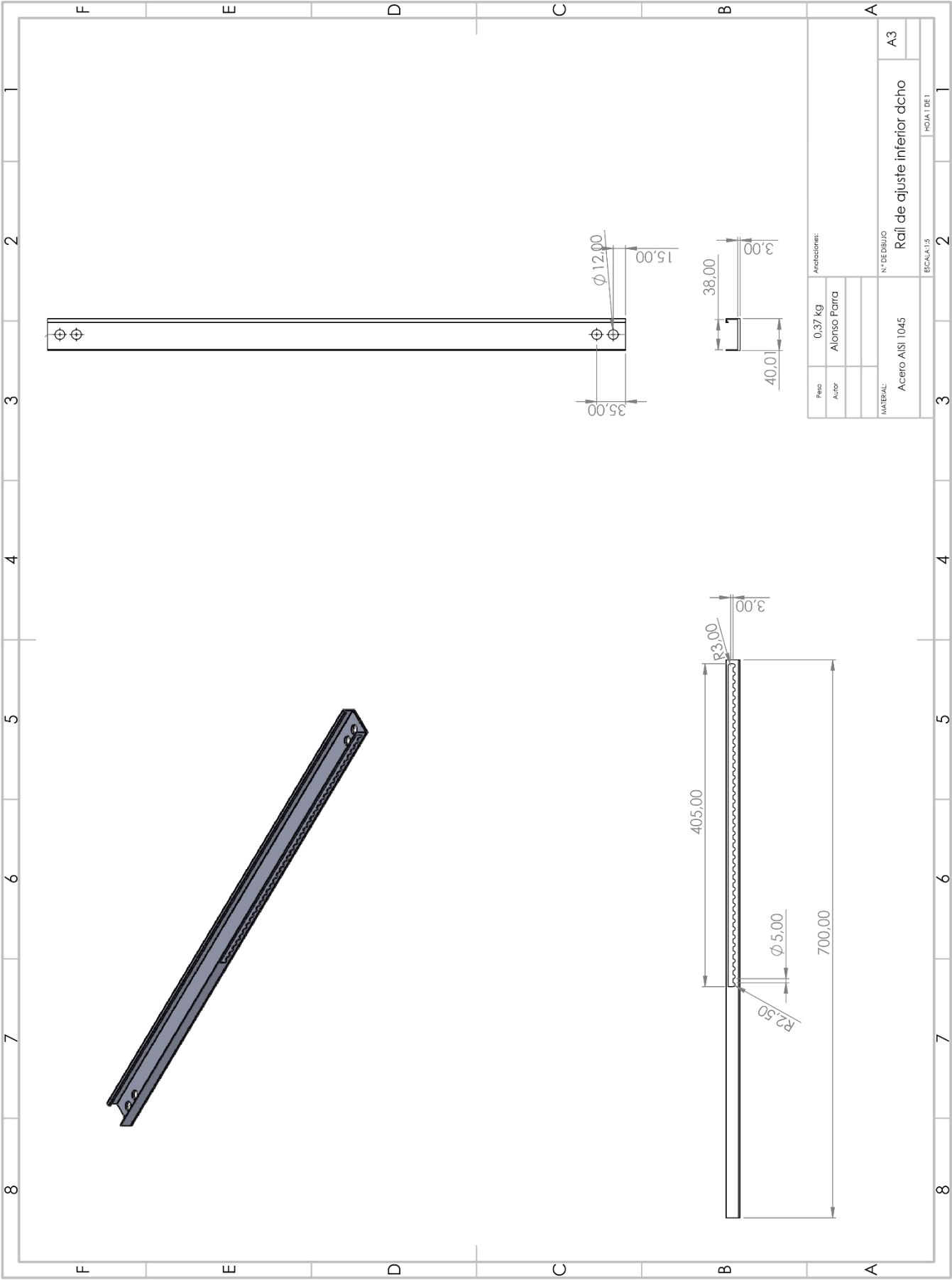
ANEXO 3. Simulación ANSYS – Carga axial en asiento | Ensayo 4.9.2.3

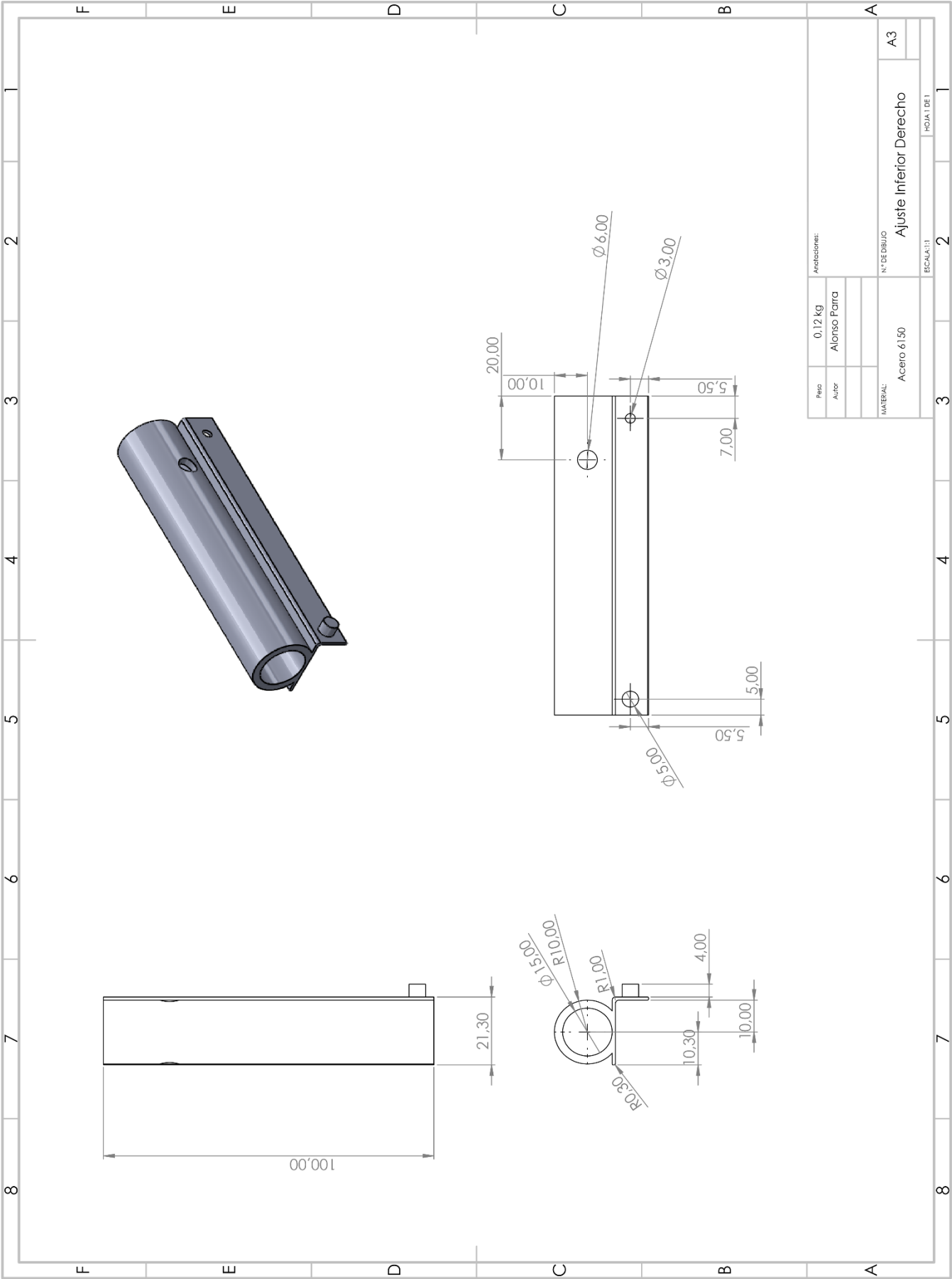
ANEXO 4. Simulación ANSYS – Carga axial en asiento extendido | Ensayo 4.9.2

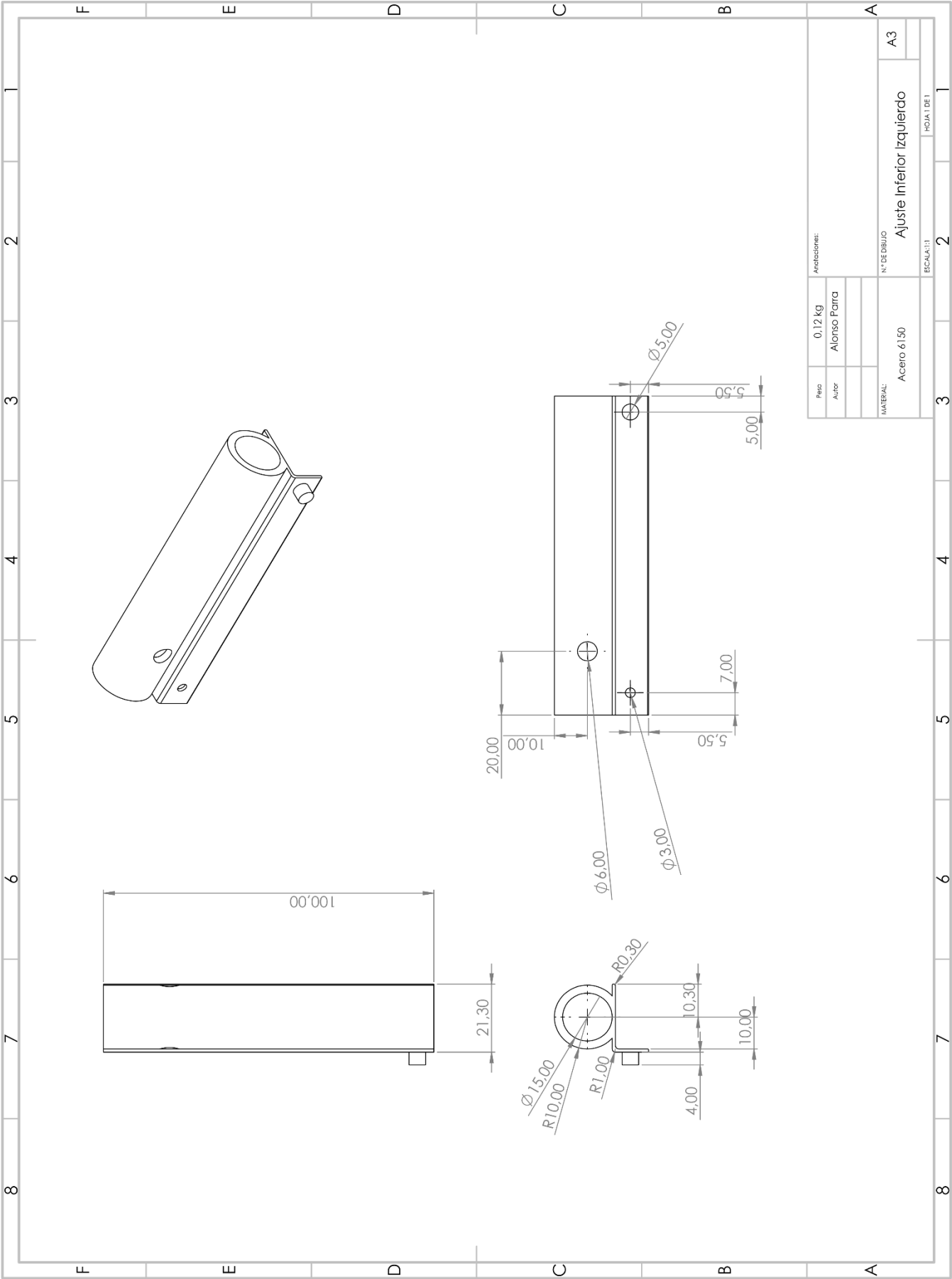
ANEXO 5. Simulación ANSYS – Carga axial en asiento girado | Ensayo 4.9.2.4

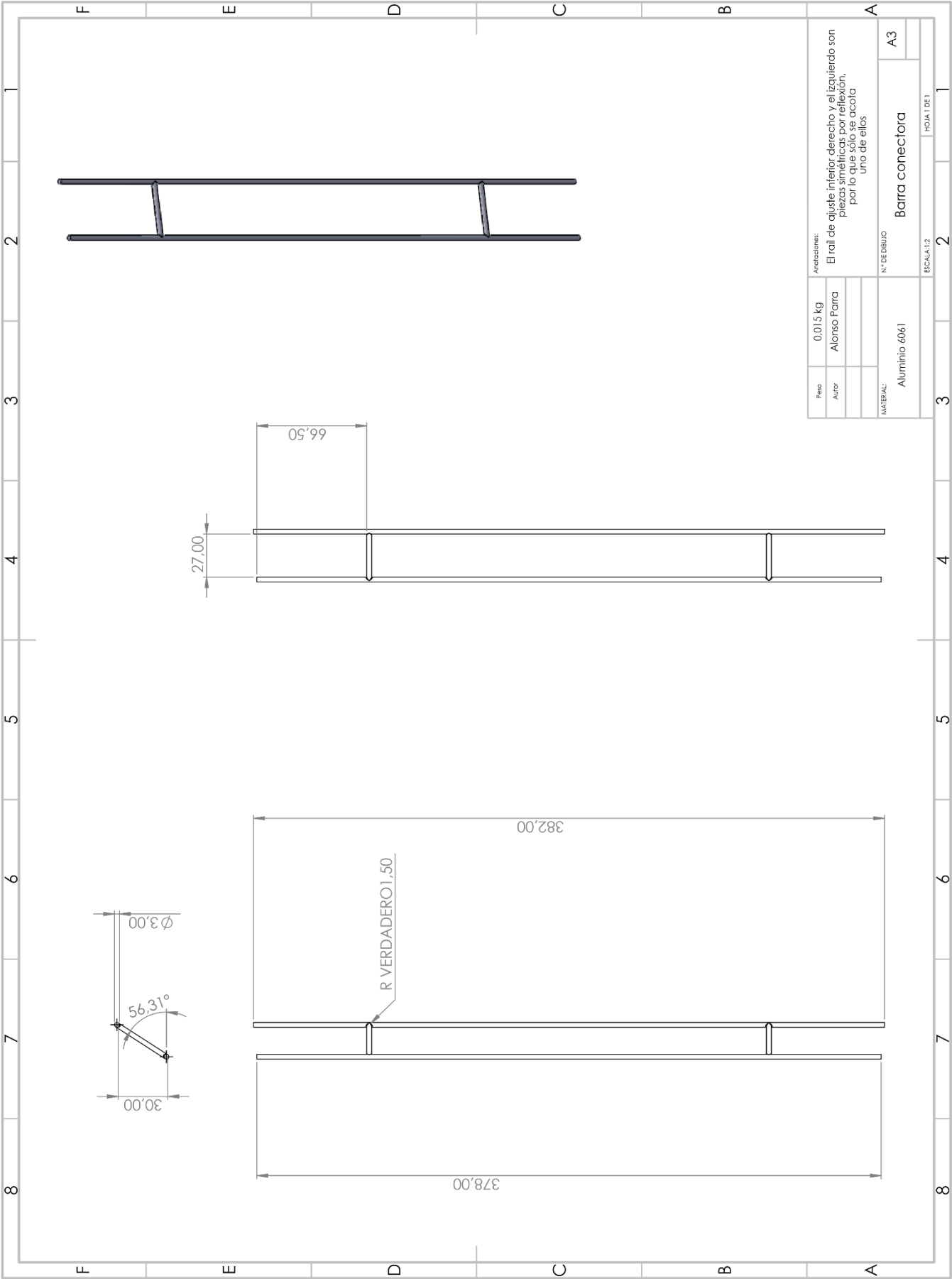
ANEXO 6. Datasheet Jaula plana de rodillos FF2010-0-2

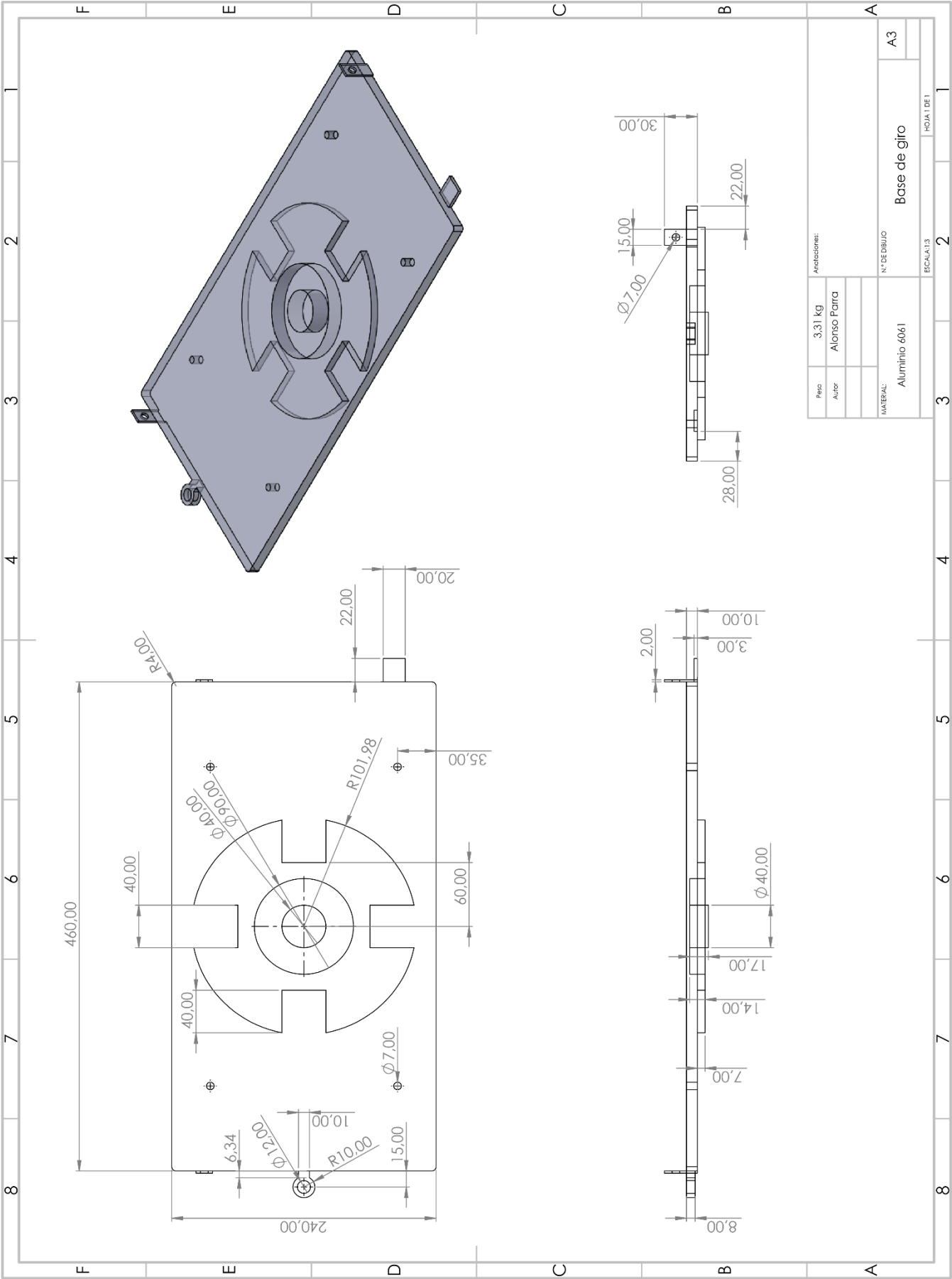
ANEXO 1. Planos de piezas en SolidWorks

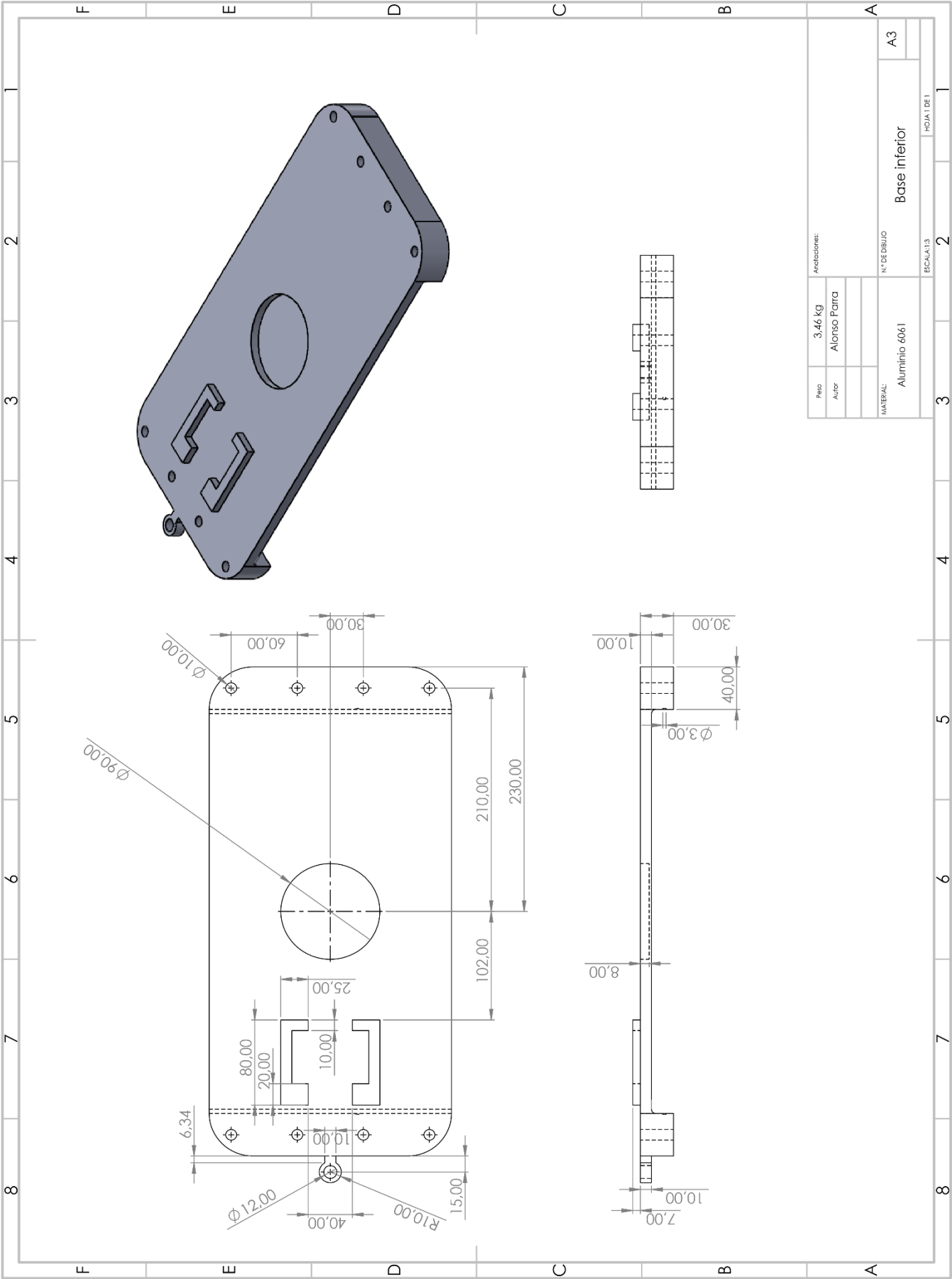


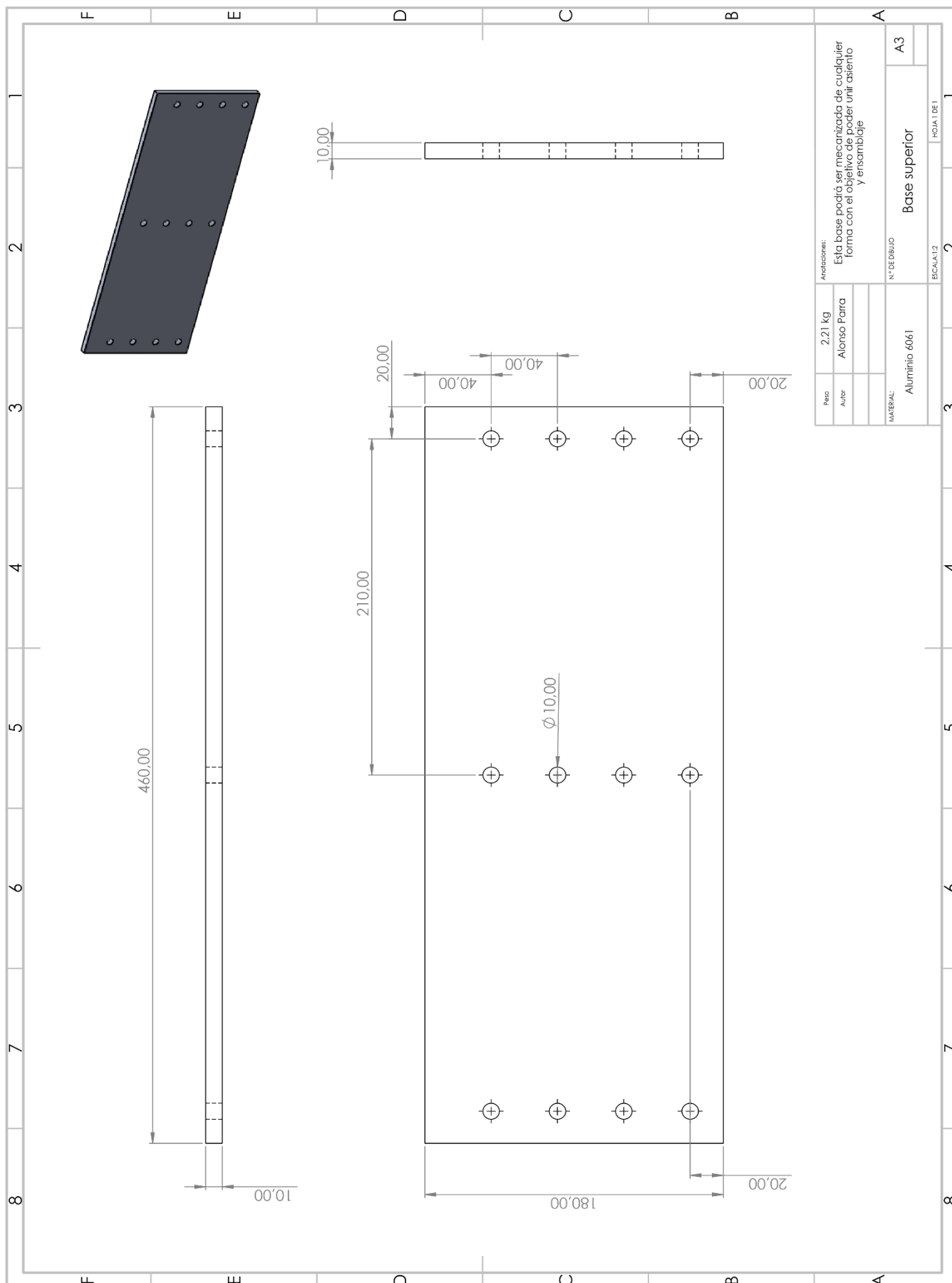


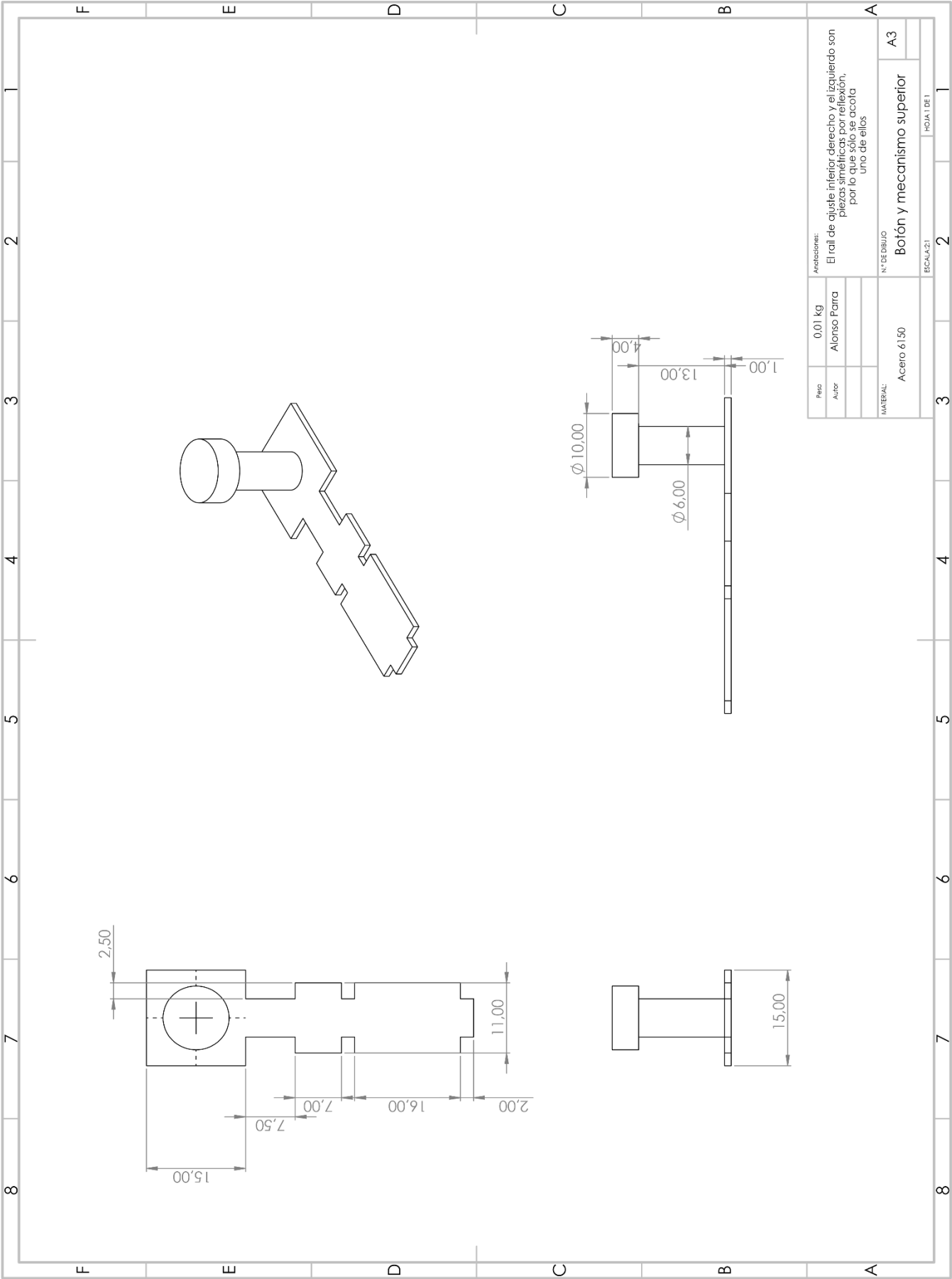


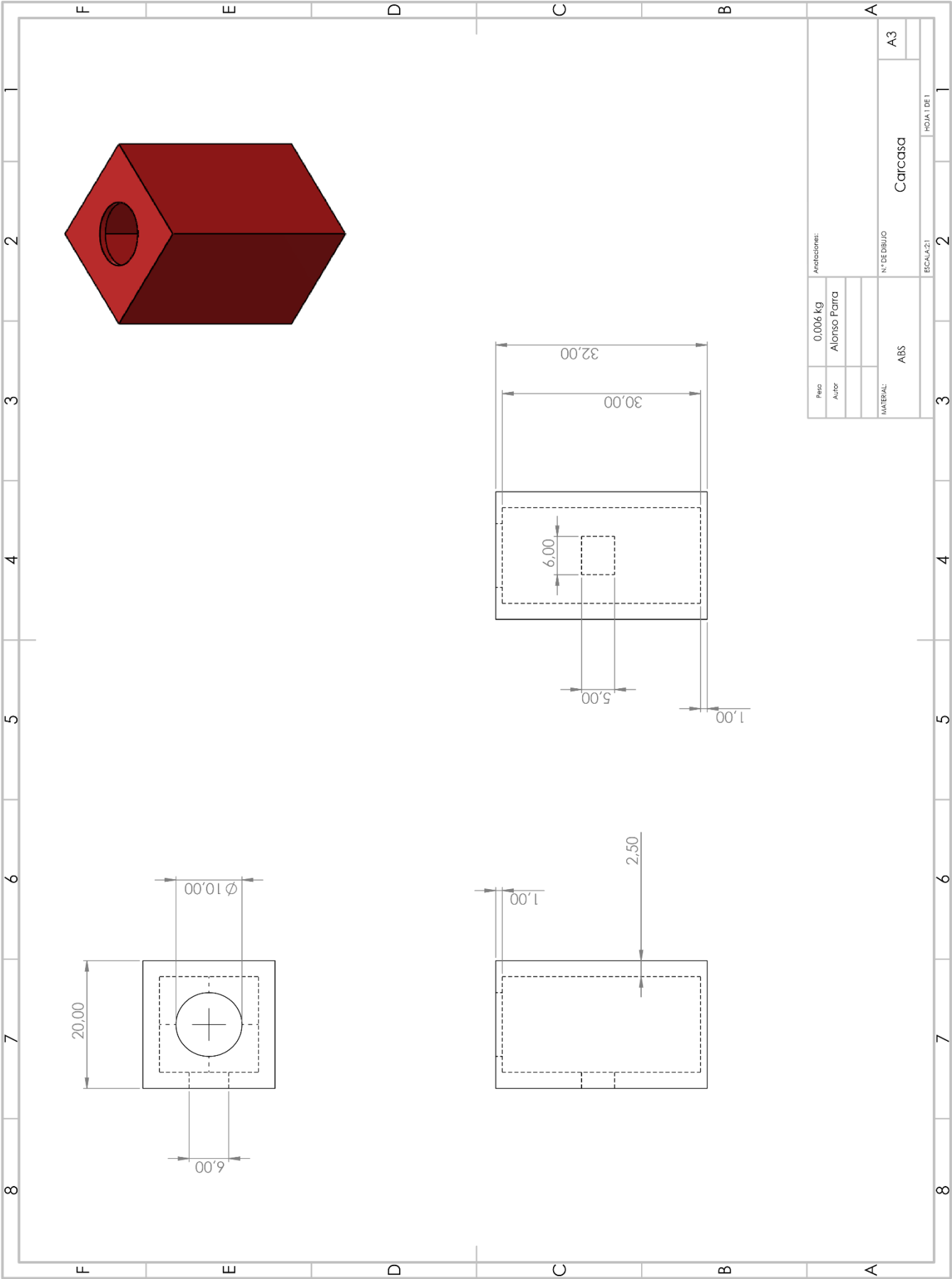




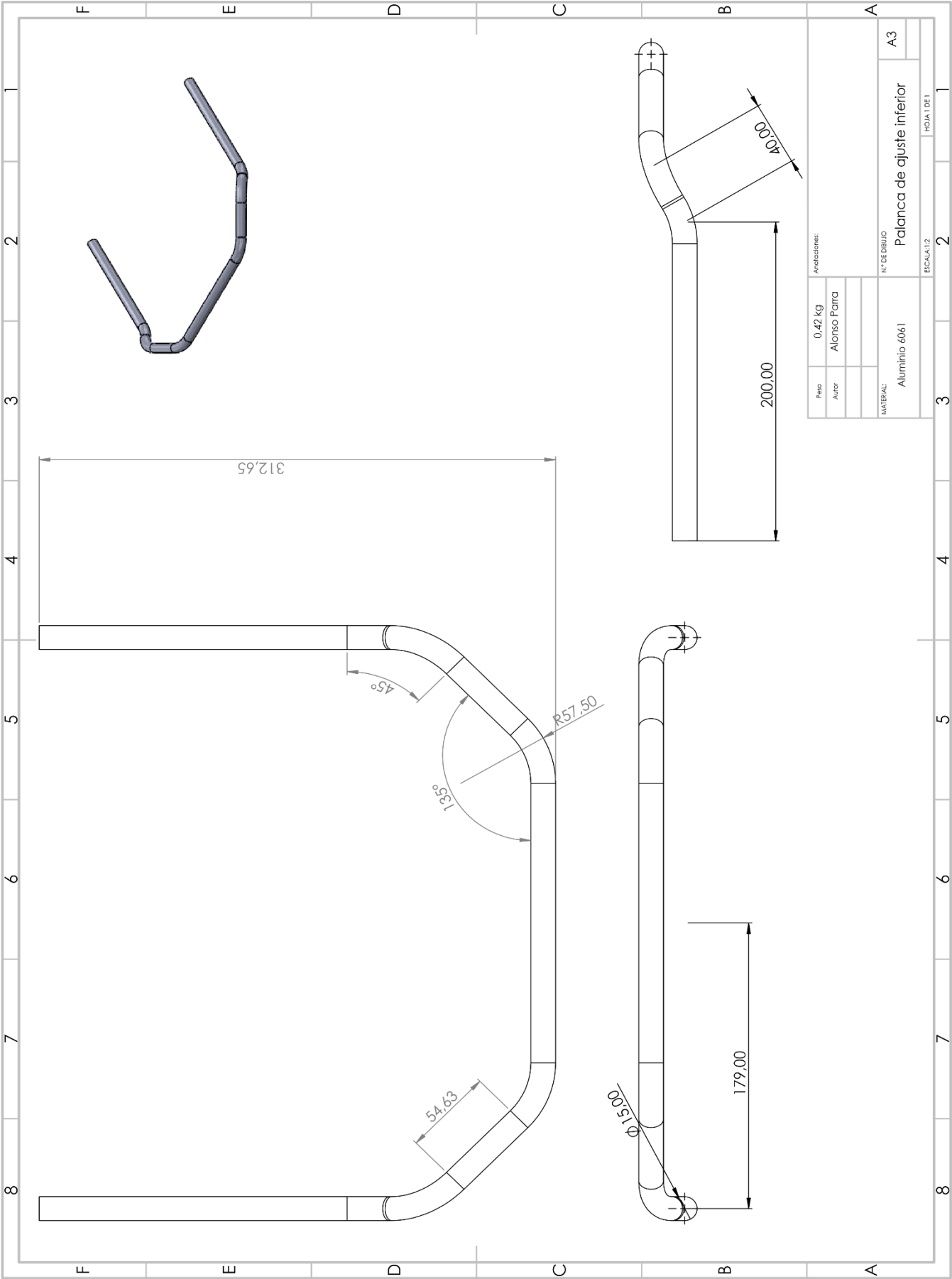


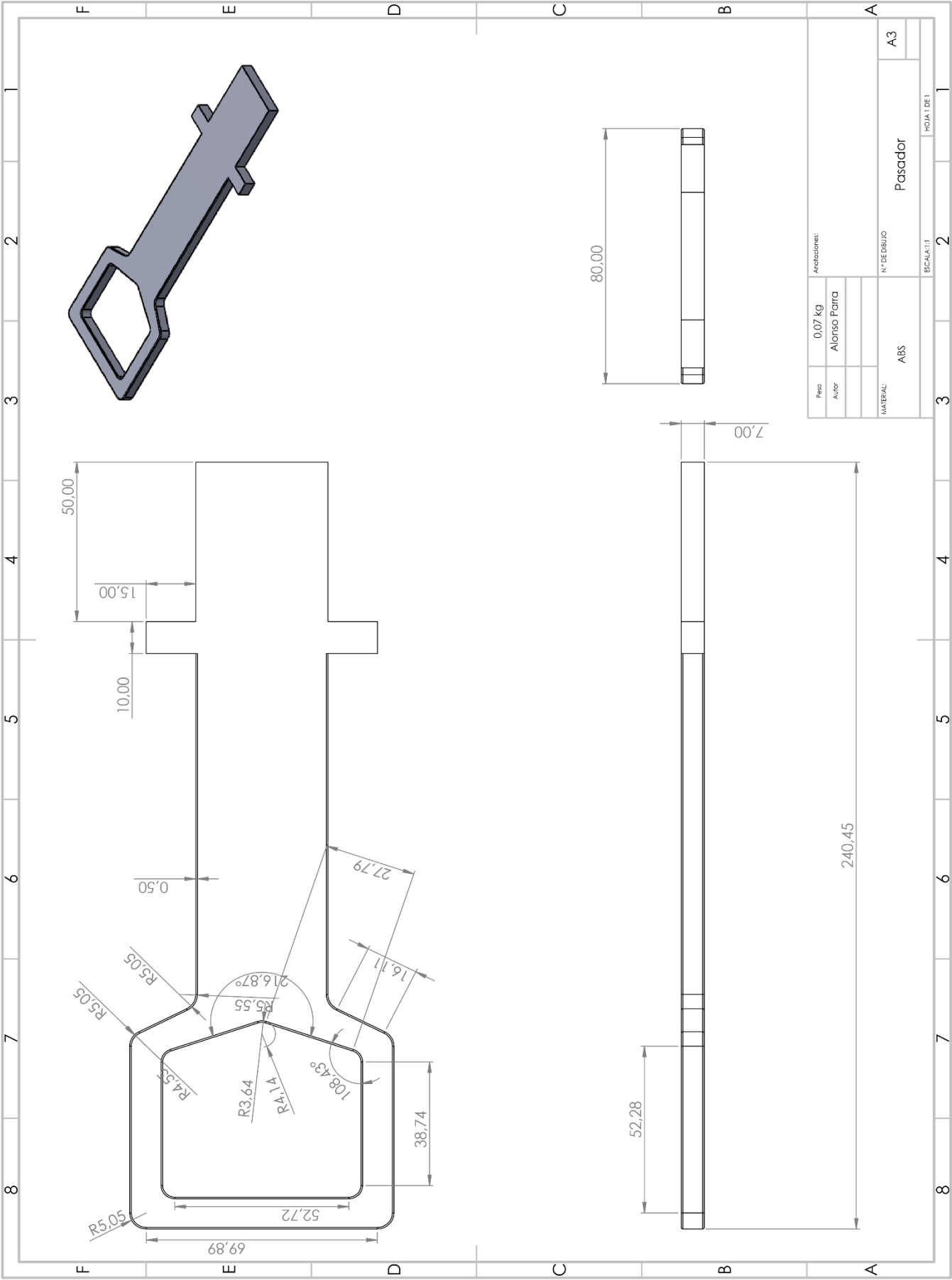


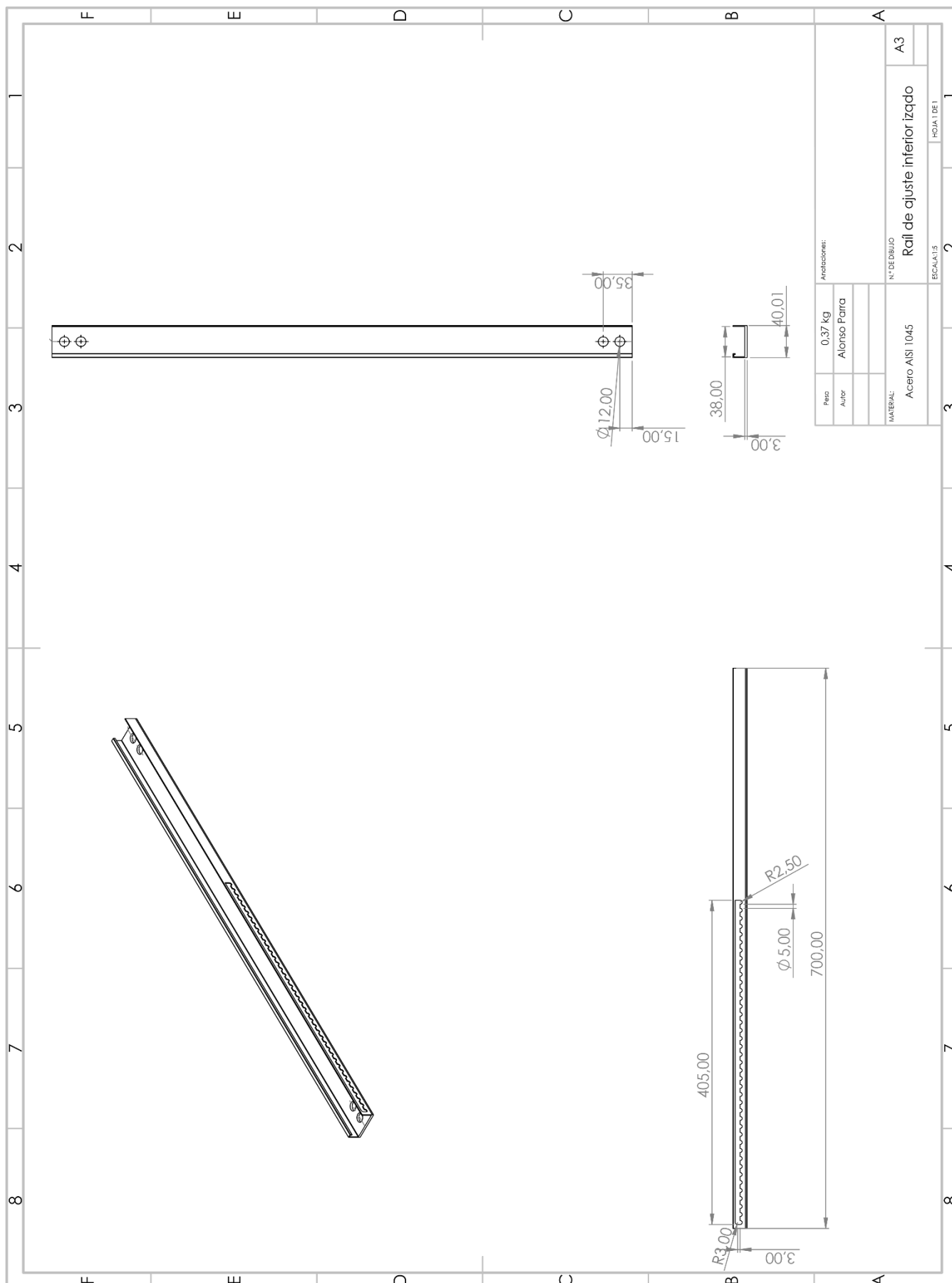


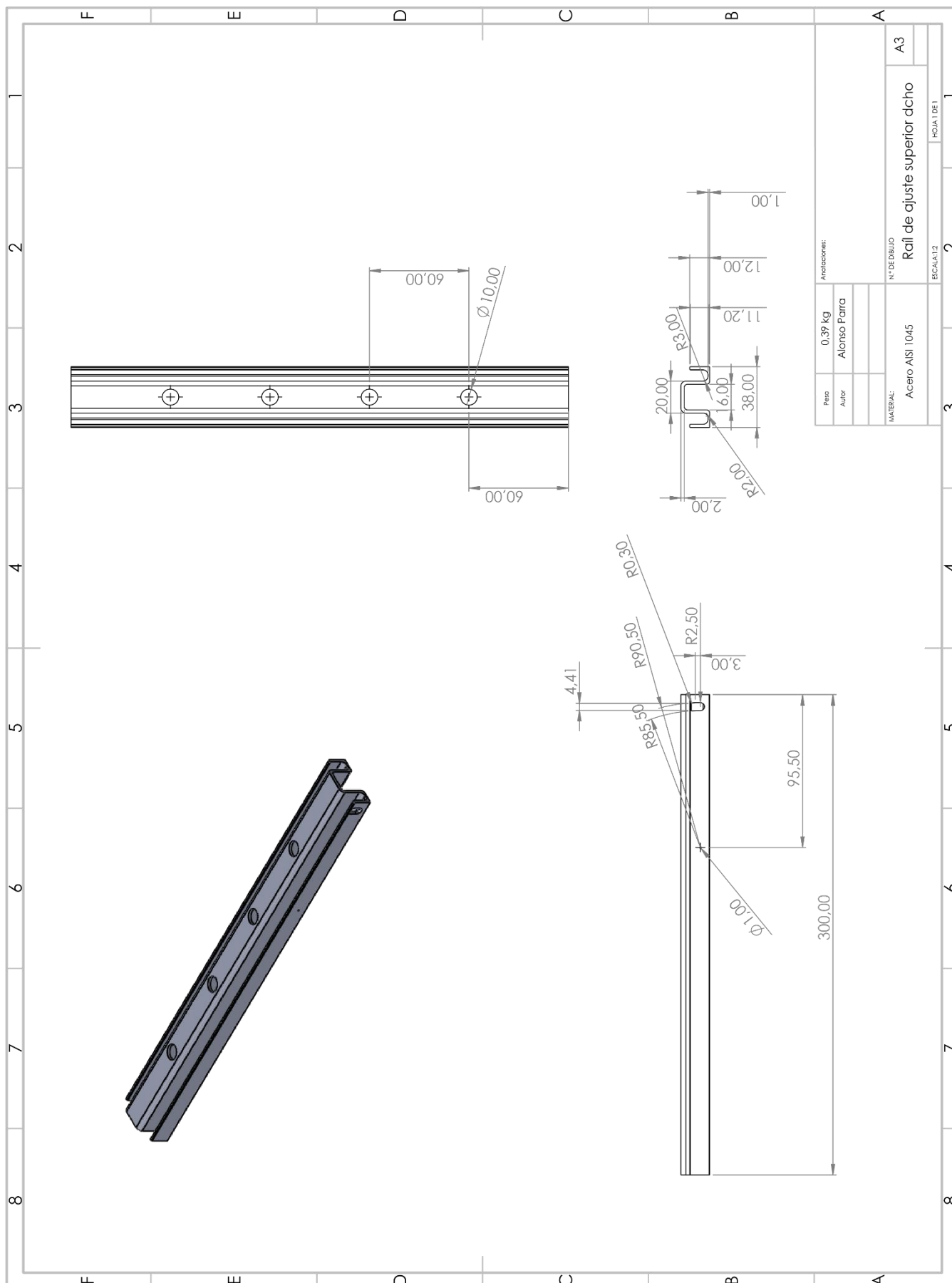


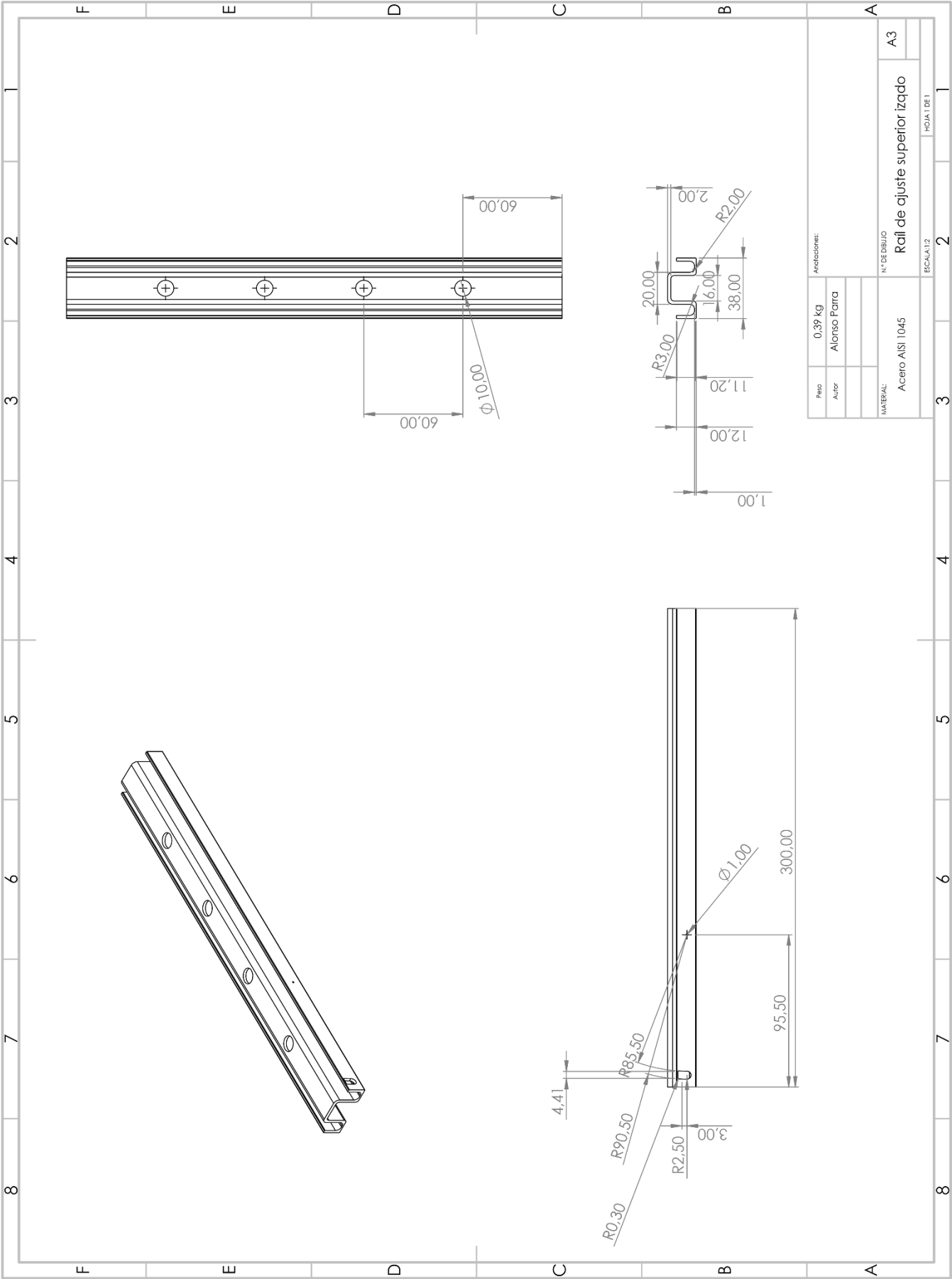


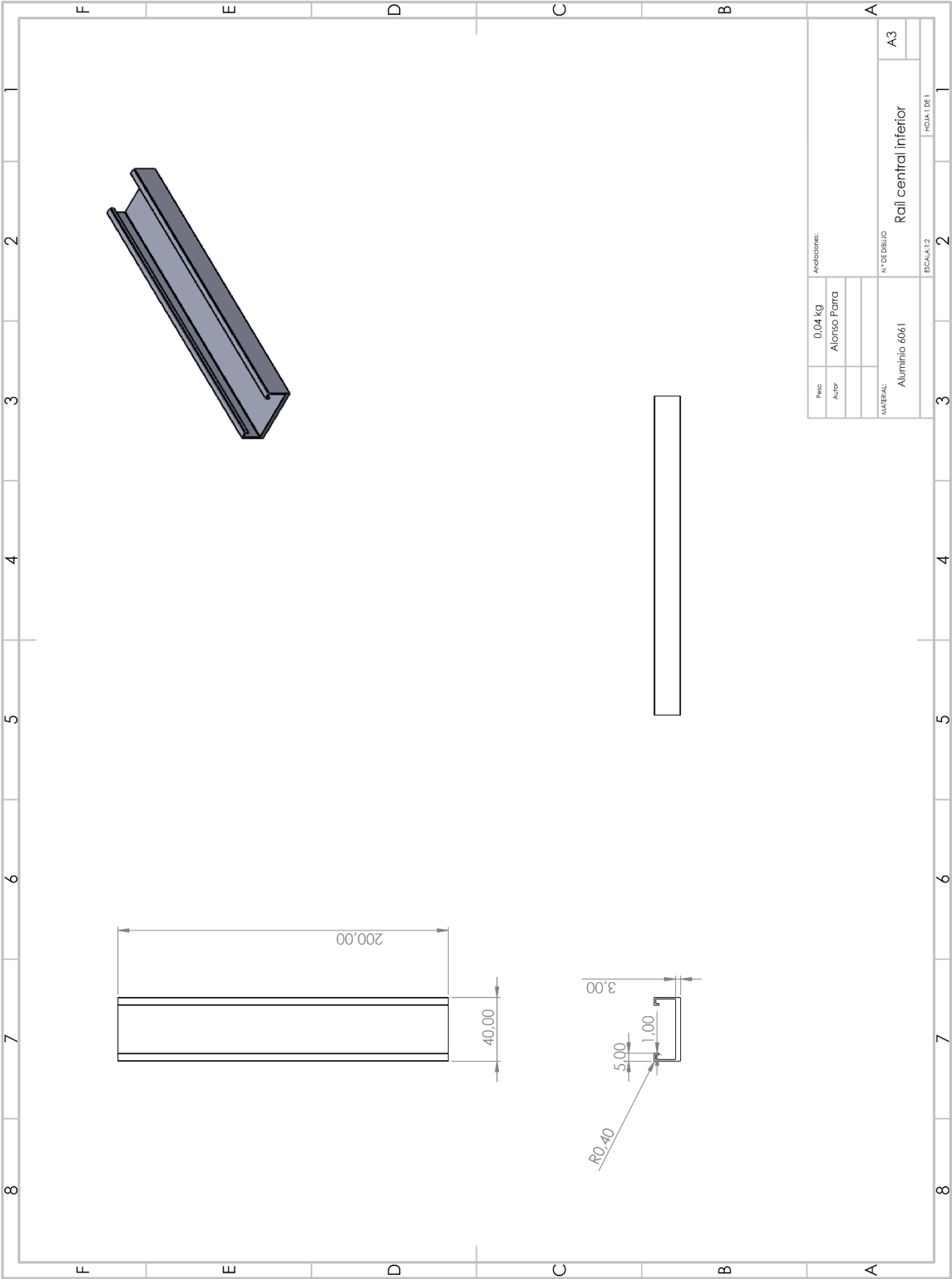


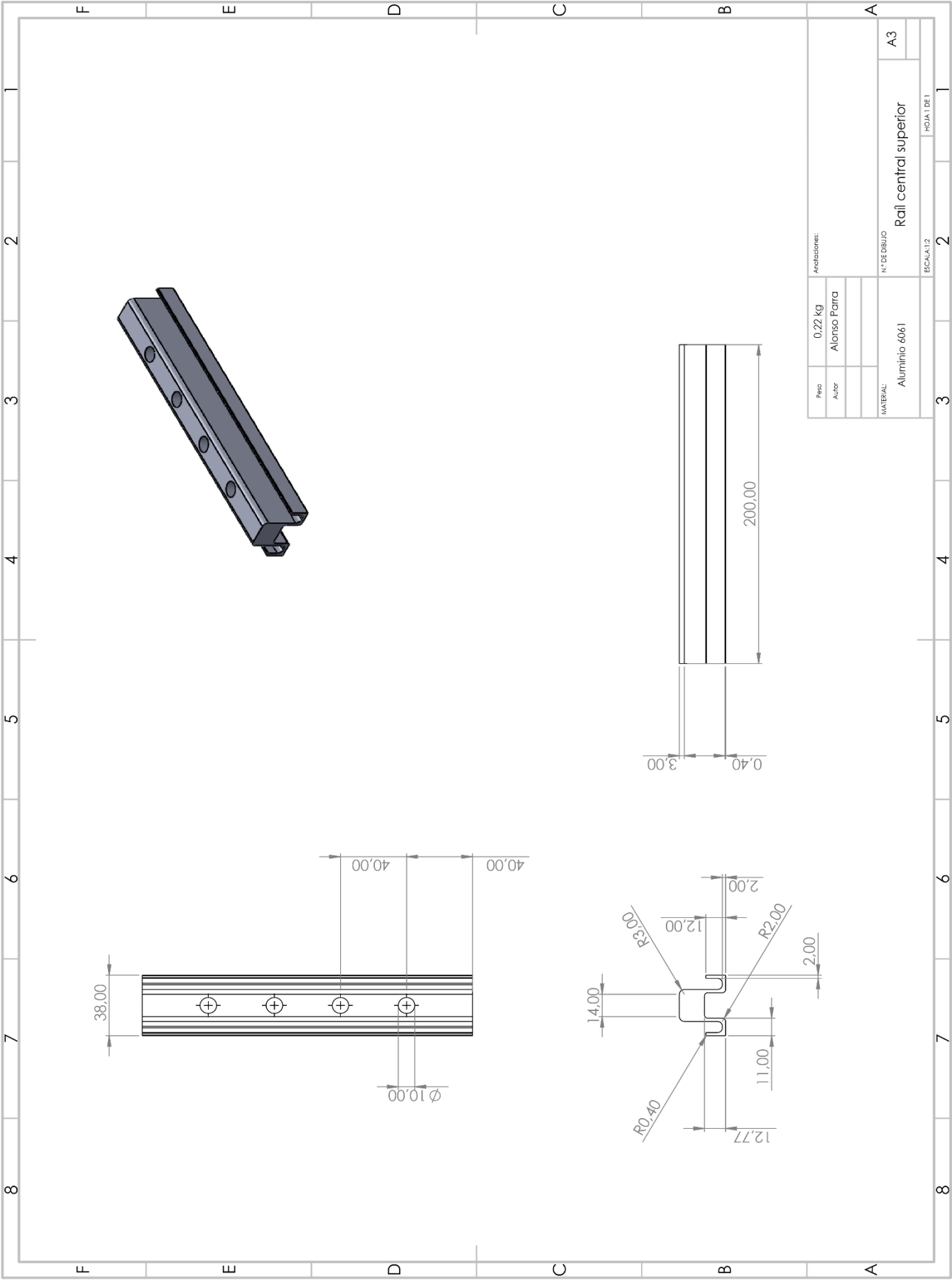


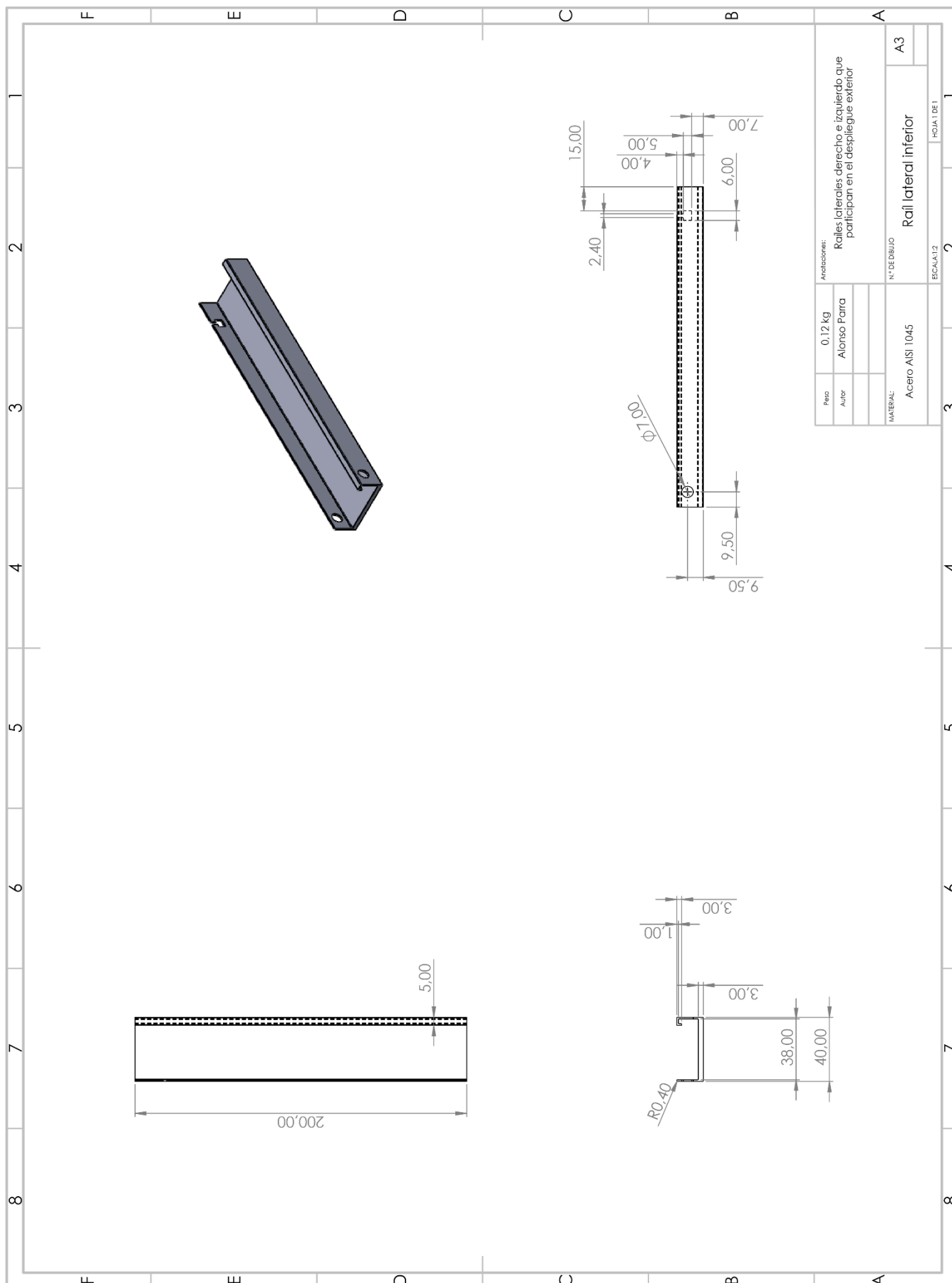


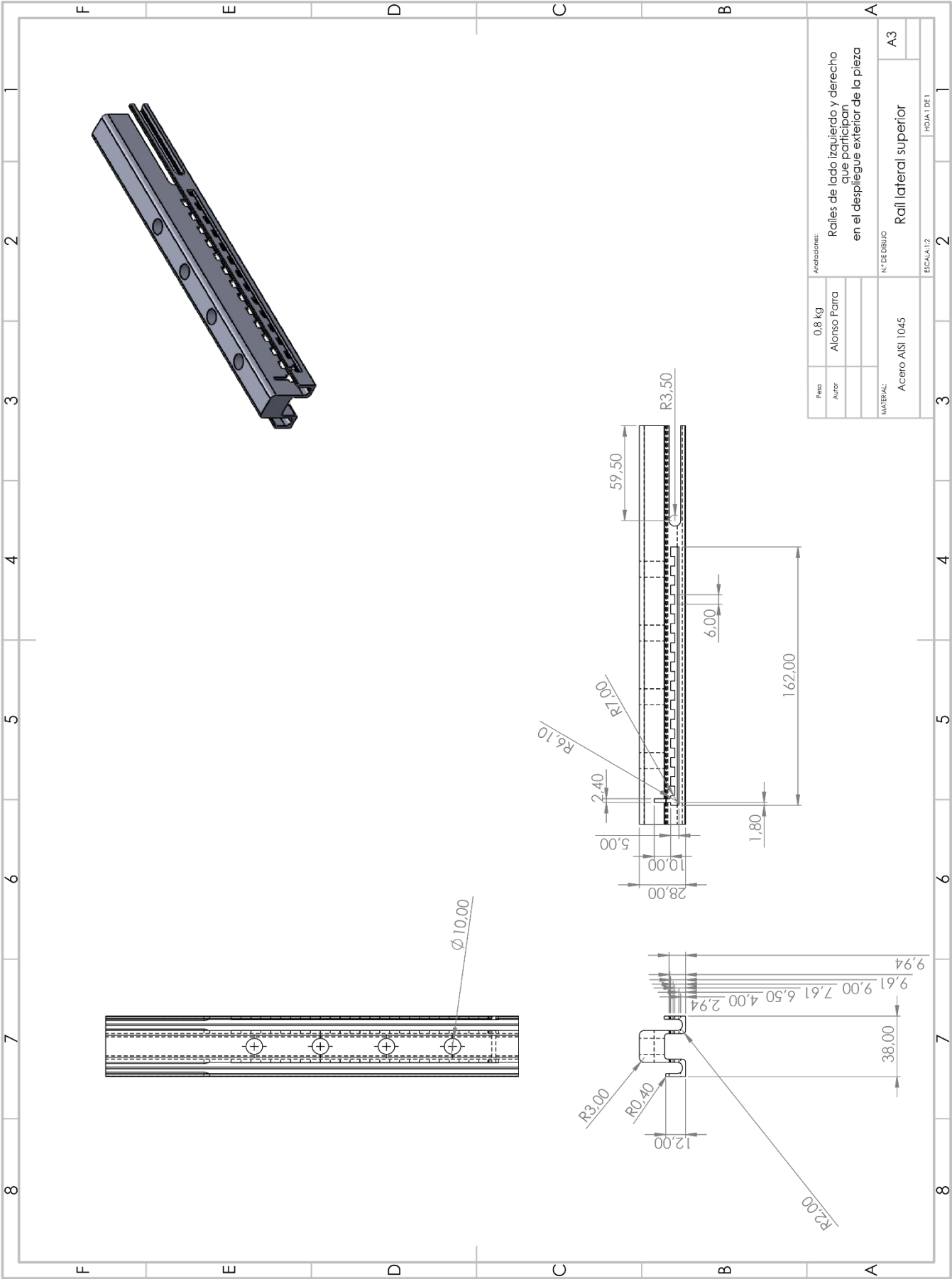


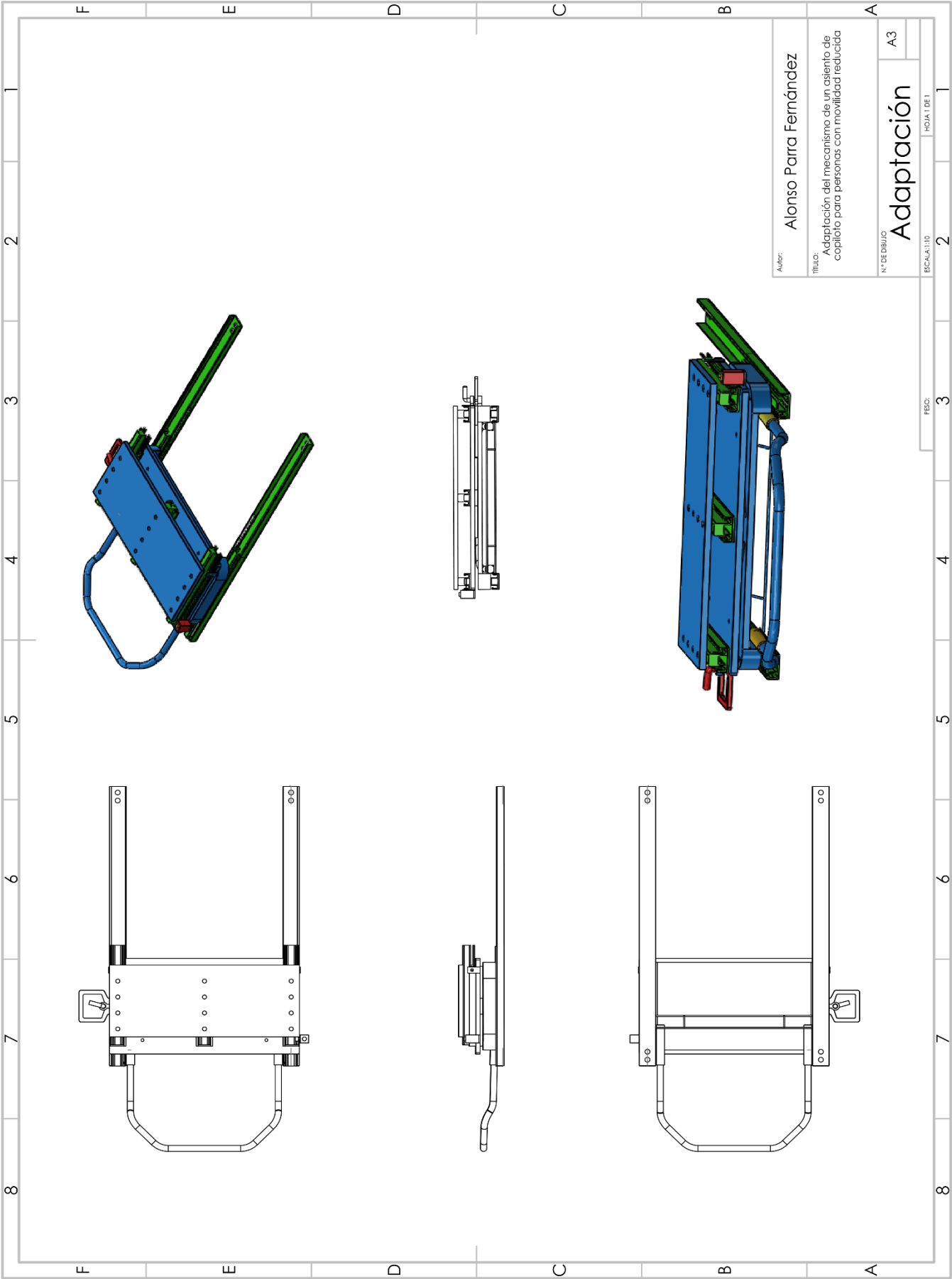










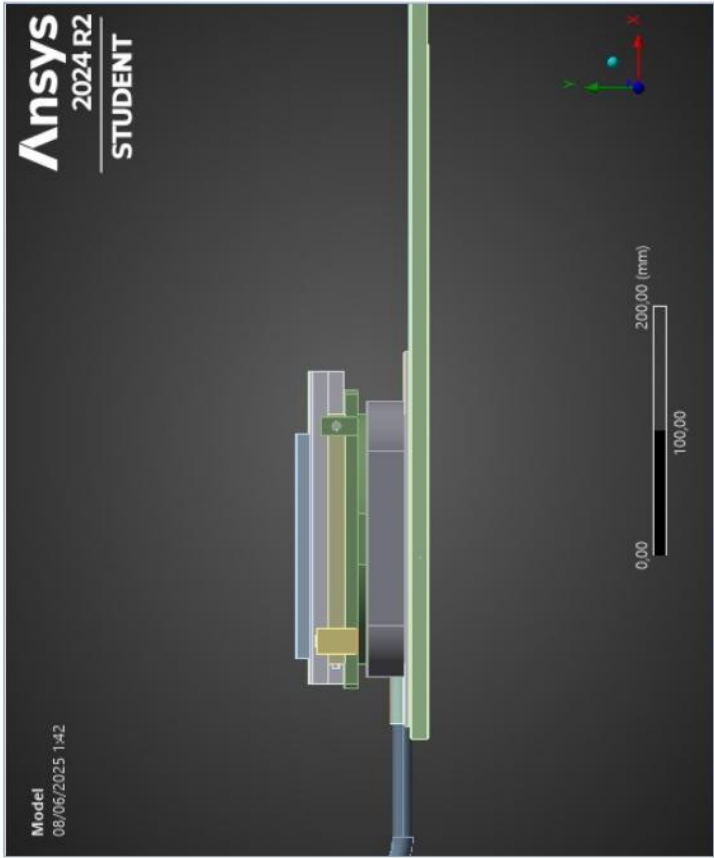


ANEXO 2. Simulación en ANSYS – Impacto Frontal | Ensayo 4.9.1



Project

First Saved	Thursday, May 15, 2025
Last Saved	Monday, May 19, 2025
Product Version	2024 R2
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- Units
- Model (A4)
 - Geometry Imports
 - Geometry Import (A3)
 - Geometry
 - Parts
 - Materials
 - Coordinate Systems
 - Connections
 - Contacts
 - Contact Regions
 - Mesh
 - Static Structural (A5)
 - Analysis Settings
 - Loads
 - Solution (A6)
 - Solution Information
 - Results
 - Stress Tool
 - Safety Factor
- Material Data
 - Aluminio 6061
 - Acero1045
 - Acero 6150
 - ABS
 - Structural Steel

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA)	Degrees	rad/s	Celsius
Angle		Degrees		
Rotational Velocity		rad/s		
Temperature		Celsius		

TABLE 2

Model (A4) > Geometry Imports		
Object Name	Geometry Imports	
State	Solved	

TABLE 3

Model (A4) > Geometry Imports > Geometry Import (A3)		
Object Name	Geometry Import (A3)	
State	Solved	

Model (A4)

Definition	
Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFGI\ansys\ImpactoUnGradoMasRetrasadoPOSavnzd_files\dp0\SYSDM\SYS.agdb
Type	DesignModeler
Basic Geometry Options	
Parameters	Independent
Parameter Key	
Advanced Geometry Options	
Compare Parts On Update	No
Analysis Type	3-D

Geometry

TABLE 4
Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFGI\ansys\ImpactoUnGradoMasRetrasadoPOSavnzd_files\dp0\SYSDM\SYS.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	920,16 mm
Length Y	146,81 mm
Length Z	578,74 mm
Properties	
Volume	4,1295e+006 mm³
Mass	13,454 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	22
Active Bodies	21
Nodes	125448
Elements	63095
Mesh Metric	None
Update Options	
Assign Default Material	No
Basic Geometry Options	
Parameters	Independent
Parameter Key	
Attributes	Yes
Attribute Key	
Named Selections	Yes
Named Selection Key	
Material Properties	Yes
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	Yes
Coordinate System Key	
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes

Object Name	BaseSuperior	Pasador	bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B,14,SI,NC,14_68	BaseGiro	RailArribalzheimerda	RailArribaDerecha	RailAbajolzheimerda	RailAbajoDerecha	MecanismoIzheimerda	MecanismoDerecha	BASE
State	Meshed										
Graphics Properties											
Visible	Yes										
Transparency	1										
Suppressed	No										
Stiffness Behavior	Flexible										
Coordinate System	Default Coordinate System										
Reference Temperature	By Environment										
Treatment	None										
Material											
Assignment	Aluminio 6061	ABS	Aluminio 6061		Acero1045		Acero 6150			Structural Steel	
Nonlinear Effects	Yes										
Thermal Strain Effects	Yes										
Bounding Box											
Length X	20, mm	80,001 mm	90,003 mm	220, mm	300, mm	700, mm	100, mm	850,01 mm			
Length Y	1,0643 mm	7,6783 mm	23,246 mm	38,167 mm	17,462 mm	14,208 mm	28,485 mm	41,657 mm			
Length Z	22,003 mm	240,47 mm	90,058 mm	485,03 mm	38,031 mm	40,037 mm	25,321 mm	550,11 mm			
Properties											
Volume	440, mm³	66676 mm³	89069 mm³	1,2842e+006 mm³	49410 mm³	47021 mm³	15412 mm³	1,8664e+007 mm³			
Mass	1,188e-003 kg	7,001e-002 kg	0,24049 kg	3,4674 kg	0,38787 kg	0,36911 kg	0,12021 kg	146,51 kg			
Centroid X	-321,07 mm	-239,07 mm	17,653 mm	-239,08 mm	-238,85 mm	-40,503 mm	-334,38 mm	-109,18 mm			
Centroid Y	21,968 mm	18,153 mm	294,84 mm	5,5143 mm	-24,383 mm	-29,785 mm	-14,91 mm	-15,917 mm			
Centroid Z	535,85 mm	116,13 mm	294,84 mm	292,35 mm	84,69 mm	504,75 mm	114,96 mm	474,54 mm			
Moment of Inertia Ip1	4,8015e-002 kg·mm²	337,16 kg·mm²	154,06 kg·mm²	85286 kg·mm²	72,71 kg·mm²	89,369 kg·mm²	11,043 kg·mm²	3,7075e+006 kg·mm²			
Moment of Inertia Ip2	8,7516e-002 kg·mm²	359,25 kg·mm²	281,65 kg·mm²	98677 kg·mm²	2977,3 kg·mm²	15051 kg·mm²	114,15 kg·mm²	1,2495e+007 kg·mm²			
Moment of Inertia Ip3	3,9699e-002 kg·mm²	22,657 kg·mm²	154,06 kg·mm²	13793 kg·mm²	2930,1 kg·mm²	14976 kg·mm²	116,48 kg·mm²	8,8269e+006 kg·mm²			
Statistics											
Nodes	315	8009	5134	6850	9372	6552	7922	3917	0		
Elements	36	4475	2784	3780	4908	2768	3443	2107	0		
Mesh Metric	None										

TABLE 7

Model (A4) > Materials

Object Name	Materials
State	Fully Defined
Statistics	

Coordinate Systems

Materials	5
Material Assignments	0

TABLE 8
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	Global Coordinate System
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0 _i
Origin	
Origin X	0, mm
Origin Y	0, mm
Origin Z	0, mm
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]
Transfer Properties	
Source	
Read Only	No

Connections

TABLE 9
Model (A4) > Connections

Object Name	Connections
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes
Statistics	
Contacts	42
Active Contacts	42
Joints	0
Active Joints	0
Beams	0
Active Beams	0
Bearings	0
Active Bearings	0
Springs	0
Active Springs	0
Body Interactions	0
Active Body Interactions	0

TABLE 10
Model (A4) > Connections > Contacts

Object Name	Contacts
State	Fully Defined

Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	2,7422 mm
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face-Face Angle Tolerance	75, °
Face Overlap Tolerance	Off
Cylindrical Faces	Include
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Statistics	
Connections	42
Active Connections	42

TABLE 11
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 44	Contact Region 85	Contact Region 86	Contact Region 87	Contact Region 88	Contact Region 89	Contact Region 90	Contact Region 91	Contact Region 92	Contact Region 93	Contact Region 94
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact	4 Faces		1 Face			3 Faces		1 Face		13 Faces	7 Faces
Target	8 Faces		1 Face				3 Faces			13 Faces	2 Faces
Contact Bodies	UnionMecanismos										
Target Bodies	BaseGiro	RailArribal Izquierda	RailArriba Derecha	RailAbajo Izquierda	RailAbajo Derecha	Mecanismo Izquierda	Mecanismo Derecha	Simetreda33RailArribal Izq	33RailArribal Izq	Simetreda33RailAbajo Izq	BaseSuperior
Protected	No										
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7422 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											

Suppressed	No	
Display		
Element Normals	No	
Advanced		
Formulation	Program Controlled	
Small Sliding	Program Controlled	
Detection Method	Program Controlled	
Penetration Tolerance	Program Controlled	
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled	
Normal Stiffness	Program Controlled	
Update Stiffness	Program Controlled	
Pinball Region	Program Controlled	
Geometric Modification		
Contact Geometry Correction	None	
Target Geometry Correction	None	

TABLE 12
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 95	Contact Region 96	Contact Region 97	Contact Region 98	Contact Region 99	Contact Region 100	Contact Region 101	Contact Region 102	Contact Region 103	Contact Region 104	Contact Region 105
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact Target	5 Faces	10 Faces	2 Faces	5 Faces	1 Face	3 Faces	1 Face	17 Faces	7 Faces	5 Faces	4 Faces
Contact Bodies	2 Faces	9 Faces		4 Faces				18 Faces		2 Faces	
Target Bodies	Simetreda33RailAbajolzq		bolon		Carcasa			33RailArribalzq		33RailAbajolzq	Cilindro
Protected	Base Superior	Carcasa	33RailArribalzq	33RailAbajolzq			Base Superior	33RailAbajolzq		BaseSuperior	
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7422 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											
Suppressed	No										
Display											
Element Normals	No										
Advanced											
Formulation	Program Controlled										
Small Sliding	Program Controlled										

Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled
Geometric Modification	
Contact Geometry Correction	None
Target Geometry Correction	None

TABLE 13
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 106	Contact Region 107	Contact Region 108	Contact Region 109	Contact Region 110	Contact Region 111	Contact Region 112	Contact Region 113	Contact Region 114	Contact Region 115	Contact Region 116
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact	1 Face	2 Faces	3 Faces		1 Face	3 Faces	7 Faces	2 Faces	16 Faces	7 Faces	1 Face
Target	6 Faces	2 Faces	3 Faces		1 Face	5 Faces	13 Faces	3 Faces	9 Faces	3 Faces	
Contact Bodies	Cilindro		Palanca				BaseSuperior		Pasador	thrust ball bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B_14_SI_NC_14_68	BaseGiro
Target Bodies	Pasador	BaseGiro	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	BaseSuperior	Pasador	thrust ball bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B_14_SI_NC_14_68			BaseGiro	RailArribalIzquierda
Protected	No										
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7422 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											
Suppressed	No										
Display											
Element Normals	No										
Advanced											
Formulation	Program Controlled										
Small Sliding	Program Controlled										
Detection Method	Program Controlled										
Penetration Tolerance	Program Controlled										
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled										
Normal Stiffness	Program Controlled										

Update Stiffness	Program Controlled									
Pinball Region	Program Controlled									
Geometric Modification										
Contact Geometry Correction	None									
Target Geometry Correction	None									

TABLE 14
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 117	Contact Region 118	Contact Region 119	Contact Region 120	Contact Region 121	Contact Region 122	Contact Region 123	Contact Region 124	Contact Region 125
State	Fully Defined								
Scope									
Scoping Method	Geometry Selection								
Contact Target	1 Face		16 Faces	5 Faces	5 Faces	15 Faces	5 Faces	4 Faces	5 Faces
Contact Bodies	3 Faces	2 Faces	12 Faces	5 Faces	5 Faces	12 Faces	5 Faces	6 Faces	7 Faces
Target Bodies	RailArribaDerecha	BaseGiro	RailArribaIzquierda	MecanismoIzquierda	RailArribaDerecha	RailAbajoDerecha	MecanismoDerecha	RailAbajoIzquierda	RailAbajoDerecha
Protected	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	RailAbajoIzquierda	MecanismoIzquierda	No	RailAbajoDerecha	MecanismoDerecha	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha
Definition									
Type	Bonded								
Scope Mode	Automatic								
Behavior	Program Controlled								
Trim Contact	Program Controlled								
Trim Tolerance	2,7422 mm								
Contact APDL Name									
Target APDL Name									
Suppressed	No								
Display									
Element Normals	No								
Advanced									
Formulation	Program Controlled								
Small Sliding	Program Controlled								
Detection Method	Program Controlled								
Penetration Tolerance	Program Controlled								
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled								
Normal Stiffness	Program Controlled								
Update Stiffness	Program Controlled								
Pinball Region	Program Controlled								
Geometric Modification									
Contact Geometry Correction	None								
Target Geometry Correction	None								

Mesh

TABLE 15 Model (A4) > Mesh		
Object Name	State	Mesh
Display		Solved

Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
Element Size	Default
Sizing	
Use Adaptive Sizing	Yes
Resolution	3
Mesh Defeaturing	Yes
Defeature Size	Default
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Initial Size Seed	Assembly
Bounding Box Diagonal	1086.9 mm
Average Surface Area	1720.1 mm²
Minimum Edge Length	3.5355e-002 mm
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
Target Element Quality	Default (5.e-002)
Smoothing	High
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
Inflation Element Type	Wedges
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	Yes
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	125448
Elements	63095
Show Detailed Statistics	No

Static Structural (A5)

TABLE 16		
Model (A4) > Analysis		
Object Name	Static Structural (A5)	
State	Solved	
Definition		
Physics Type	Structural	

Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 17
Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Quasi-Static Solution	Off
Rotordynamics Controls	
Coriolis Effect	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Combine Restart Files	Program Controlled
Nonlinear Controls	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Program Controlled
Advanced	
Inverse Option	No
Contact Split (DMP)	Program Controlled
Output Controls	
Output Selection	None
Stress	Yes
Back Stress	No
Strain	Yes
Contact Data	Yes
Nonlinear Data	No
Nodal Forces	No
Volume and Energy	Yes
Euler Angles	Yes
General Miscellaneous	No
Contact Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Result File Compression	Program Controlled

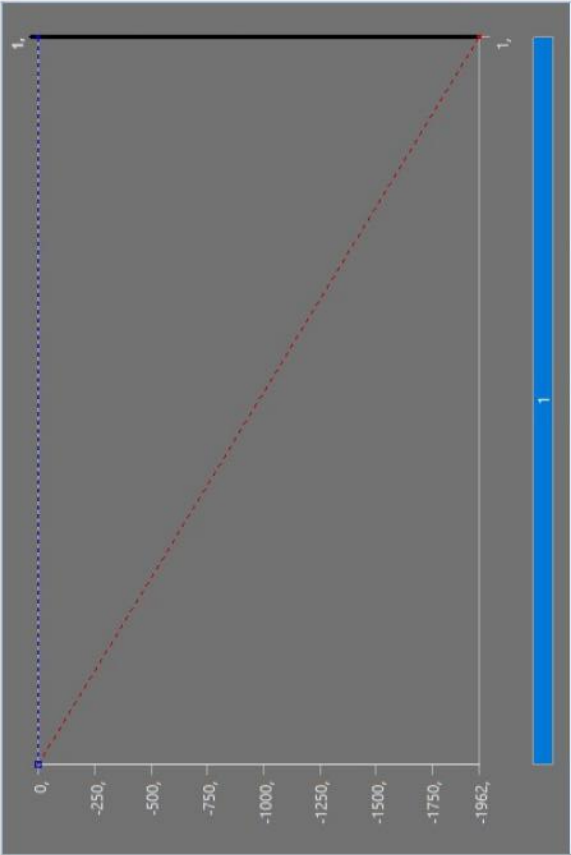
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFG\ansys\ImpactoUnGradoMasRetrasadoPOSavnzd_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Contact Summary	Program Controlled
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mmm

TABLE 18

Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads			
Object Name	Fixed Support	Force	
State	Fully Defined		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	2 Faces	1 Face	
Definition			
Type	Fixed Support	Force	
Suppressed	No		
Define By	Components		
Applied By	Surface Effect		
Coordinate System	Global Coordinate System		
X Component	-1962, N (ramped)		
Y Component	0, N (ramped)		
Z Component	0, N (ramped)		

FIGURE 1

Model (A4) > Static Structural (A5) > Force



Solution (A6)

TABLE 19
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	Solution (A6)
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	20, s
MAPDL Memory Used	2,7998 GB
MAPDL Result File Size	47,688 MB
Post Processing	
Beam Section Results	No
On Demand Stress/Strain	No

TABLE 20
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	Solution Information
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Identify Element Violations	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All

FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 21			
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results			
Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress	
State	Solved		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress	
By	Time		
Display Time	Last		
Separate Data by Entity	No		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Results			
Minimum	0, mm	3,2939e-013 MPa	
Maximum	3,2259e-003 mm	105,49 MPa	
Average	4,7849e-005 mm	0,20482 MPa	
Minimum Occurs On	RailAbajolzquierda		
Maximum Occurs On	Cilindro		
	MecanismoDerecha	RailAbajoDerecha	
Information			
Time	1, s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		
Integration Point Results			
Display Option	Averaged		
Average Across Bodies	No		

FIGURE 2
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

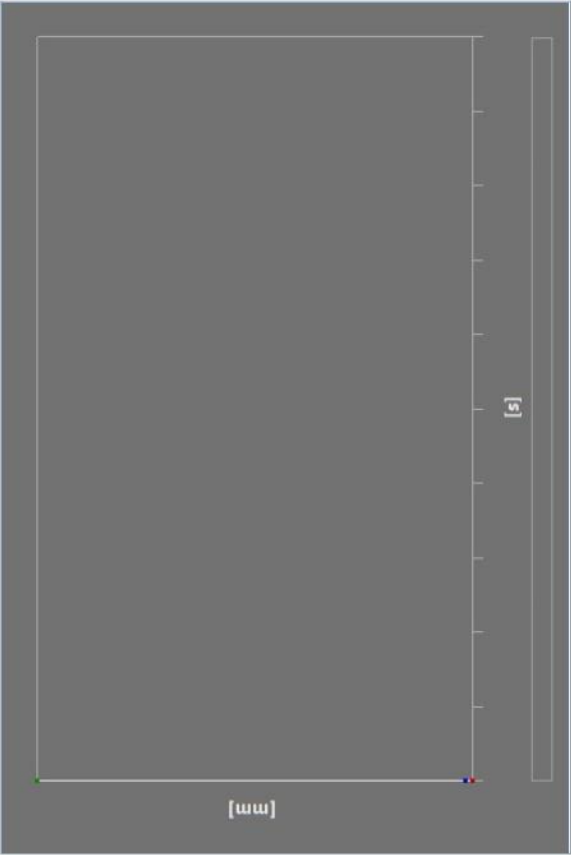


TABLE 22

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

Time [s]	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Average [mm]
1,	0,	3,2259e-003	4,7849e-005

FIGURE 3

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

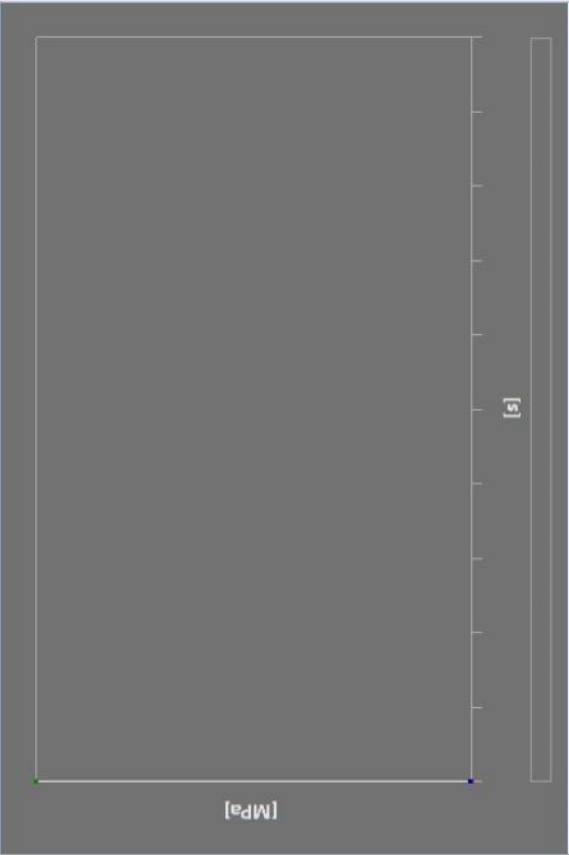


TABLE 23

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]	Average [MPa]
1,	3,2939e-013	105,49	0,20482

TABLE 24

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Safety Tools

Object Name	Stress Tool
State	Solved
Definition	
Theory	Max Equivalent Stress
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material

TABLE 25

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Results

Object Name	Safety Factor
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Separate Data by Entity	No
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	

Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	2,9386
Minimum Occurs On	RailAbajoDerecha
Information	
Time	1, s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

FIGURE 4
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

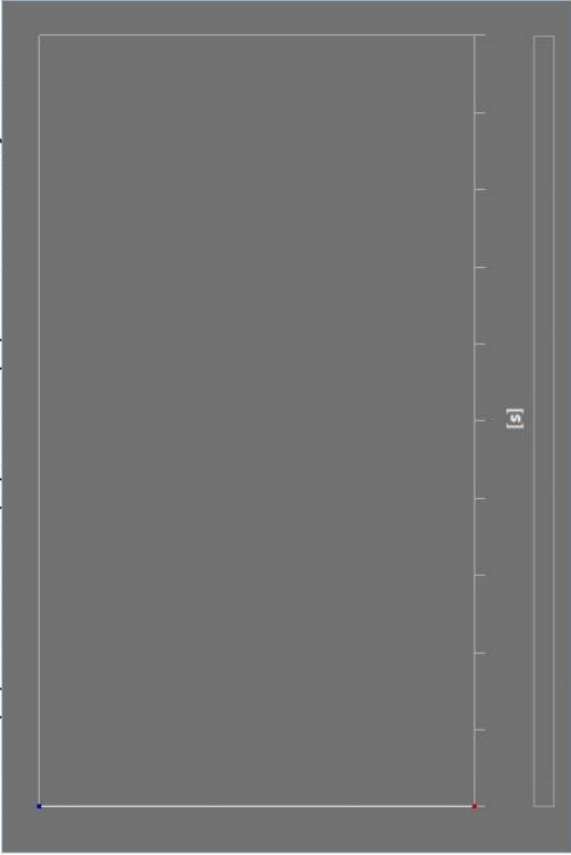


TABLE 26
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

Time [s]	Minimum	Maximum	Average
1,	2,9386	15,	14,99

Material Data

Aluminio 6061

TABLE 27 Aluminio 6061 > Constants	
Density	2,7e-006 kg mm [^] -3

TABLE 28 Aluminio 6061 > Isotropic Elasticity	

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
69000	0,33	67647	25940	

TABLE 29

Aluminio 6061 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
258,

TABLE 30

Aluminio 6061 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
300,

TABLE 31

Aluminio 6061 > Color

Red	Green	Blue
76,	186,	255,

Acero1045

TABLE 32

Acero1045 > Constants

Density
7,85e-006 kg mm^-3

TABLE 33

Acero1045 > Color

Red	Green	Blue
255,	95,	56,

TABLE 34

Acero1045 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
565,

TABLE 35

Acero1045 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
310,

TABLE 36

Acero1045 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2,1e+005	0,3	1,75e+005	80769	22,

Acero 6150

TABLE 37

Acero 6150 > Constants

Density
7,8e-006 kg mm^-3

TABLE 38

Acero 6150 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C

2,05e+005	0,3	1,7083e+005	78846
-----------	-----	-------------	-------

TABLE 39
Acero 6150 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
1000,

TABLE 40
Acero 6150 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
1145,

TABLE 41
Acero 6150 > Color

Red	Green	Blue
251,	43,	255,

ABS

TABLE 42
ABS > Constants

Density
1,05e-006 kg mm^-3

TABLE 43

ABS > Isotropic Elasticity			
Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
2100,	0,37	2692,3	766,42
Temperature C			

TABLE 44

ABS > Tensile Yield Strength
Tensile Yield Strength MPa
32,

TABLE 45
ABS > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
41,

TABLE 46
ABS > Color

Red	Green	Blue
184,	255,	86,

Structural Steel

TABLE 47
Structural Steel > Constants

Density	7,85e-006 kg mm^-3
Coefficient of Thermal Expansion	1,2e-005 C^-1
Specific Heat	4,34e+005 mJ kg^-1 C^-1
Thermal Conductivity	6,05e-002 W mm^-1 C^-1
Resistivity	1,7e-004 ohm mm

TABLE 48

Structural Steel > Color

Red	Green	Blue
132,	139,	179,

TABLE 49

Structural Steel > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength MPa
0,

TABLE 50

Structural Steel > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength MPa
250,

TABLE 51

Structural Steel > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
250,

TABLE 52

Structural Steel > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
460,

TABLE 53

Structural Steel > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion

Zero- Thermal-Strain Reference Temperature C
22,

TABLE 54

Structural Steel > S-N Curve

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999,	10,	0,
2827,	20,	0,
1896,	50,	0,
1413,	100,	0,
1069,	200,	0,
441,	2000,	0,
262,	10000,	0,
214,	20000,	0,
138,	1,e+005	0,
114,	2,e+005	0,
86,2	1,e+006	0,

TABLE 55

Structural Steel > Strain-Life Parameters

Strength Coefficient MPa	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient MPa	Cyclic Strain Hardening Exponent
920,	-0,106	0,213	-0,47	1000,	0,2

TABLE 56

Structural Steel > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2,e+005	0,3	1,6667e+005	76923	

TABLE 57
Structural Steel > Isotropic Relative Permeability

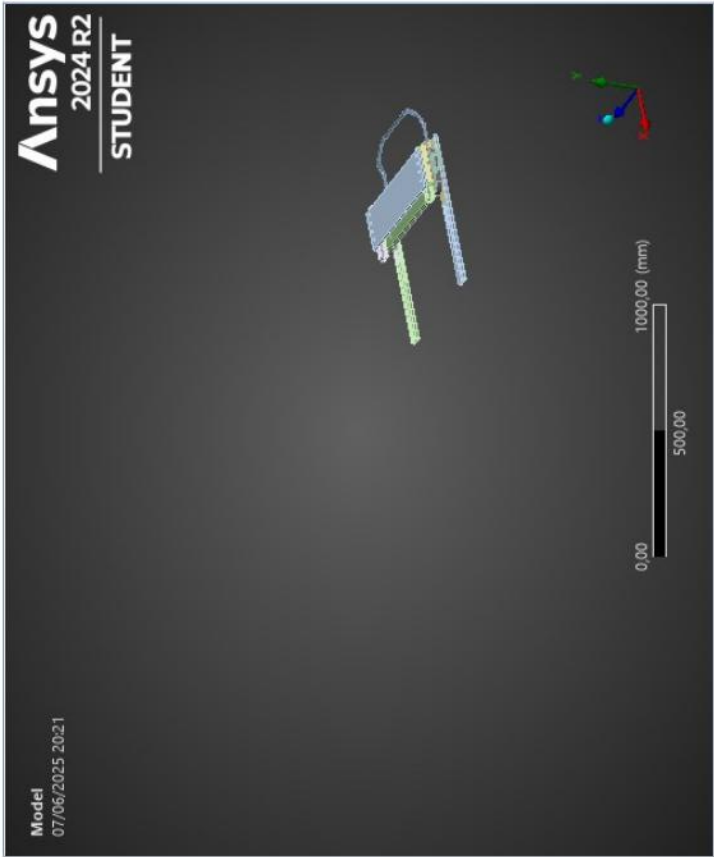
Relative Permeability
10000

ANEXO 3. Simulación ANSYS – Carga axial en asiento | Ensayo 4.9.2.3



Project*

First Saved	Thursday, May 15, 2025
Last Saved	Monday, May 19, 2025
Product Version	2024 R2
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(A4\)](#)
 - [Geometry Imports](#)
 - [Geometry Import \(A3\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Parts](#)
 - [Materials](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Connections](#)
 - [Contacts](#)
 - [Contact Regions](#)
 - [Mesh](#)
 - [Static Structural \(A5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(A6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
 - [Stress Tool](#)
 - [Safety Factor](#)
- [Material Data](#)
 - [Aluminio 6061](#)
 - [Acero1045](#)
 - [Acero 6150](#)
 - [ABS](#)
 - [Structural Steel](#)

Units

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA)	Degrees	rad/s	Celsius
Angle		Degrees		
Rotational Velocity		rad/s		
Temperature		Celsius		

Model (A4)

Model (A4) > Geometry Imports		
Object Name	Geometry Imports	
State	Solved	

Model (A4) > Geometry Imports > Geometry Import (A3)		
Object Name	Geometry Import (A3)	
State	Solved	

Definition	
Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFG\ansys\AsRecogido_files\dp0\SYSDM\SYs.agdb
Type	DesignModeler
Basic Geometry Options	
Parameters	Independent
Parameter Key	
Advanced Geometry Options	
Compare Parts On Update	No
Analysis Type	3-D

Geometry

TABLE 4
Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFG\ansys\AsRecogido_files\dp0\SYSDM\SYs.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	920, 16 mm
Length Y	146, 82 mm
Length Z	578, 74 mm
Properties	
Volume	4, 1136e+006 mm³
Mass	13, 33 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	22
Active Bodies	21
Nodes	100570
Elements	48796
Mesh Metric	None
Update Options	
Assign Default Material	No
Basic Geometry Options	
Parameters	Independent
Parameter Key	
Attributes	Yes
Attribute Key	
Named Selections	Yes
Named Selection Key	
Material Properties	Yes
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	Yes
Coordinate System Key	
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes

Smart CAD Update	Yes
Compare Parts On Update	No
Analysis Type	3-D
Import Facet Quality	Source
Clean Bodies On Import	No
Stitch Surfaces On Import	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 5

Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	UnionMecanismos	Pieza1^AjusteL ONG	Simetreda33RailArribalqz	Simetreda33RailAbajolqz	bolon	Carcasa	33RailArribalqz	33RailAbajolqz	Cilindro	Palanca	BaseSuperior
State	Meshed										
Graphics Properties											
Visible	Yes										
Transparency	1										
Definition											
Suppressed	No										
Stiffness Behavior	Flexible										
Coordinate System	Default Coordinate System										
Reference Temperature	By Environment										
Treatment	None										
Material											
Assignment	Aluminio 6061		Acero1045		Acero 6150	ABS	ABS	Acero1045	ABS		Aluminio 6061
Nonlinear Effects	Yes										
Thermal Strain Effects	Yes										

Bounding Box

Properties										
Length X	32,997 mm	180, mm	250, mm	200, mm	15, mm	20,005 mm	250, mm	19,088 mm	312,65 mm	240, mm
Length Y	24,066 mm	11,311 mm	28,107 mm	14,138 mm	18,036 mm	32,059 mm	28,107 mm	45,109 mm	36,294 mm	40,718 mm
Length Z	382,01 mm	460,03 mm	38,031 mm	40,037 mm	49,503 mm	20,089 mm	38,034 mm	40,063 mm	373,02 mm	487,08 mm
Volume	5846,8 mm³	8,2172e+005 mm³	1,0183e+005 mm³	14266 mm³	1228,7 mm³	5896,5 mm³	1,0183e+005 mm³	14266 mm³	5712,9 mm³	1,5621e+005 mm³
Mass	1,5786e-002 kg	2,2186 kg	0,79933 kg	0,11198 kg	9,5841e-003 kg	6,1913e-003 kg	0,79933 kg	0,11198 kg	5,9985e-003 kg	3,296 kg
Centroid X	-278,5 mm	-226,01 mm	-207,55 mm	-239,39 mm	-321,08 mm	-207,55 mm	-207,55 mm	-236,87 mm	-488,48 mm	-238,95 mm
Centroid Y	-17,563 mm	66,154 mm	49,331 mm	36,763 mm	46,639 mm	38,263 mm	48,158 mm	35,597 mm	-4,448 mm	26,153 mm
Centroid Z	294,74 mm	294,97 mm	85,056 mm	86,323 mm	530,12 mm	537,01 mm	504,79 mm	503,46 mm	294,73 mm	294,46 mm
Moment of Inertia Ip1	192,26 kg mm²	38695 kg mm²	116,96 kg mm²	28,442 kg mm²	1,9291 kg mm²	0,90359 kg mm²	116,97 kg mm²	28,442 kg mm²	1,8285 kg mm²	54118 kg mm²
Moment of Inertia Ip2	197,07 kg mm²	44677 kg mm²	4439,6 kg mm²	395,49 kg mm²	1,7116 kg mm²	0,62282 kg mm²	4439,6 kg mm²	395,49 kg mm²	0,38801 kg mm²	69429 kg mm²
Moment of Inertia Ip3	4,8238 kg mm²	6019, kg mm²	4431,5 kg mm²	372,05 kg mm²	0,36937 kg mm²	0,9095 kg mm²	4431,6 kg mm²	372,05 kg mm²	1,5146 kg mm²	15419 kg mm²

Statistics

	Nodes	3815	1236	10717	6580	935	858	11036	7261	1472	1978	5125
	Elements	1771	146	5136	3368	367	399	5290	3704	807	905	2372
	Mesh Metric	None										

TABLE 6

Model (A4) > Geomtrv > Parts

[illegible]

Object Name	BaseSuperior	Pasador	bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B, 14, SI, NC, 14_68	BaseGiro	RailArribalzheimerda	RailArribaDerecha	RailAbajolzheimerda	RailAbajoDerecha	Mecanismolzquierda	MecanismoDerecha	BASE
State	Meshed										
Graphics Properties											
Visible	Yes										
Transparency	1										
Suppressed	No										
Stiffness Behavior	Flexible										
Coordinate System	Default Coordinate System										
Reference Temperature	By Environment										
Treatment	None										
Material											
Assignment	Aluminio 6061	ABS	Aluminio 6061	Acero1045		Acero6150		Structural Steel			
Nonlinear Effects	Yes										
Thermal Strain Effects	Yes										
Bounding Box											
Length X	20, mm	80,001 mm	90,003 mm	220, mm	300, mm	700, mm	100, mm	850,01 mm			
Length Y	1,0643 mm	7,6783 mm	23,246 mm	38,167 mm	17,462 mm	14,208 mm	28,485 mm	41,657 mm			
Length Z	22,003 mm	240,47 mm	90,058 mm	485,03 mm	38,031 mm	40,037 mm	25,321 mm	550,11 mm			
Properties											
Volume	440, mm³	66676 mm³	89069 mm³	1,2842e+006 mm³	49410 mm³	47021 mm³	15412 mm³	1,8664e+007 mm³			
Mass	1,188e-003 kg	7,001e-002 kg	0,24049 kg	3,4674 kg	0,38787 kg	0,36911 kg	0,12021 kg	146,51 kg			
Centroid X	-321,07 mm	-239,07 mm	-239,08 mm	-239,08 mm	-238,85 mm	-40,503 mm	-334,38 mm	-109,18 mm			
Centroid Y	21,968 mm	18,153 mm	17,653 mm	5,5143 mm	-24,383 mm	-25,557 mm	-30,974 mm	-14,91 mm	-54,177 mm		
Centroid Z	535,85 mm	116,13 mm	294,84 mm	292,35 mm	84,69 mm	82,053 mm	507,35 mm	114,96 mm	294,64 mm		
Moment of Inertia Ip1	4,8015e-002 kg·mm²	337,16 kg·mm²	154,06 kg·mm²	85286 kg·mm²	72,71 kg·mm²	72,713 kg·mm²	89,369 kg·mm²	11,045 kg·mm²	3,7075e+006 kg·mm²		
Moment of Inertia Ip2	8,7516e-002 kg·mm²	359,25 kg·mm²	281,65 kg·mm²	98677 kg·mm²	2977,3 kg·mm²	2977,4 kg·mm²	15052 kg·mm²	114,15 kg·mm²	1,2495e+007 kg·mm²		
Moment of Inertia Ip3	3,9699e-002 kg·mm²	22,657 kg·mm²	154,06 kg·mm²	13793 kg·mm²	2930,1 kg·mm²	2930,2 kg·mm²	14978 kg·mm²	116,48 kg·mm²	8,8269e+006 kg·mm²		
Statistics											
Nodes	315	6329	3744	5909	7809	8054	4806	3847	0		
Elements	36	3372	1861	3101	4033	4155	2026	1960	0		
Mesh Metric	None										

TABLE 7

Model (A4) > Materials

Object Name	Materials
State	Fully Defined
Statistics	

Coordinate Systems

Materials	5
Material Assignments	0

TABLE 8
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	Global Coordinate System	
State	Fully Defined	
Definition		
Type	Cartesian	
Coordinate System ID	0,	
Origin		
Origin X	0, mm	
Origin Y	0, mm	
Origin Z	0, mm	
Directional Vectors		
X Axis Data	[1, 0, 0,]	
Y Axis Data	[0, 1, 0,]	
Z Axis Data	[0, 0, 1,]	
Transfer Properties		
Source		
Read Only	No	

Connections

TABLE 9
Model (A4) > Connections

Object Name	State	Connections
Auto Detection		
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes	
Transparency		
Enabled	Yes	
Statistics		
Contacts		42
Active Contacts		42
Joints		0
Active Joints		0
Beams		0
Active Beams		0
Bearings		0
Active Bearings		0
Springs		0
Active Springs		0
Body Interactions		0
Active Body Interactions		0

TABLE 10
Model (A4) > Connections > Contacts

Object Name	Contacts
State	Fully Defined

Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	2,7423 mm
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face-Face Angle Tolerance	75, °
Face Overlap Tolerance	Off
Cylindrical Faces	Include
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Statistics	
Connections	42
Active Connections	42

TABLE 11
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 32	Contact Region 34	Contact Region 35	Contact Region 37	Contact Region 38	Contact Region 40	Contact Region 41	Contact Region 42	Contact Region 43	Contact Region 44	Contact Region 45
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact	4 Faces			1 Face		3 Faces		1 Face		12 Faces	7 Faces
Target	8 Faces			1 Face			3 Faces			11 Faces	2 Faces
Contact Bodies	UnionMecanismos										
Target Bodies	BaseGiro	RailArribalzheimerda	RailArribaDerecha	RailAbajolzheimerda	RailAbajoDerecha	MecanismoIzheimerda	MecanismoDerecha	Pieza1^AjusteLONG	33RailArribalzheimerda	Simetreda33RailAbajolzheimerda	BaseSuperior
Protected	No										
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7423 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											

Suppressed	No	
Display		
Element Normals	No	
Advanced		
Formulation	Program Controlled	
Small Sliding	Program Controlled	
Detection Method	Program Controlled	
Penetration Tolerance	Program Controlled	
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled	
Normal Stiffness	Program Controlled	
Update Stiffness	Program Controlled	
Pinball Region	Program Controlled	
Geometric Modification		
Contact Geometry Correction	None	
Target Geometry Correction	None	

TABLE 12
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 46	Contact Region 47	Contact Region 48	Contact Region 49	Contact Region 50	Contact Region 51	Contact Region 52	Contact Region 53	Contact Region 54	Contact Region 55	Contact Region 56
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact	5 Faces	13 Faces	15 Faces	5 Faces	3 Faces	1 Face		13 Faces	7 Faces	5 Faces	4 Faces
Target	2 Faces	10 Faces	13 Faces	4 Faces			1 Face	12 Faces		2 Faces	
Contact Bodies	Simetreda33RailAbajolzq		boton			Carcasa		33RailArribalzq		33RailAbajolzq	Cilindro
Target Bodies Protected	BaseSuperior	Carcasa	33RailArribalzq	33RailAbajolzq		BaseSuperior		33RailAbajolzq		BaseSuperior	
No											
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7423 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											
Suppressed	No										
Display											
Element Normals	No										
Advanced											
Formulation	Program Controlled										
Small Sliding	Program Controlled										

Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled
Geometric Modification	
Contact Geometry Correction	None
Target Geometry Correction	None

TABLE 13
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 57	Contact Region 58	Contact Region 59	Contact Region 60	Contact Region 61	Contact Region 62	Contact Region 63	Contact Region 64	Contact Region 65	Contact Region 66	Contact Region 67
State	Fully Defined										
Scope											
Geometry Selection											
Scoping Method											
Contact Target	1 Face 6 Faces	2 Faces 2 Faces	3 Faces 3 Faces		1 Face 1 Face	3 Faces 5 Faces	7 Faces 13 Faces	2 Faces 3 Faces	16 Faces 9 Faces	7 Faces 3 Faces	1 Face
Contact Bodies	Cilindro		Palanca				BaseSuperior		Pasador	thrust ball bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B_14_S NC_14_68	BaseGiro
Target Bodies	Pasador	BaseGiro	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	BaseSuperior	Pasador	thrust ball bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B_14_S NC_14_68			BaseGiro	RailArribalzquierda
Protected	No										
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7423 mm										
Contact APDL											
Name											
Target APDL											
Name											
Suppressed	No										
Display											
Element Normals	No										
Advanced											
Formulation	Program Controlled										
Small Sliding	Program Controlled										
Detection Method	Program Controlled										
Penetration Tolerance	Program Controlled										
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled										
Normal Stiffness	Program Controlled										
Update Stiffness	Program Controlled										

Pinball Region	Program Controlled									
Geometric Modification										
Contact Geometry Correction	None									
Target Geometry Correction	None									

TABLE 14
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 68	Contact Region 69	Contact Region 70	Contact Region 71	Contact Region 72	Contact Region 73	Contact Region 74	Contact Region 75	Contact Region 76
State	Fully Defined								
Scope									
Geometry Selection									
Scoping Method	1 Face		16 Faces	5 Faces	5 Faces	15 Faces	5 Faces	4 Faces	5 Faces
Contact Target	3 Faces	2 Faces	12 Faces	5 Faces	5 Faces	12 Faces	5 Faces	6 Faces	7 Faces
Contact Bodies	BaseGiro		RailArribaIzquierda		RailArribaDerecha		RailAbajoIzquierda		RailAbajoDerecha
Target Bodies	RailArribaDerecha	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	RailAbajoIzquierda	MecanismoIzquierda	RailAbajoDerecha	MecanismoDerecha	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha
Protected	No								
Definition									
Type	Bonded								
Scope Mode	Automatic								
Behavior	Program Controlled								
Trim Contact	Program Controlled								
Trim Tolerance	2,7423 mm								
Contact APDL Name									
Target APDL Name									
Suppressed	No								
Display									
Element Normals	No								
Advanced									
Formulation	Program Controlled								
Small Sliding	Program Controlled								
Detection Method	Program Controlled								
Penetration Tolerance	Program Controlled								
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled								
Normal Stiffness	Program Controlled								
Update Stiffness	Program Controlled								
Pinball Region	Program Controlled								
Geometric Modification									
Contact Geometry Correction	None								
Target Geometry Correction	None								

Mesh

TABLE 15 Model (A4) > Mesh		
Object Name	Mesh	
State	Solved	
Display		
Display Style	Use Geometry Setting	
Defaults		

Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
Element Size	Default
Sizing	
Use Adaptive Sizing	Yes
Resolution	Default (2)
Mesh Defeaturing	Yes
Defeature Size	Default
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Initial Size Seed	Assembly
Bounding Box Diagonal	1096.9 mm
Average Surface Area	1735.7 mm²
Minimum Edge Length	3.5355e-002 mm
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
Target Element Quality	Default (5,e-002)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
Inflation Element Type	Wedges
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	Yes
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	100570
Elements	48796
Show Detailed Statistics	No

Static Structural (A5)

TABLE 16

Model (A4) > Analysis

Object Name	Static Structural (A5)	
State	Solved	
Definition		
Physics Type	Structural	
Analysis Type	Static Structural	
Solver Target	Mechanical APDL	

Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 17
Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

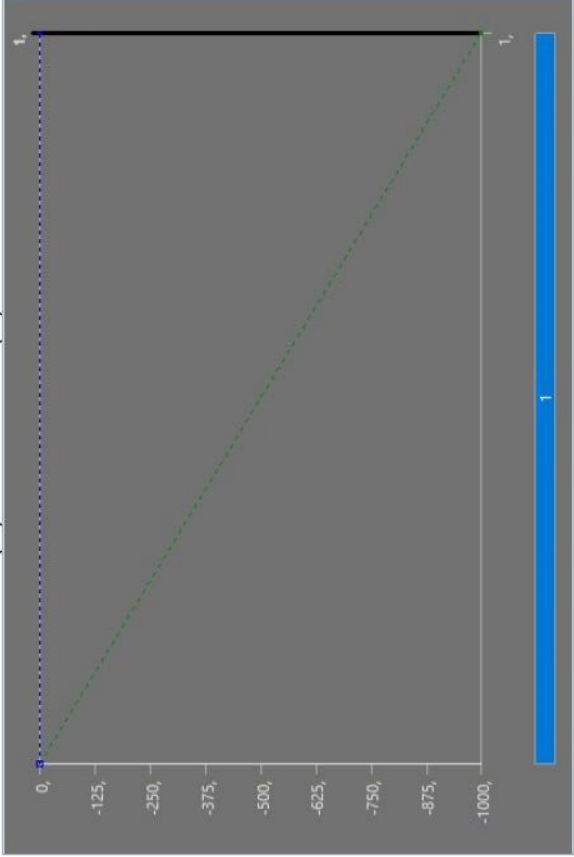
Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Quasi-Static Solution	Off
Rotordynamics Controls	
Coriolis Effect	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Combine Restart Files	Program Controlled
Nonlinear Controls	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Program Controlled
Advanced	
Inverse Option	No
Contact Split (DMP)	Program Controlled
Output Controls	
Output Selection	None
Stress	Yes
Back Stress	No
Strain	Yes
Contact Data	Yes
Nonlinear Data	No
Nodal Forces	No
Volume and Energy	Yes
Euler Angles	Yes
General Miscellaneous	No
Contact Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Result File Compression	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFGI\ansys\AsRecogido_files\dp0\SYSTEMECH

Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Contact Summary	Program Controlled
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mm

TABLE 18
Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads

Object Name	Fixed Support	Force
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	2 Faces	1 Face
Definition		
Type	Fixed Support	Force
Suppressed	No	
Define By	Components	
Applied By	Surface Effect	
Coordinate System	Global Coordinate System	
X Component	0, N (ramped)	
Y Component	-1000, N (ramped)	
Z Component	0, N (ramped)	

FIGURE 1
Model (A4) > Static Structural (A5) > Force



Solution (A6)

TABLE 19
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	Solution (A6)
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	18, s
MAPDL Memory Used	2,1797 GB
MAPDL Result File Size	38, MB
Post Processing	
Beam Section Results	No
On Demand Stress/Strain	No

TABLE 20
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	Solution Information
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Identify Element Violations	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

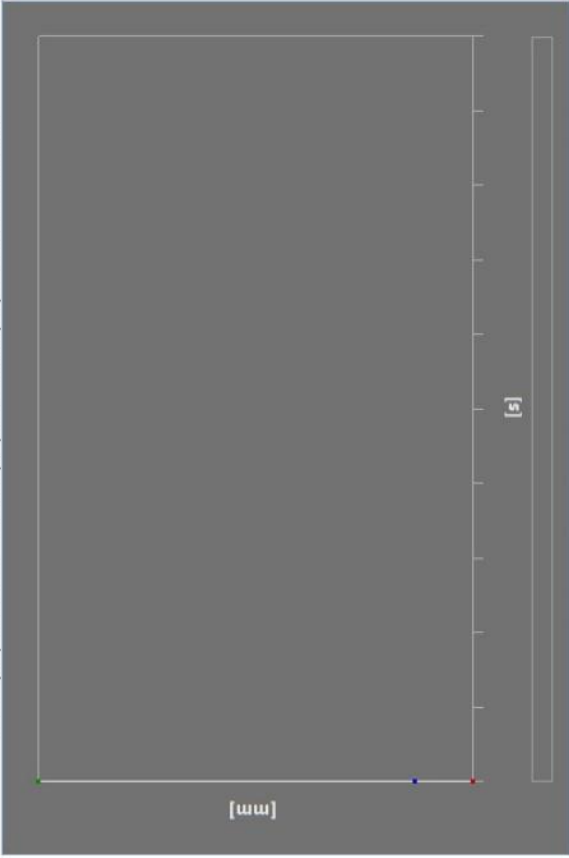
TABLE 21
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Separate Data by Entity	No	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Results		

Minimum	0, mm	6,1502e-010 MPa
Maximum	0,19763 mm	150,86 MPa
Average	2,619e-002 mm	1,6862 MPa
Minimum Occurs On	RailAbajolizquierda	Clindro
Maximum Occurs On	Pieza1^AjusteLONG	33RailArribalzq
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	
Integration Point Results		
Display Option		Averaged
Average Across Bodies		No

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

FIGURE 2



Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

TABLE 22

Time [s]	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Average [mm]
1,	0,	0,19763	2,619e-002

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

FIGURE 3

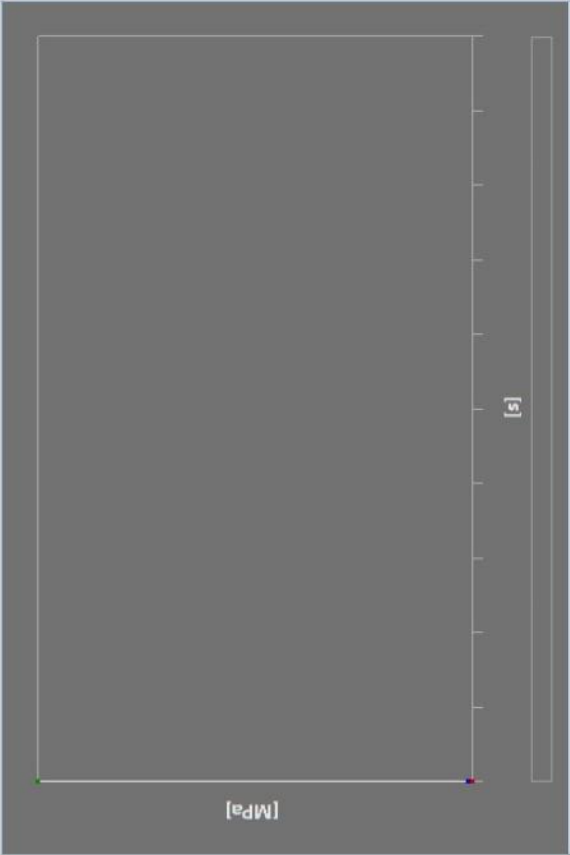


TABLE 23

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]	Average [MPa]
1,	6,1502e-010	150,86	1,6862

TABLE 24

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Safety Tools

Object Name	Stress Tool
State	Solved
Definition	
Theory	Max Equivalent Stress
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material

TABLE 25

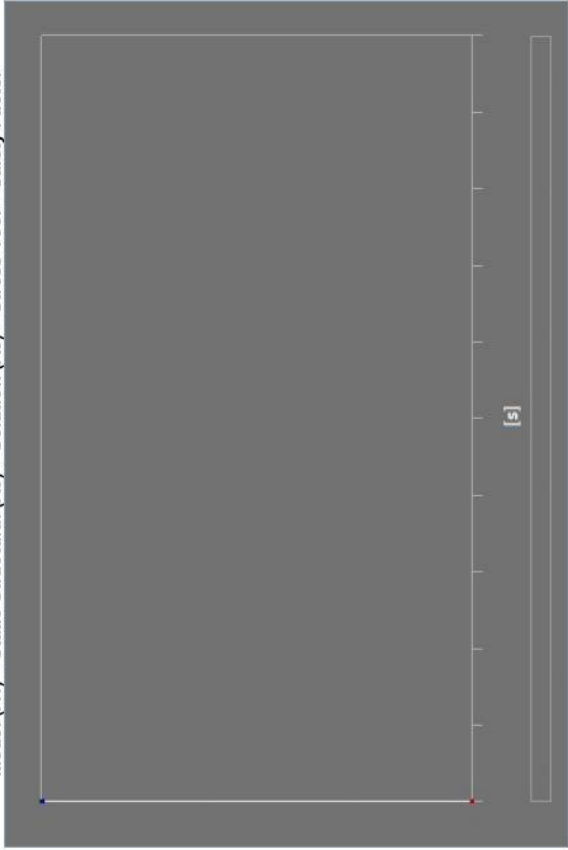
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Results

Object Name	Safety Factor
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Separate Data by Entity	No
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	

Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	2,0549
Minimum Occurs On	33RailArribalzq
Information	
Time	1, s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

FIGURE 4



Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

TABLE 26

Time [s]	Minimum	Maximum	Average
1,	2,0549	15,	14,956

Material Data

Aluminio 6061

TABLE 27

Aluminio 6061 > Constants

Density	2,7e-006 kg mm ³
---------	-----------------------------

TABLE 28

Aluminio 6061 > Isotropic Elasticity

--	--

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
69000	0,33	67647	25940	

TABLE 29
Aluminio 6061 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
258,

TABLE 30
Aluminio 6061 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
300,

TABLE 31
Aluminio 6061 > Color

Red	Green	Blue
76,	186,	255,

Acero1045

TABLE 32
Acero1045 > Constants

Density
7,85e-006 kg mm^-3

TABLE 33
Acero1045 > Color

Red	Green	Blue
255,	95,	56,

TABLE 34
Acero1045 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
565,

TABLE 35
Acero1045 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
310,

TABLE 36
Acero1045 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2,1e+005	0,3	1,75e+005	80769	22,

Acero 6150

TABLE 37
Acero 6150 > Constants

Density
7,8e-006 kg mm^-3

TABLE 38
Acero 6150 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C

2,05e+005	0,3	1,7083e+005	78846
-----------	-----	-------------	-------

TABLE 39

Acero 6150 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
1000,

TABLE 40

Acero 6150 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
1145,

TABLE 41

Acero 6150 > Color

Red	Green	Blue
251,	43,	255,

ABS

TABLE 42

ABS > Constants

Density
1,05e-006 kg mm^-3

TABLE 43

ABS > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2100,	0,37	2692,3	766,42	

TABLE 44

ABS > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
32,

TABLE 45

ABS > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
41,

TABLE 46

ABS > Color

Red	Green	Blue
184,	255,	86,

Structural Steel

TABLE 47

Structural Steel > Constants

Density	7,85e-006 kg mm^-3
Coefficient of Thermal Expansion	1,2e-005 C^-1
Specific Heat	4,34e+005 mJ kg^-1 C^-1
Thermal Conductivity	6,05e-002 W mm^-1 C^-1
Resistivity	1,7e-004 ohm mm

TABLE 48
Structural Steel > Color

Red	Green	Blue
132,	139,	179,

TABLE 49
Structural Steel > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength MPa
0,

TABLE 50
Structural Steel > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength MPa
250,

TABLE 51
Structural Steel > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
250,

TABLE 52
Structural Steel > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
460,

TABLE 53
Structural Steel > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion

Zero-Thermal-Strain Reference Temperature C
22,

TABLE 54
Structural Steel > S-N Curve

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999,	10,	0,
2827,	20,	0,
1896,	50,	0,
1413,	100,	0,
1069,	200,	0,
441,	2000,	0,
262,	10000	0,
214,	20000	0,
138,	1,e+005	0,
114,	2,e+005	0,
86,2	1,e+006	0,

TABLE 55
Structural Steel > Strain-Life Parameters

Strength Coefficient MPa	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient MPa	Cyclic Strain Hardening Exponent
920,	-0,106	0,213	-0,47	1000,	0,2

TABLE 56
Structural Steel > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2,e+005	0,3	1,6667e+005	76923	

TABLE 57

Structural Steel > Isotropic Relative Permeability

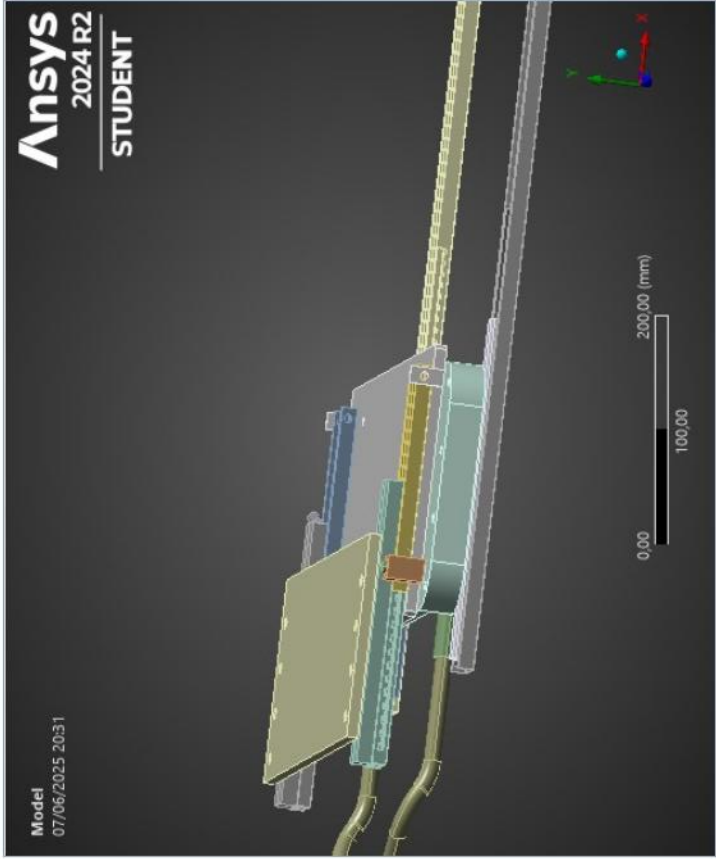
Relative Permeability
10000

ANEXO 4. Simulación ANSYS – Carga axial en asiento extendido | Ensayo 4.9.2



Project

First Saved	Thursday, May 15, 2025
Last Saved	Monday, May 19, 2025
Product Version	2024 R2
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- Units
- Model (A4)
 - Geometry Imports
 - Geometry Import (A3)
 - Geometry
 - Parts
 - Materials
 - Coordinate Systems
 - Connections
 - Contacts
 - Contact Regions
 - Mesh
 - Static Structural (A5)
 - Analysis Settings
 - Loads
 - Solution (A6)
 - Solution Information
 - Results
 - Stress Tool
 - Safety Factor
- Material Data
 - Aluminio 6061
 - Acero1045
 - Acero 6150
 - ABS

Units

TABLE 1			
Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA)	Degrees	Degrees rad/s Celsius
Angle		Degrees	
Rotational Velocity		rad/s	
Temperature		Celsius	

Model (A4)

TABLE 2			
Model (A4) > Geometry Imports			
Object Name	Geometry Imports	State	Solved
TABLE 3			
Model (A4) > Geometry Imports > Geometry Import (A3)			
Object Name	Geometry Import (A3)	State	Solved
State			
Definition			

Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFG\ansys\AsExtendido_files\dp0\SYSDM\SY.S.agdb
Type	DesignModeler
Basic Geometry Options	
Parameters	Independent
Parameter Key	
Advanced Geometry Options	
Compare Parts On Update	No
Analysis Type	3-D

Geometry

TABLE 4
Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFG\ansys\AsExtendido_files\dp0\SYSDM\SY.S.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	920,16 mm
Length Y	146,79 mm
Length Z	578,74 mm
Properties	
Volume	4,1136e+006 mm³
Mass	13,33 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	22
Active Bodies	21
Nodes	100114
Elements	48598
Mesh Metric	None
Update Options	
Assign Default Material	No
Basic Geometry Options	
Parameters	Independent
Parameter Key	
Attributes	Yes
Attribute Key	
Named Selections	Yes
Named Selection Key	
Material Properties	Yes
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	Yes
Coordinate System Key	
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	Yes

Compare Parts On Update	No
Analysis Type	3-D
Import Facet Quality	Source
Clean Bodies On Import	No
Stitch Surfaces On Import	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 5
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	UnionMecanismos	Pieza1*AjusteL ONG	Simetreda33RailArribalzq	Simetreda33RailAbajolzq	boton	Carcasa	33RailArribalzq	33RailAbajolzq	Cilindro	Palanca	BaseSuperior
State					Meshed						
Visible					Yes						
Transparency					1						
Suppressed					No						
Stiffness Behavior					Flexible						
Coordinate System					Default Coordinate System						
Reference Temperature					By Environment						
Treatment					None						
Assignment	Aluminio 6061		Acero1045		Acero 6150	ABS	Acero1045		ABS		Aluminio 6061
Nonlinear Effects					Yes						
Thermal Strain Effects					Yes						

Bounding Box

Length X	32,997 mm	180, mm	250, mm	200, mm	15, mm	20,005 mm	250, mm	200, mm	19,068 mm	312,65 mm	240, mm
Length Y	24,066 mm	11,311 mm	28,107 mm	14,138 mm	18,036 mm	32,059 mm	28,107 mm	14,138 mm	45,109 mm	36,294 mm	40,718 mm
Length Z	382,01 mm	460,03 mm	38,031 mm	40,037 mm	49,503 mm	20,089 mm	38,034 mm	40,037 mm	40,063 mm	373,02 mm	487,08 mm

Properties

Volume	5846,8 mm³	8,2172e+005 mm³	1,0183e+005 mm³	14266 mm³	1228,7 mm³	5896,5 mm³	1,0183e+005 mm³	14266 mm³	5712,9 mm³	1,5621e+005 mm³	1,2207e+006 mm³
Mass	1,5786e-002 kg	2,2186 kg	0,79933 kg	0,11198 kg	9,5841e-003 kg	6,1913e-003 kg	0,79933 kg	0,11198 kg	5,9985e-003 kg	0,42177 kg	3,296 kg
Centroid X	-278,5 mm	-382,02 mm	-363,56 mm	-239,39 mm	-321,08 mm		-363,56 mm	-239,39 mm	-236,87 mm	-488,48 mm	-238,95 mm
Centroid Y	-17,553 mm	66,132 mm	49,309 mm	36,763 mm	46,639 mm	38,253 mm	48,136 mm	35,597 mm	36,588 mm	-4,448 mm	26,153 mm
Centroid Z	294,74 mm	294,97 mm	85,056 mm	86,323 mm	530,12 mm	537,01 mm	504,79 mm	503,46 mm	41,823 mm	294,73 mm	294,46 mm
Moment of Inertia Ip1	192,26 kg·mm²	38695 kg·mm²	116,96 kg·mm²	28,442 kg·mm²	1,9291 kg·mm²	0,90359 kg·mm²	116,97 kg·mm²	28,442 kg·mm²	1,8285 kg·mm²	9541,5 kg·mm²	54118 kg·mm²
Moment of Inertia Ip2	197,07 kg·mm²	44677 kg·mm²	4439,6 kg·mm²	395,49 kg·mm²	1,7116 kg·mm²	0,62282 kg·mm²	4439,6 kg·mm²	395,49 kg·mm²	0,38801 kg·mm²	13709 kg·mm²	69429 kg·mm²
Moment of Inertia Ip3	4,8238 kg·mm²	6019, kg·mm²	4431,5 kg·mm²	372,05 kg·mm²	0,36937 kg·mm²	0,9095 kg·mm²	4431,6 kg·mm²	372,05 kg·mm²	1,5146 kg·mm²	4194,2 kg·mm²	15419 kg·mm²

Statistics

Nodes	3847	1154	10606	6746	935	858	10446	7423	1472	1978	5125
Elements	1789	135	5044	3462	367	399	4972	3817	807	905	2372
Mesh Metric					None						

TABLE 6
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	BaseSuperior	Pasador	thrust ball bearing_68_isowds_ISO 104 -	BaseGiro	RailArribalzquierda	RailArribaDerecha	RailAbajolzquierda	RailAbajoDerecha	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	BASE
-------------	--------------	---------	---	----------	---------------------	-------------------	--------------------	------------------	--------------------	------------------	------

State	744090 - B,14,SI,NC,14_68			Meshed			Suppressed		
Graphics Properties									
Visible	Yes								
Transparency	1								
Definition									
Suppressed	No								
Stiffness Behavior	Flexible								
Coordinate System	Default Coordinate System								
Reference Temperature	By Environment								
Treatment	None								
Material									
Assignment	Aluminio 6061	ABS	Aluminio 6061	Acero1045	Acero 6150	Acero1045			
Nonlinear Effects	Yes								
Thermal Strain Effects	Yes								
Bounding Box									
Length X	20, mm	80,001 mm	90,003 mm	220, mm	300, mm	700, mm	100, mm	850,01 mm	
Length Y	1,0643 mm	7,6783 mm	23,246 mm	38,167 mm	17,462 mm	14,208 mm	28,485 mm	41,657 mm	
Length Z	22,003 mm	240,47 mm	90,058 mm	485,03 mm	38,031 mm	40,037 mm	25,321 mm	550,11 mm	
Properties									
Volume	440, mm³	66676 mm³	89069 mm³	1,2842e+006 mm³	49410 mm³	47021 mm³	15412 mm³	1,8664e+007 mm³	
Mass	1,188e-003 kg	7,001e-002 kg	0,24049 kg	3,4674 kg	0,38787 kg	0,36911 kg	0,12021 kg	146,51 kg	
Centroid X	-321,07 mm	18,153 mm	-239,07 mm	-239,08 mm	-238,85 mm	-29,785 mm	-334,38 mm	-109,18 mm	
Centroid Y	21,968 mm	116,13 mm	17,653 mm	5,5143 mm	-24,383 mm	-25,557 mm	-14,91 mm	-54,177 mm	
Centroid Z	535,85 mm	116,13 mm	294,84 mm	292,35 mm	84,69 mm	82,053 mm	507,35 mm	294,64 mm	
Moment of Inertia Ip1	4,8015e-002 kg·mm²	337,16 kg·mm²	154,06 kg·mm²	85286 kg·mm²	72,71 kg·mm²	89,369 kg·mm²	11,045 kg·mm²	3,7075e+006 kg·mm²	
Moment of Inertia Ip2	8,7516e-002 kg·mm²	359,25 kg·mm²	281,65 kg·mm²	98677 kg·mm²	2977,4 kg·mm²	15051 kg·mm²	114,12 kg·mm²	1,2495e+007 kg·mm²	
Moment of Inertia Ip3	3,9699e-002 kg·mm²	22,657 kg·mm²	154,06 kg·mm²	13793 kg·mm²	2930,1 kg·mm²	14976 kg·mm²	116,45 kg·mm²	8,8269e+006 kg·mm²	
Statistics									
Nodes	315	6329	3744	5909	7683	8172	3847	0	
Elements	36	3372	1861	3101	3964	2180	1960	0	
Mesh Metric	None								

TABLE 7
Model (A4) > Materials

Object Name		Materials
State		Fully Defined
Statistics		
Materials		5
Material Assignments		0

Coordinate Systems

TABLE 8
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	Global Coordinate System
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0 _i
Origin	
Origin X	0, mm
Origin Y	0, mm
Origin Z	0, mm
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]
Transfer Properties	
Source	
Read Only	No

Connections

TABLE 9
Model (A4) > Connections

Object Name	Connections
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes
Statistics	
Contacts	48
Active Contacts	42
Joints	0
Active Joints	0
Beams	0
Active Beams	0
Bearings	0
Active Bearings	0
Springs	0
Active Springs	0
Body Interactions	0
Active Body Interactions	0

TABLE 10
Model (A4) > Connections > Contacts

Object Name	Contacts
State	Fully Defined
Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection

Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	2,7422 mm
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face-Face Angle Tolerance	75, °
Face Overlap Tolerance	Off
Cylindrical Faces	Include
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Statistics	
Connections	48
Active Connections	42

TABLE 11
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region	Contact Region 2	Contact Region 3	Contact Region 4	Contact Region 5	Contact Region 6	Contact Region 7	Contact Region 8	Contact Region 9	Contact Region 10	Contact Region 11
State											
Fully Defined											
Scope											
Geometry Selection											
Scoping Method											
Contact	4 Faces		1 Face			3 Faces		1 Face		12 Faces	5 Faces
Target	8 Faces		1 Face				3 Faces			11 Faces	1 Face
Contact Bodies				UnionMecanismos							
Target Bodies	BaseGiro	RailArribalzquierda	RailArribaDerecha	RailAbajolzquierda	RailAbajoDerecha	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	33RailArribalzq	33RailArribalzq	Simetreda33RailAbajolzq	BaseSuperior
Protected						No					
Definition											
Type						Bonded					
Scope Mode						Automatic					
Behavior						Program Controlled					
Trim						Program Controlled					
Contact											
Trim											
Tolerance						2,7422 mm					
Contact APDL											
Name											
Target APDL											
Name											
Suppressed						No					
Display											
Element Normals						No					
Advanced											

Formulation	Program Controlled
Small Sliding	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled
Geometric Modification	
Contact Geometry Correction	None
Target Geometry Correction	None

TABLE 12
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 12	Contact Region 13	Contact Region 14	Contact Region 15	Contact Region 16	Contact Region 17	Contact Region 18	Contact Region 19	Contact Region 20	Contact Region 21	Contact Region 22
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact Target	5 Faces	13 Faces	15 Faces	5 Faces	3 Faces	1 Face	12 Faces	5 Faces	1 Face	2 Faces	4 Faces
Contact Bodies	2 Faces	10 Faces	13 Faces	4 Faces	Carcasa		11 Faces	1 Face	33RailArribalzq	33RailAbajolzq	Cilindro
Target Bodies	Simetre da 33RailAbajolzq		boton								
Protected	BaseSuperior	Carcasa	33RailArribalzq	33RailAbajolzq		BaseSuperior	33RailAbajolzq			BaseSuperior	
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7422 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											
Suppressed	No										
Display											
Element Normals	No										
Advanced											
Formulation	Program Controlled										
Small Sliding	Program Controlled										
Detection Method	Program Controlled										
Penetration Tolerance	Program Controlled										
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled										
Normal Stiffness	Program Controlled										
Update Stiffness	Program Controlled										

Pinball Region	Program Controlled									
Contact Geometry Correction	Geometric Modification									
Target Geometry Correction	None									
	None									

TABLE 13
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 23	Contact Region 24	Contact Region 25	Contact Region 26	Contact Region 27	Contact Region 28	Contact Region 29	Contact Region 30	Contact Region 31	Contact Region 32	Contact Region 33
State	Fully Defined										
Scope											
Geometry Selection											
Scoping Method	1 Face	2 Faces	3 Faces		1 Face	3 Faces	7 Faces	2 Faces	16 Faces	7 Faces	1 Face
Contact	6 Faces	2 Faces	3 Faces		1 Face	5 Faces	13 Faces	3 Faces	9 Faces	3 Faces	
Target											
Contact Bodies	Cilindro		Palanca				BaseSuperior		Pasador	thrust ball bearing 68 isowds ISO 104 - 744090 - B,14,SJ,NC,14_68	BaseGiro
Target Bodies	Pasador	BaseGiro	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	BaseSuperior	Pasador	thrust ball bearing 68 isowds ISO 104 - 744090 - B,14,SJ,NC,14_68			BaseGiro	RailArribaIzquierda
Protected	No										
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7422 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											
Suppressed	No										
Display											
Element Normals	No										
Advanced											
Formulation	Program Controlled										
Small Sliding	Program Controlled										
Detection Method	Program Controlled										
Penetration Tolerance	Program Controlled										
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled										
Normal Stiffness	Program Controlled										
Update Stiffness	Program Controlled										
Pinball Region	Program Controlled										
Geometric Modification											
Contact Geometry Correction	None										
Target											

Geometry Correction	None										
TABLE 14 Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions											
Object Name	Contact Region 34	Contact Region 35	Contact Region 36	Contact Region 37	Contact Region 38	Contact Region 39	Contact Region 40	Contact Region 41	Contact Region 42	Contact Region 43	Contact Region 44
State	Fully Defined				Suppressed	Fully Defined		Suppressed	Fully Defined		Suppressed
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact Target	1 Face			16 Faces	5 Faces	6 Faces	15 Faces	5 Faces	6 Faces	4 Faces	3 Faces
Contact Bodies	3 Faces	2 Faces		12 Faces	5 Faces	No Selection	12 Faces	5 Faces	No Selection	6 Faces	No Selection
Target Bodies	RailArribaDerecha	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	RailAbajolIzquierda	RailArribaIzquierda	MecanismoIzquierda	RailAbajoDerecha	MecanismoDerecha	BASE	RailAbajolIzquierda	BASE
Protected						BASE			BASE		BASE
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										
Behavior	Program Controlled										
Trim Contact	Program Controlled										
Trim Tolerance	2,7422 mm										
Contact APDL Name											
Target APDL Name											
Suppressed	No										
Display											
Element Normals	No										
Advanced											
Formulation	Program Controlled										
Small Sliding	Program Controlled										
Detection Method	Program Controlled										
Penetration Tolerance	Program Controlled										
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled										
Normal Stiffness	Program Controlled										
Update Stiffness	Program Controlled										
Pinball Region	Program Controlled										
Geometric Modification											
Contact Geometry Correction	None										
Target Geometry Correction	None										

TABLE 15 Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions				
Object Name	Contact Region 45	Contact Region 46	Contact Region 47	Contact Region 48
State	Fully Defined	Suppressed		
Scope				

Scoping Method		Geometry Selection		
Contact	5 Faces	3 Faces		
Target	7 Faces	No Selection		
Contact Bodies	Rail/AbajoDerecha	MecanismoIzquierda	MecanismoDerecha	
Target Bodies Protected	MecanismoDerecha	BASE		
Definition				
Type	Bonded			
Scope Mode	Automatic			
Behavior	Program Controlled			
Trim Contact	Program Controlled			
Trim Tolerance	2,7422 mm			
Contact APDL Name				
Target APDL Name				
Suppressed	No			
Display				
Element Normals	No			
Advanced				
Formulation	Program Controlled			
Small Sliding	Program Controlled			
Detection Method	Program Controlled			
Penetration Tolerance	Program Controlled			
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled			
Normal Stiffness	Program Controlled			
Update Stiffness	Program Controlled			
Pinball Region	Program Controlled			
Geometric Modification				
Contact Geometry Correction	None			
Target Geometry Correction	None			

Mesh

TABLE 16
Model (A4) > Mesh

Object Name	Mesh
State	Solved
Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
Element Size	Default
Sizing	
Use Adaptive Sizing	Yes
Resolution	Default (2)
Mesh Defeaturing	Yes
Defeature Size	Default
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Initial Size Seed	Assembly
Bounding Box Diagonal	1096,9 mm
Average Surface Area	1735,7 mm²

Minimum Edge Length	3.5355e-002 mm
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
Target Element Quality	Default (5,e-002)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
Inflation Element Type	Wedges
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	Yes
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	100114
Elements	48598
Show Detailed Statistics	No

Static Structural (A5)

TABLE 17

Model (A4) > Analysis

Object Name	Static Structural (A5)
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 18

Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

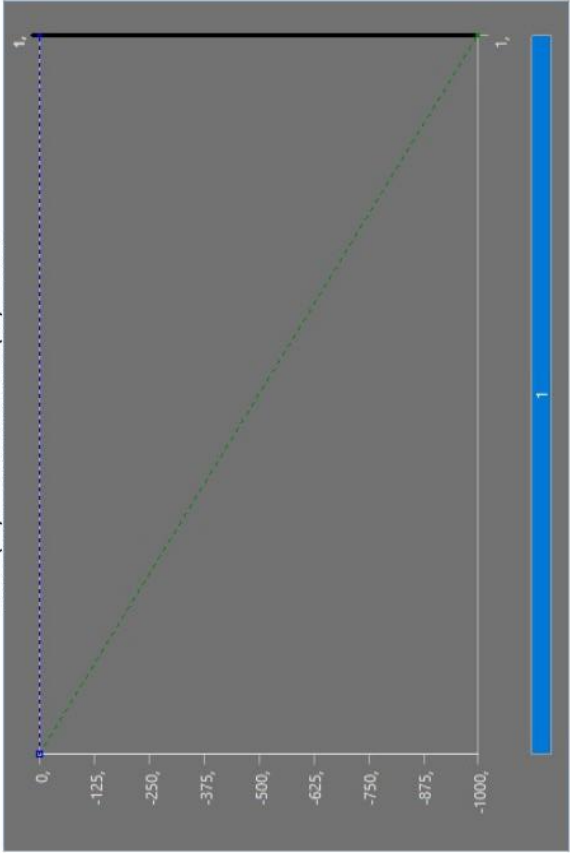
Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled

Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Quasi-Static Solution	Off
Rotordynamics Controls	
Coriolis Effect	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Combine Restart Files	Program Controlled
Nonlinear Controls	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Program Controlled
Advanced	
Inverse Option	No
Contact Split (DMP)	Program Controlled
Output Controls	
Output Selection	None
Stress	Yes
Back Stress	No
Strain	Yes
Contact Data	Yes
Nonlinear Data	No
Nodal Forces	No
Volume and Energy	Yes
Euler Angles	Yes
General Miscellaneous	No
Contact Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Result File Compression	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TFG\ansys\AsExtendido_files\dp0\SYSTEMECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Contact Summary	Program Controlled
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mm

TABLE 19		
Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads		
Object Name	Fixed Support	Force
State	Fully Defined	

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	2 Faces
Definition	
Type	Fixed Support
Suppressed	No
Define By	Components
Applied By	Surface Effect
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	0, N (ramped)
Y Component	-1000, N (ramped)
Z Component	0, N (ramped)

FIGURE 1
Model (A4) > Static Structural (A5) > Force



Solution (A6)

TABLE 20
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	Solution (A6)
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	22, s
MAPDL Memory Used	2,0527 GB

MAPDL Result File Size	36,938 MB
Post Processing	
Beam Section Results	No
On Demand Stress/Strain	No

TABLE 21
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	Solution Information	
State	Solved	
Solution Information		
Solution Output	Solver Output	
Newton-Raphson Residuals	0	
Identify Element Violations	0	
Update Interval	2,5 s	
Display Points	All	
FE Connection Visibility		
Activate Visibility	Yes	
Display	All FE Connectors	
Draw Connections Attached To	All Nodes	
Line Color	Connection Type	
Visible on Results	No	
Line Thickness	Single	
Display Type	Lines	

TABLE 22
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time	Time
Display Time	Last	No
Separate Data by Entity		No
Calculate Time History		Yes
Identifier		
Suppressed		No
Results		
Minimum	0, mm	7,5949e-010 MPa
Maximum	0,73892 mm	477,29 MPa
Average	7,7763e-002 mm	4,434 MPa
Minimum Occurs On	RailAbajolzuierda	
Maximum Occurs On	Pieza1^AjusteLONG	Simetreda33RailArribalzq
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	
Integration Point Results		
Display Option	Averaged	
Average Across Bodies	No	

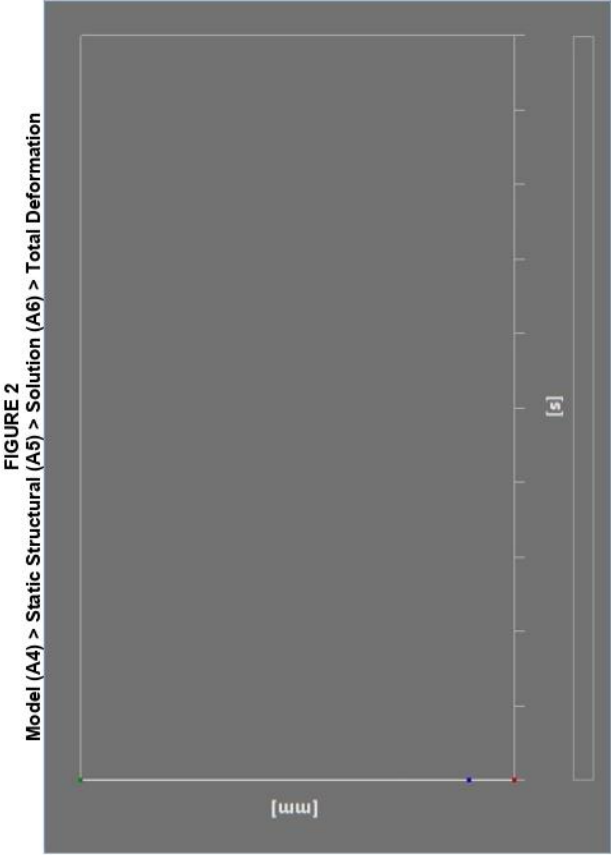


TABLE 23
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

Time [s]	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Average [mm]
1,	0,	0,73892	7,7763e-002

FIGURE 3
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

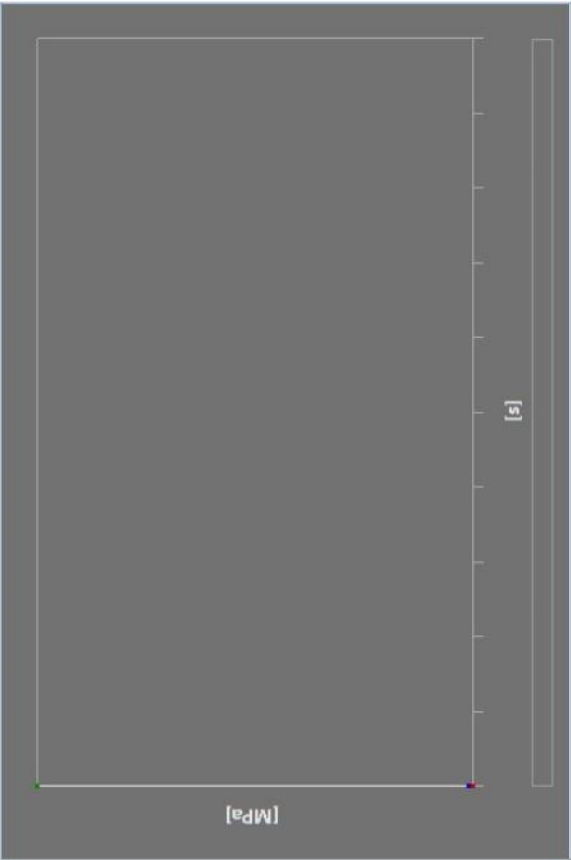


TABLE 24

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]	Average [MPa]
1,	7,5949e-010	477,29	4,434

TABLE 25

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Safety Tools

Object Name	Stress Tool
State	Solved
Definition	
Theory	Max Equivalent Stress
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material

TABLE 26

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Results

Object Name	Safety Factor
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Separate Data by Entity	No
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	

Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	0.6495
Minimum Occurs On	Simetreda33RailArribalzq
Information	
Time	1, s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

FIGURE 4
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

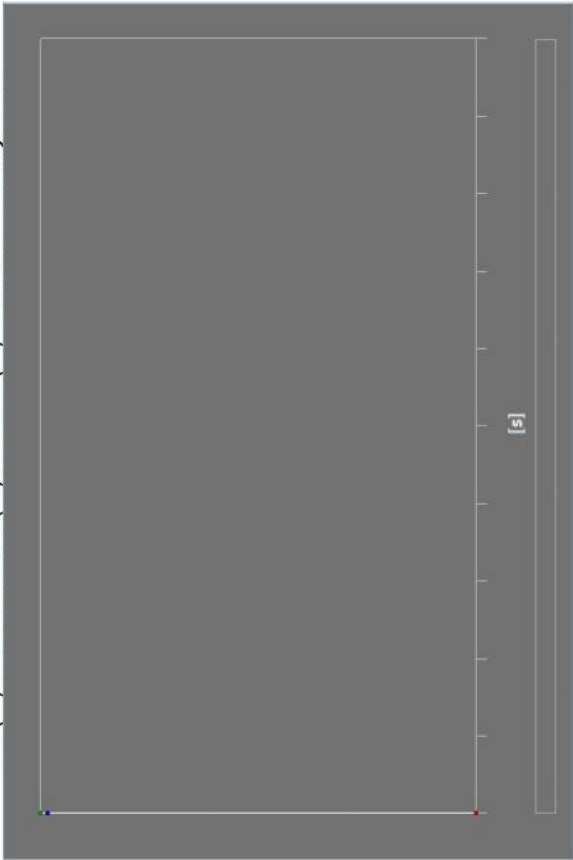


TABLE 27
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

Time [s]	Minimum	Maximum	Average
1,	0,6495	15,	14,788

Material Data

Aluminio 6061

TABLE 28	
Aluminio 6061 > Constants	
Density	2,7e-006 kg mm [^] -3

TABLE 29	
Aluminio 6061 > Isotropic Elasticity	

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
69000	0,33	67647	25940	

TABLE 30
Aluminio 6061 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
258,

TABLE 31
Aluminio 6061 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
300,

TABLE 32
Aluminio 6061 > Color

Red	Green	Blue
76,	186,	255,

Acero1045

TABLE 33
Acero1045 > Constants
Density 7,85e-006 kg mm^-3

TABLE 34
Acero1045 > Color
Red Green Blue
255, 95, 56,

TABLE 35
Acero1045 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
565,

TABLE 36
Acero1045 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
310,

TABLE 37
Acero1045 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2,1e+005	0,3	1,75e+005	80769	22,

Acero 6150

TABLE 38
Acero 6150 > Constants
Density 7,8e-006 kg mm^-3

TABLE 39
Acero 6150 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C

2,05e+005	0,3	1,7083e+005	78846
-----------	-----	-------------	-------

TABLE 40
Acero 6150 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
1000,

TABLE 41
Acero 6150 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
1145,

TABLE 42
Acero 6150 > Color

Red	Green	Blue
251,	43,	255,

ABS

TABLE 43
ABS > Constants

Density
1,05e-006 kg mm^-3

TABLE 44
ABS > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2100,	0,37	2692,3	766,42	

TABLE 45
ABS > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
32,

TABLE 46
ABS > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
41,

TABLE 47
ABS > Color

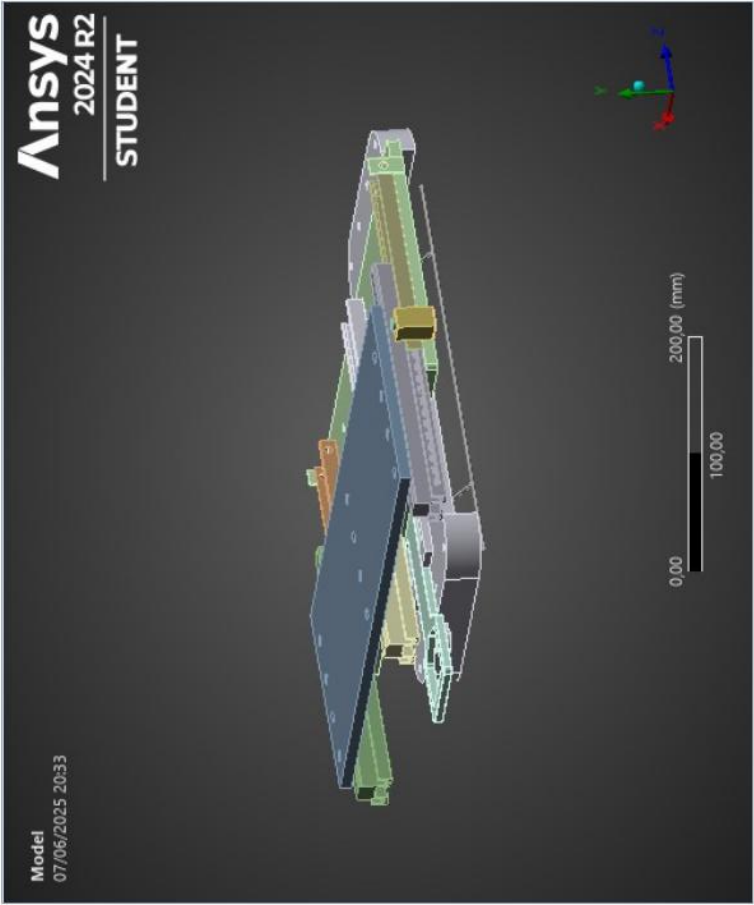
Red	Green	Blue
184,	255,	86,

ANEXO 5. Simulación ANSYS – Carga axial en asiento girado | Ensayo 4.9.2.4



Project

First Saved	Thursday, May 15, 2025
Last Saved	Monday, May 19, 2025
Product Version	2024 R2
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- Units
- Model (A4)
 - Geometry Imports
 - Geometry Import (A3)
 - Geometry
 - Parts
 - Materials
 - Coordinate Systems
 - Connections
 - Contacts
 - Contact Regions
 - Mesh
 - Static Structural (A5)
 - Analysis Settings
 - Loads
 - Solution (A6)
 - Solution Information
 - Results
 - Stress Tool
 - Safety Factor
- Material Data
 - Aluminio 6061
 - Acero1045
 - Acero 6150
 - ABS

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA)	Degrees	rad/s	Celsius
Angle		Degrees		
Rotational Velocity		rad/s		
Temperature		Celsius		

Model (A4)

TABLE 2

Model (A4) > Geometry Imports

Object Name	Geometry Imports
State	Solved

TABLE 3

Model (A4) > Geometry Imports > Geometry Import (A3)

Object Name	Geometry Import (A3)	
State	Solved	
Definition		
Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4° ing\TFGI\ansys\GiradoSalido_files\dp0\SYSDM\SYS.agdb	
Type	DesignModeler	
Basic Geometry Options		
Parameters	Independent	
Parameter Key		
Advanced Geometry Options		
Compare Parts On Update	No	
Analysis Type	3-D	

Geometry

TABLE 4
Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry	
State	Fully Defined	
Definition		
Source	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4° ing\TFGI\ansys\GiradoSalido_files\dp0\SYSDM\SYS.agdb	
Type	DesignModeler	
Length Unit	Meters	
Element Control	Program Controlled	
Display Style	Body Color	
Bounding Box		
Length X	920,16 mm	
Length Y	146,84 mm	
Length Z	578,74 mm	
Properties		
Volume	3,8196e+006 mm³	
Mass	11,338 kg	
Scale Factor Value	1,	
Statistics		
Bodies	24	
Active Bodies	16	
Nodes	85842	
Elements	41918	
Mesh Metric	None	
Update Options		
Assign Default Material	No	
Basic Geometry Options		
Parameters	Independent	
Parameter Key		
Attributes	Yes	
Attribute Key		
Named Selections	Yes	
Named Selection Key		
Material Properties	Yes	
Advanced Geometry Options		
Use Associativity	Yes	

Coordinate Systems	Coordinate System Key	Yes
	Reader Mode Saves Updated File	No
	Use Instances	Yes
	Smart CAD Update	Yes
	Compare Parts On Update	No
	Analysis Type	3-D
	Import Facet Quality	Source
	Clean Bodies On Import	No
	Stitch Surfaces On Import	None
	Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing		Yes

TABLE 5
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	33RailAbajoMedio	RailArribaMedio	UnionMecanismos	Piezas1^AjusteLONG	Simetreda33RailArribaIzq	Simetreda33RailAbajoIzq	boton	Carcasa	33RailArribaIzq	33RailAbajoIzq	Cilindro
State	Meshed										
Graphics Properties											
Visible	Yes										
Transparency	1										
Definition											
Suppressed	No										
Stiffness Behavior	Flexible										
Coordinate System	Default Coordinate System										
Reference Temperature	By Environment										
Treatment	None										
Material											
Assignment	Aluminio 6061			Acero1045			Acero 6150	ABS	Acero1045		ABS
Nonlinear Effects	Yes										
Thermal Strain Effects	Yes										
Bounding Box											
Length X	40,002 mm	38,002 mm	32,997 mm	460, mm	38,002 mm	40,002 mm	49,5 mm	20,005 mm	38,002 mm	40,002 mm	19,068 mm
Length Y	14,564 mm	28,562 mm	24,066 mm	10,568 mm	28,702 mm	14,564 mm	18,036 mm	32,059 mm	28,702 mm	14,564 mm	45,109 mm
Length Z	200,04 mm	200,08 mm	382,01 mm	180,03 mm	250,08 mm	200,04 mm	15,003 mm	20,089 mm	250,08 mm	200,04 mm	40,063 mm
Properties											
Volume	15573 mm³	82676 mm³	5846,8 mm³	8,1858e+005 mm³	97208 mm³	14266 mm³	1228,7 mm³	5896,5 mm³	97208 mm³	14266 mm³	5712,9 mm³
Mass	4,2046e-002 kg	0,22323 kg	1,5786e-002 kg	2,2102 kg	0,76308 kg	0,11198 kg	9,5841e-003 kg	6,1913e-003 kg	0,76308 kg	0,11198 kg	5,9985e-003 kg
Centroid X	-239,08 mm	-238,99 mm	-278,5 mm	-239,08 mm	-29,215 mm	-30,509 mm	-474,28 mm	-481,19 mm	-448,94 mm	-447,64 mm	8,1342 mm
Centroid Y	36,897 mm	48,869 mm	-17,553 mm	66,551 mm	49,581 mm	36,21 mm	47,129 mm	39,136 mm	49,522 mm	36,151 mm	35,938 mm

Centroid Z	294,89 mm	142,06 mm	294,74 mm	152,22 mm	166,01 mm	294,58 mm	212,92 mm	212,9 mm	166,01 mm	294,58 mm	286,82 mm
Moment of Inertia Ip1	141,29 kg·mm²	776,72 kg·mm²	192,26 kg·mm²	6001,2 kg·mm²	4066,4 kg·mm²	372,05 kg·mm²	0,36938 kg·mm²	0,9095 kg·mm²	4066,3 kg·mm²	372,05 kg·mm²	1,8285 kg·mm²
Moment of Inertia Ip2	150,12 kg·mm²	781,28 kg·mm²	197,07 kg·mm²	44659 kg·mm²	4077,9 kg·mm²	395,49 kg·mm²	1,7116 kg·mm²	0,62282 kg·mm²	4077,9 kg·mm²	395,49 kg·mm²	0,38801 kg·mm²
Moment of Inertia Ip3	11,11 kg·mm²	35,03 kg·mm²	4,8238 kg·mm²	38695 kg·mm²	111,79 kg·mm²	28,442 kg·mm²	1,9291 kg·mm²	0,90359 kg·mm²	111,79 kg·mm²	28,442 kg·mm²	1,5146 kg·mm²
Statistics											
Nodes	9029	7623	4390	2364	12444	6316	773	496	12440	6318	1199
Elements	4630	3969	2013	296	5951	3154	297	223	6009	3226	659
Mesh Metric	None										

TABLE 6
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	Palanca	BaseSuperior	BaseSuperior	Pasador	bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B, 14, SI, NC, 14_68	BaseGiro	RailArribaIzquierda	RailArribaDerecha	RailAbajoIzquierda	RailAbajoDerecha	MecanismoIzquierda	
State	Suppressed	Meshed									Suppressed	
Graphics Properties												
Visible	No	Yes				No						
Transparency	1											
Definition												
Suppressed	Yes	No				Yes						
Stiffness Behavior	Flexible											
Coordinate System	Default Coordinate System											
Reference Temperature	By Environment											
Treatment	None											
Material												
Assignment	Aluminio 6061	ABS	Aluminio 6061				Acero1045					Acero 6150
Nonlinear Effects	Yes											
Thermal Strain Effects	Yes											
Bounding Box												
Length X	312,65 mm	487 , mm	22, mm	80,001 mm	90,003 mm	220, mm	300, mm	700, mm	100, mm			
Length Y	36,294 mm	39,857 mm	1,059 mm	7,6783 mm	23,246 mm	38,167 mm	17,462 mm	14,208 mm	28,485 mm			
Length Z	373,02 mm	240,03 mm	20,003 mm	240,47 mm	90,058 mm	485,03 mm	38,031 mm	40,037 mm	25,321 mm			
Properties												
Volume	1,5621e+005 mm³	1,2207e+006 mm³	440, mm³	66676 mm³	89069 mm³	1,2842e+006 mm³	49410 mm³	47021 mm³	15412 mm³			
Mass	0,42177 kg	3,296 kg	1,188e-003 kg	7,001e-002 kg	0,24049 kg	3,4674 kg	0,38787 kg	0,36911 kg	0,12021 kg			
Centroid X	-488,48 mm	-238,67 mm	-480,07 mm		-239,07 mm	-239,08 mm	-238,85 mm	-40,503 mm	-334,38 mm			
Centroid Y	-4,448 mm	26,152 mm	22,848 mm	18,153	17,653 mm	5,5143 mm	-24,383 mm	-25,557 mm	-30,974 mm	-14,91 mm		

Centroid Z	294,73 mm	294,98 mm	212,85 mm	mm	294,84 mm	292,35 mm	84,69 mm	504,75 mm	82,053 mm	507,35 mm	114,96 mm
Moment of Inertia Ip1	9541,5 kg·mm²	15419 kg·mm²	3,9699e-002 kg·mm²	337,16 kg·mm²	154,06 kg·mm²	85286 kg·mm²	72,71 kg·mm²	72,713 kg·mm²	89,369 kg·mm²		11,045 kg·mm²
Moment of Inertia Ip2	13709 kg·mm²	69429 kg·mm²	8,7516e-002 kg·mm²	359,25 kg·mm²	281,65 kg·mm²	98677 kg·mm²	2977,3 kg·mm²	2977,4 kg·mm²	15051 kg·mm²	15052 kg·mm²	114,15 kg·mm²
Moment of Inertia Ip3	4194,2 kg·mm²	54118 kg·mm²	4,8015e-002 kg·mm²	22,657 kg·mm²	154,06 kg·mm²	13793 kg·mm²	2930,1 kg·mm²	2930,2 kg·mm²	14976 kg·mm²	14978 kg·mm²	116,48 kg·mm²
Statistics											
Nodes	0	5357	32	6463	3663	6935			0		
Elements	0	2480	2	3433	1893	3683			0		
Mesh Metric	None										

TABLE 7
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	MecanismoDerecha	BASE
State	Suppressed	
Graphics Properties		
Visible	No	
Transparency	1	
Definition		
Suppressed	Yes	
Stiffness Behavior	Flexible	
Coordinate System	Default Coordinate System	
Reference Temperature	By Environment	
Treatment	None	
Material		
Assignment	Acero 6150	Aluminio 6061
Nonlinear Effects	Yes	
Thermal Strain Effects	Yes	
Bounding Box		
Length X	100, mm	850,01 mm
Length Y	28,544 mm	41,657 mm
Length Z	25,293 mm	550,11 mm
Properties		
Volume	15412 mm³	1,8664e+007 mm³
Mass	0,12021 kg	50,392 kg
Centroid X	-334,38 mm	-109,18 mm
Centroid Y	-15,917 mm	-54,177 mm
Centroid Z	474,54 mm	294,64 mm
Moment of Inertia Ip1	11,043 kg·mm²	1,2752e+006 kg·mm²
Moment of Inertia Ip2	114,12 kg·mm²	4,2978e+006 kg·mm²
Moment of Inertia Ip3	116,45 kg·mm²	3,036e+006 kg·mm²
Statistics		
Nodes	0	
Elements	0	
Mesh Metric	None	

TABLE 8
Model (A4) > Materials

Object Name	Materials
State	Fully Defined
Statistics	
Materials	5
Material Assignments	0

Coordinate Systems

TABLE 9
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	Global Coordinate System
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, mm
Origin Y	0, mm
Origin Z	0, mm
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]
Transfer Properties	
Source	
Read Only	No

Connections

TABLE 10
Model (A4) > Connections

Object Name	Connections
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes
Statistics	
Contacts	26
Active Contacts	26
Joints	0
Active Joints	0
Beams	0
Active Beams	0
Bearings	0
Active Bearings	0
Springs	0
Active Springs	0
Body Interactions	0

Active Body Interactions | 0

TABLE 11

Model (A4) > Connections > Contacts

Object Name	Contacts
State	Fully Defined
Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0.
Tolerance Value	2,7423 mm
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face-Face Angle Tolerance	75.°
Face Overlap Tolerance	Off
Cylindrical Faces	Include
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Statistics	
Connections	26
Active Connections	26

TABLE 12

Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 31	Contact Region 32	Contact Region 33	Contact Region 34	Contact Region 36	Contact Region 37	Contact Region 41	Contact Region 52	Contact Region 59	Contact Region 60	Contact Region 61
State	Fully Defined										
Scope											
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact	15 Faces	3 Faces		6 Faces	4 Faces	1 Face		13 Faces	6 Faces	5 Faces	13 Faces
Target	16 Faces	1 Face			8 Faces	3 Faces		11 Faces	1 Face	2 Faces	10 Faces
Contact Bodies	33RailAbajoMedio		RailArribaMedio		UnionMecanismos	Pieza1^Ajustel.ONG		Simetreda33RailArribaIzq		Simetreda33RailAbajolizq	boton
Target Bodies	RailArribaMedio	BaseSuperior	Pieza1^AjusteLONG	BaseSuperior	BaseGiro	Simetreda33RailArribaIzq	33RailArribaIzq	Simetreda33RailAbajolizq		BaseSuperior	Carcasa
Protected	No										
Definition											
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										

Behavior	Program Controlled
Trim Contact	Program Controlled
Trim	
Tolerance	2,7423 mm
Contact	
APDL Name	
Target	
APDL Name	
Suppressed	No
	Display
Element	No
Normals	
	Advanced
Formulation	Program Controlled
Small Sliding	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled
	Geometric Modification
Contact Geometry Correction	None
Target Geometry Correction	None

TABLE 13

Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 62	Contact Region 63	Contact Region 64	Contact Region 65	Contact Region 66	Contact Region 67	Contact Region 68	Contact Region 69	Contact Region 70	Contact Region 71	Contact Region 72
State	Fully Defined										
	Scope										
Scoping Method	Geometry Selection										
Contact	15 Faces	5 Faces		1 Face		14 Faces	6 Faces	5 Faces	4 Faces	1 Face	3 Faces
Target	13 Faces	4 Faces	3 Faces		1 Face	12 Faces	1 Face	2 Faces	2 Faces	1 Face	3 Faces
Contact Bodies		boton		Carcasa		33RailArribalzq	33RailArribalzq	33RailAbajolzq	Cilindro	BaseSuperior	3 Faces
Target Bodies	33RailArribalzq	33RailAbajolzq			BaseSuperior	33RailAbajolzq			BaseSuperior		Pasador
Protected						No					
	Definition										
Type	Bonded										
Scope Mode	Automatic										

Behavior	Program Controlled
Trim Contact	Program Controlled
Trim Tolerance	2,7423 mm
Contact APDL Name	
Target APDL Name	
Suppressed	No
Element Normals	No
Formulation	Program Controlled
Small Sliding	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled
Geometric Modification	
Contact Geometry Correction	None
Target Geometry Correction	None

TABLE 14
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	Contact Region 73	Contact Region 74	Contact Region 75	Contact Region 76
State	Fully Defined			
Scoping Method	Scope			
Contact Target	Geometry Selection			
Contact Bodies	7 Faces	2 Faces	16 Faces	7 Faces
	13 Faces	3 Faces	9 Faces	3 Faces
Target Bodies	BaseSuperior			
Protected	thrust ball bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B, 14, SI, NC, 14_68	Pasador	thrust ball bearing_68_isowds_ISO 104 - 744090 - B, 14, SI, NC, 14_68	
No				BaseGiro
Type	Definition			
Scope Mode	Bonded			
Behavior	Automatic			
Trim Contact	Program Controlled			
Trim Tolerance	Program Controlled			
Contact APDL Name	2,7423 mm			
Target APDL Name				
Suppressed	No			
Element Normals	Display			
Formulation	No			
Small Sliding	Advanced			
Detection Method	Program Controlled			
Penetration Tolerance	Program Controlled			

Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled
Geometric Modification	
Contact Geometry Correction	None
Target Geometry Correction	None

Mesh

TABLE 15 Model (A4) > Mesh		
Object Name	Mesh	Solved
State		
Display		
Display Style	Use Geometry Setting	
Defaults		
Physics Preference	Mechanical	
Element Order	Program Controlled	
Element Size	20, mm	
Sizing		
Use Adaptive Sizing	Yes	
Resolution	2	
Mesh Defeaturing	Yes	
Defeature Size	Default	
Transition	Fast	
Span Angle Center	Coarse	
Initial Size Seed	Part	
Bounding Box Diagonal	1096,9 mm	
Average Surface Area	1676,6 mm²	
Minimum Edge Length	3,5355e-002 mm	
Quality		
Check Mesh Quality	Yes, Errors	
Error Limits	Aggressive Mechanical	
Target Element Quality	Default (5,e-002)	
Smoothing	Medium	
Mesh Metric	None	
Inflation		
Use Automatic Inflation	None	
Inflation Option	Smooth Transition	
Transition Ratio	0,272	
Maximum Layers	5	
Growth Rate	1,2	
Inflation Algorithm	Pre	
Inflation Element Type	Wedges	
View Advanced Options	No	
Advanced		
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled	
Straight Sided Elements	No	
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced	

Static Structural (A5)

Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	Yes
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	85842
Elements	41918
Show Detailed Statistics	No

TABLE 16
Model (A4) > Analysis

Object Name	Static Structural (A5)
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 17
Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

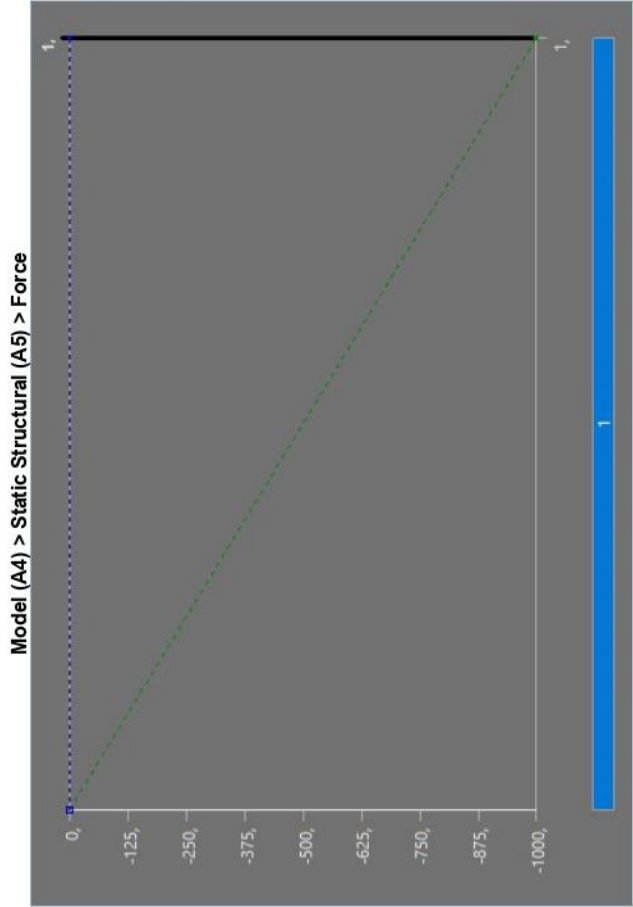
Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Quasi-Static Solution	Off
Rotordynamics Controls	
Coriolis Effect	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Combine Restart Files	Program Controlled
Nonlinear Controls	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled

Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Program Controlled
Advanced	
Inverse Option	No
Contact Split (DMP)	Program Controlled
Output Controls	
Output Selection	None
Stress	Yes
Back Stress	No
Strain	Yes
Contact Data	Yes
Nonlinear Data	No
Nodal Forces	No
Volume and Energy	Yes
Euler Angles	Yes
General Miscellaneous	No
Contact Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Result File Compression	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\alomp\OneDrive\Escritorio\4º ing\TF\Giansys\GiradoSalido_files\dp0\SYSTEMECHA
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Contact Summary	Program Controlled
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mm

TABLE 18
Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads

Object Name	Fixed Support	Force
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	2 Faces	1 Face
Definition		
Type	Fixed Support	Force
Suppressed	No	
Define By		Components
Applied By		Surface Effect
Coordinate System		Global Coordinate System
X Component		0, N (ramped)
Y Component		-1000, N (ramped)
Z Component		0, N (ramped)

FIGURE 1



Solution (A6)

TABLE 19
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	Solution (A6)	
	State	Solved
Adaptive Mesh Refinement		
Max Refinement Loops	1,	
Refinement Depth	2,	
Information		
Status	Done	
MAPDL Elapsed Time	12, s	
MAPDL Memory Used	1,6191 GB	
MAPDL Result File Size	31,063 MB	
Post Processing		
Beam Section Results	No	
On Demand Stress/Strain	No	

TABLE 20
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	Solution Information	
	State	Solved
Solution Information		
Solution Output	Solver Output	

Newton-Raphson Residuals	0
Identify Element Violations	0
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 21
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Separate Data by Entity	No	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Results		
Minimum	0, mm	1,5561e-010 MPa
Maximum	0,26501 mm	89,815 MPa
Average	6,2836e-002 mm	1,5814 MPa
Minimum Occurs On	BaseGiro	Cilindro
Maximum Occurs On	Simetreda33RailArribalzq	
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	
Integration Point Results		
Display Option		Averaged
Average Across Bodies		No

FIGURE 2
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

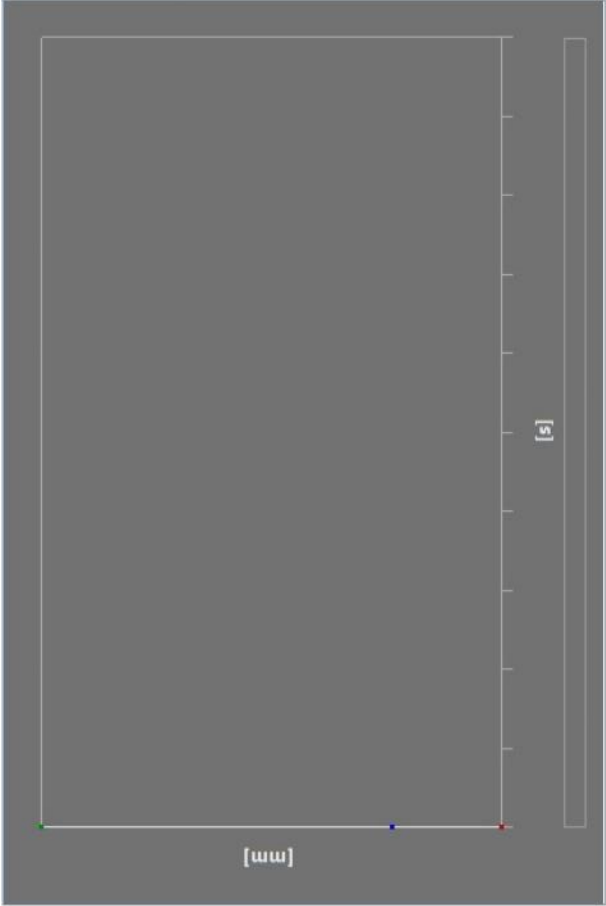


TABLE 22
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

Time [s]	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Average [mm]
1.	0.	0,26501	6,2836e-002

FIGURE 3
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

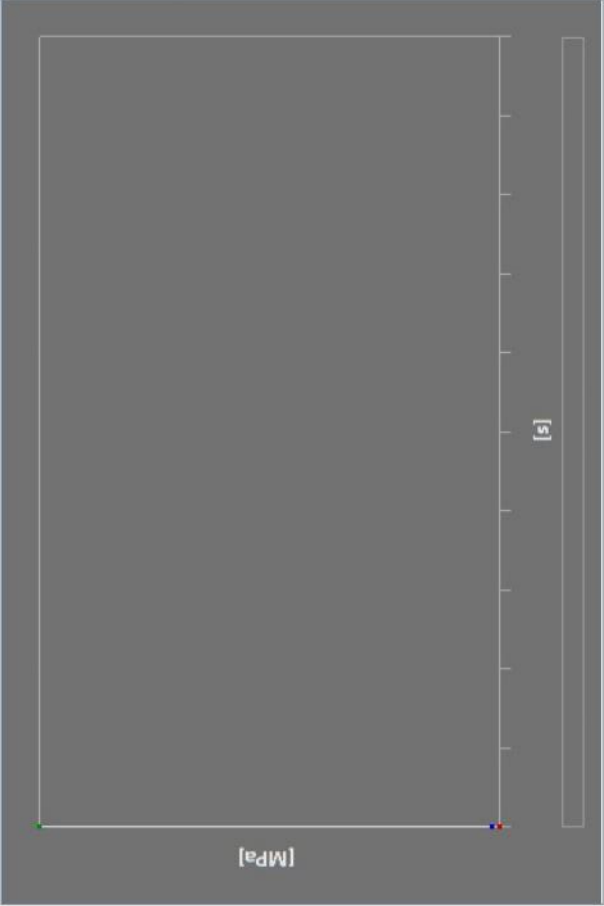


TABLE 23

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]	Average [MPa]
1,	1,5561e-010	89,815	1,5814

TABLE 24

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Safety Tools

Object Name	Stress Tool
State	Solved
Definition	
Theory	Max Equivalent Stress
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material

TABLE 25

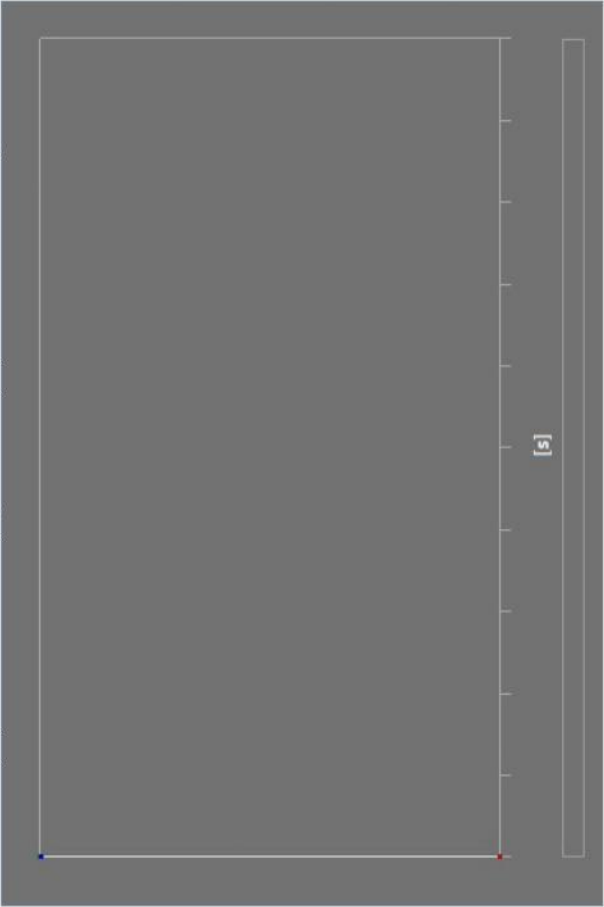
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Results

Object Name	Safety Factor
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Separate Data by Entity	No
Calculate Time History	Yes

Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	3,4515
Minimum Occurs On	Simetreda33RailArribalzq
Information	
Time	1, s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

FIGURE 4



Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Tool > Safety Factor

TABLE 26

Time [s]	Minimum	Maximum	Average
1,	3,4515	15,	14,973

Material Data

Aluminio 6061

TABLE 27

Aluminio 6061 > Constants

Density	2,7e-006 kg mm^-3
---------	-------------------

TABLE 28

Aluminio 6061 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
69000	0,33	67647	25940	

TABLE 29

Aluminio 6061 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
258,

TABLE 30

Aluminio 6061 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
300,

TABLE 31

Aluminio 6061 > Color

Red	Green	Blue
76,	186,	255,

Acero 1045

TABLE 32

Acero 1045 > Constants

Density	7,85e-006 kg mm^-3
---------	--------------------

TABLE 33

Acero 1045 > Color

Red	Green	Blue
255,	95,	56,

TABLE 34

Acero 1045 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
565,

TABLE 35

Acero 1045 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
310,

TABLE 36

Acero 1045 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2,1e+005	0,3	1,75e+005	80769	22,

Acero 6150

TABLE 37
Acero 6150 > Constants
Density 7,8e-006 kg mm^-3

TABLE 38
Acero 6150 > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2,05e+005	0,3	1,7083e+005	78846	

TABLE 39
Acero 6150 > Tensile Yield Strength
Tensile Yield Strength MPa
1000,

TABLE 40
Acero 6150 > Tensile Ultimate Strength
Tensile Ultimate Strength MPa
1145,

TABLE 41
Acero 6150 > Color
Red Green Blue
251, 43, 255,

ABS

TABLE 42
ABS > Constants
Density 1,05e-006 kg mm^-3

TABLE 43
ABS > Isotropic Elasticity

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa	Temperature C
2100,	0,37	2692,3	766,42	

TABLE 44
ABS > Tensile Yield Strength
Tensile Yield Strength MPa
32,

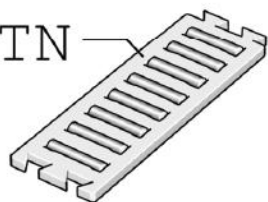
TABLE 45
ABS > Tensile Ultimate Strength
Tensile Ultimate Strength MPa
41,

TABLE 46
ABS > Color
Red Green Blue
184, 255, 86,

ANEXO 6. Datasheet Jaula plana de rodillos FF2010-0-2



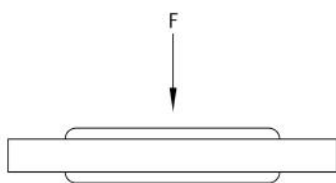
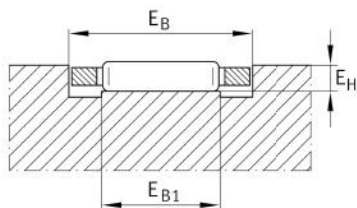
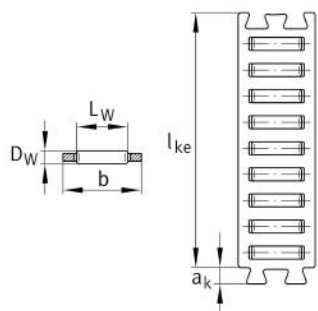
TN

**FF2010**

Jaula plana de agujas

flat cage, single row

Información técnica



Variante de su producto actual

Size code 2010

Rolling element sort 0-2

Medidas principales y datos de rendimiento

l_{ke}	32 mm	Length
D_W	2 mm	Rolling element diameter
b	10 mm	
C	21.300 N	Load capacity dyn.
C_0	61.900 N	Load capacity stat.
m	2 g	Peso

Medidas de montaje

E_B	10,3 mm	
Tol E_B	+ 0,2 mm	Tolerance
E_{B1}	7 mm	Min.
E_H	1,7 mm	

Medidas

L_W	6,8 mm	Length rolling element
a_k	2 mm	

Información adicional

Z_e	7	Number of rolling elements per row
-------	---	------------------------------------

BIBLIOGRAFÍA

ASPAYM. (s.f.). La movilidad reducida, primera causa de discapacidad en España. Comunicación ASPAYM. <https://www.aspaym.org/la-movilidad-reducida-primera-causa-de-discapacidad-en-espana/>

Agencia Estatal de Seguridad Aérea. (s.f.). ¿Qué se entiende por persona con movilidad reducida (PMR)? <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/derechos-de-los-pasajeros/personas-con-movilidad-reducida-pmr/que-se-entende-por-persona-con-movilidad-reducida-pmr>

Solidaridad Intergeneracional. (s.f.). En España existen 2,63 millones de personas mayores con discapacidad. <https://solidaridadintergeneracional.es/wp/en-espana-existen-263-millones-de-personas-mayores-con-discapacidad/>

Instituto Nacional de Estadística (INE). (s.f.). Discapacidad según grupo de edad y sexo. https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=1488#_tabs-tabla

Europer. (2021). Información técnica SAE 1045. <https://europer.cl/wp-content/uploads/2021/10/INFORMACION-TECNICA-SAE-1045.pdf>

Acero MAFE. (s.f.). Acero 1045: características y usos. https://www.aceromafe.com/acero-1045-caracteristicas-usos/#Caracteristicas_del_acero_1045

Abrams Industries. (s.f.). Acero 1045. <https://mx.abrams-industries.com/aceros/acero-grado-herramienta/1045>

Acavisa Industrial. (2020). Acero AISI 1045 – V2. <https://acavisaindustrial.com/wp-content/uploads/2020/08/Acero-AISI-1045-V2.pdf>

Alloys International. (s.f.). AISI 6150 Steel, normalized, 13 mm (0.5 in.) round.
<https://alloysintl.com/es/inventory/alloys-steels-supplier/alloy-steel-6150/>

Alloys International. (s.f.). Aluminio 6061.
<https://alloysintl.com/es/inventory/aluminum-alloys-supplier/aluminum-6061/>

Coppermetal. (s.f.). Aluminio 6061: propiedades y aplicaciones.
<https://www.coppermetal.com.br/es/blog/aluminio-6061/>

Plastico.com. (s.f.). Guía completa del plástico ABS: propiedades y aplicaciones.
<https://www.plastico.com/es/noticias/guia-completa-del-plastico-abs-propiedades-y-aplicaciones>

Grupo Billingham. (s.f.). ¿Qué es el acrilonitrilo butadieno estireno?
<https://www.grupobillingham.com/blog/que-es-el-acrilonitrilo-butadieno-estireno/>

Linseis. (s.f.). Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS): una mirada en profundidad.
<https://www.linseis.com/es/wiki-es/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs-una-mirada-en-profundidad/>

Alveo3D. (s.f.). ¿Es tóxico el plástico ABS? <https://www.alveo3d.com/es/plastico-abs-toxico/>

Proto&Go. (s.f.). Materiales – ABS. <https://protoandgo.com/materiales/abs/>

Ensinger. (s.f.). TECARAN ABS Grey – Ensinger.
<https://www.ensingerplastics.com/es-es/semielaborados/plastico/tecaran-abs-grey>

Steelsino. (s.f.). Acero AISI – DIN CR 322. <https://www.steelsino.com/es/aisi--steel--din-cr-322.html>

Tu Teórica. (s.f.). La física de las colisiones y los accidentes de tránsito: Cómo minimizar el impacto. <https://tutorica.com/blog/los-siniestros-viales-y-la-fisica#:~:text=Para%20evitar%20sufrir%20graves%20lesiones%20en%20caso%20de,de%20seguridad%20pasiva:%20estructuras%20deformables,%20cintur%C3%B3n,%20airbag,%20etc.>

Tu Teórica. (s.f.). El asiento del vehículo – Diccionario vial. <https://tutorica.com/blog/el-asiento-del-vehiculo-diccionario-vial/>

Naciones Unidas - CEPE. (2023). Reglamento N° 17: Prescripciones uniformes sobre la homologación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a sus anclajes y a los apoyacabezas [PDF]. Diario Oficial de la Unión Europea, L 62, 1–36. [https://unece.org/status-1958-agreement-and-annexed-regulations:contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://unece.org/status-1958-agreement-and-annexed-regulations:contentReference[oaicite:0]{index=0})

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2021). Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y Situaciones de Dependencia (EDAD). Principales resultados. Año 2020 [Informe PDF]. https://www.ine.es/prensa/edad_2020_p.pdf

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2023). Base de datos de personas con discapacidad [Informe PDF]. https://www.ine.es/prensa/bdepcd_2023.pdf

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). Base de datos de personas con discapacidad [Informe PDF]. https://www.ine.es/prensa/bdepcd_2022.pdf

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2021). Base de datos de personas con discapacidad [Informe PDF]. https://www.ine.es/prensa/bdepcd_2021.pdf

Instituto Nacional de Estadística (INE), Ministerio de Sanidad y Política Social, Fundación ONCE, CERMI y FEAPS. (2008). Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD-2008) [Informe PDF]. https://www.ine.es/prensa/edad_2008.pdf

Boletín Oficial del Estado. (1986). Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos. BOE-A-1986-26182-consolidado [Archivo PDF]. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1986/BOE-A-1986-26182-consolidado.pdf2>

Boletín Oficial del Estado. (2009). Real Decreto 818/2009, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores. BOE-A-2009-9481 [Archivo PDF]. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2009/BOE-A-2009-9481-consolidado.pdf3>

Unión Europea. (2009). Reglamento (CE) n.º 661/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre los requisitos de homologación para la seguridad general de los vehículos de motor. CELEX_32009R0661_ES_TXT [Archivo PDF]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R06614>

Unión Europea. (s.f.). eur-lex.europa.eu [Archivo PDF]. <https://eur-lex.europa.eu/>

Comisión Europea. (2025). Reglamento de Ejecución (UE) 2025/393 de la Comisión, de 27 de febrero de 2025, relativo a la investigación antidumping sobre las importaciones de resinas epoxídicas. L00001-00065 [Archivo PDF]. <https://www.boe.es/doue/2025/393/L00001-00065.pdf>

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2022). Manual de Reformas de Vehículos. Revisión 7ª [Archivo PDF]. <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/vehiculos/Documents/Manual%20de%20Reformas%20de%20Veh%C3%ADculos%20Revisi%C3%B3n%207.pdf>

Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas. (2019). Reglamento n.º 17 de la CEPE: Prescripciones uniformes sobre la homologación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a sus anclajes y a los apoyacabezas (Reglamento de Ejecución (UE) 2019/1723 de la Comisión). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1723>

Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE). (2023). Reglamento n.º 17 de las Naciones Unidas – Prescripciones uniformes sobre la homologación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a sus anclajes y a los apoyacabezas [2023/406]. Diario Oficial de la Unión Europea, L 53, 27/02/2023. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-80289>